

24

2ej.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

CAMPUS ARAGÓN

**LA ENERGÍA HIDROCATALÍTICA COMO
FUENTE DE ENERGÍA ECOLÓGICA
ALTERNATIVA PARA LA GENERACION DE
ELECTRICIDAD**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

ÁREA INDUSTRIAL

PRESENTA

YANCO ESTRADA VARGAS

**DIRECTOR DE TESIS
INGENIERO MIGUEL ANGEL MALDONADO MUÑOZ**

MÉXICO

1998



**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

264253



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.

A cada una de las personas que con su cariño y apoyo han logrado llevarme a alcanzar esta meta: mi familia.

Porque un ser humano no puede lograr nada realmente importante si no es gracias al amor de la gente que representa su razón de ser.

!!! GRACIAS A TODOS !!!

Los amo tanto como a mi vida misma porque eso son para mi:

Mi vida

CONTENIDO

Introducción	1
Objetivos	4
Definición del problema	6
Capítulo 1: Daños al medio ambiente provocados por el uso de combustibles fósiles	9
1.1 Acción de los contaminantes sobre el clima	16
1.2 El ozono	19
Capítulo 2: Fuentes de energía utilizadas en la generación de electricidad	22
2.1 Retrospectiva de la CFE	31
2.2 Misión, objetivos y valores de la CFE	34
2.3 tipos de plantas usadas por la CFE para la generación de energía eléctrica	38
2.4 La CFE y el medio ambiente	42
2.5 Políticas de protección ambiental	43
Capítulo 3: Descripción del concepto Energía HidroCatalítica (EHC)	46
3.1 Antecedentes teóricos	50
3.2 Evolución de prototipos de laboratorio	56
3.2.1 Celda de Electrólito basado en agua (Temperatura baja)	56
3.2.2 Celda de gas	61

3.3 Aspectos Básicos y desempeño de celdas de fase de vapor	65
3.3.1 Lámpara de Vaso AT - MAR	66
3.3.2 Calorímetro Isotérmico	70
3.3.3 Celda calorimétrica Calvet	74
3.3.4 Celda de níquel hidrogenado como fuente de hidrógeno	76
3.3.5 Celda de polvo de Tungsteno	80
3.4 Aplicaciones y Productos proyectados	81
3.4.1 Conceptos de Aplicación para el proceso BLSMTM	84
Capítulo 4: Evaluación del concepto Energía HidroCatalítica (EHC)	94
4.1 Teoría	95
4.1.1 Hidrino - Observaciones de Laboratorio	97
4.2 Desempeño del prototipo	100
4.2.1 Celda de Electrólito a base de agua (baja temperatura)	100
4.2.2 Celdas de gas	104
4.2.3 Celda de fase de vapor	108
4.3 Aplicaciones y productos proyectados	113
4.4 Intereses económicos y ambientales	118
4.4.1 Costo - beneficio	119
4.4.2 Consideraciones Ambientales	122
Resumen y conclusiones	127
Referencias	134

INTRODUCCION

INTRODUCCIÓN

La electricidad es la principal fuente de alimentación para uso doméstico e industrial.

Con ella iluminamos nuestras calles, nuestras casas, nuestras fabricas y podemos poner a funcionar una innumerable cantidad de aparatos electrodomésticos y maquinas de uso industrial.

Sin embargo, y aun cuando la electricidad en si es un tipo de energía limpia y eficiente (de hecho la mas eficiente de todas), los medios para producirla son en su mayoría contaminantes y de baja eficiencia.

El uso de combustibles fósiles para mantener encendidas las calderas que permiten el funcionamiento de plantas termoeléctricas ensucia el aire y representa un consumo de recursos técnicos, humanos, de suministros y sobretodo de recursos naturales no renovables que tarde o temprano habrán de terminarse.

Es por eso que se siguen buscando alternativas. Tal es el caso de la fuente de energía que se presenta en estas paginas y la cual además de eficiente, es limpia.

La Energía Hidrocatalítica representa una magnífica salida al problema que representa el uso de combustibles fósiles para la generación de electricidad porque conjunta, a la vez que facilidad de suministro de los recursos necesarios para su operación, cualidades económicas y ecológicas excelentes.

Yanco Estrada Vargas.

OBJETIVOS

OBJETIVOS.

El objetivo principal es demostrar que la energía hidrocatalítica es un sustituto viable de los combustibles fósiles en la generación de electricidad, ofreciendo excelentes cualidades tanto a nivel ecológico como económico.

Además, como objetivos secundarios, se encuentran:

- Se describirá el proceso de implementación de este tipo de energía dentro del sistema actual de producción de electricidad;
- Se justificara la implementación de este concepto mediante el análisis costo beneficio;
- Se describirá la función de celdas de energía dentro de los sistemas generadores de energía eléctrica.

DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

DEFINICION DEL PROBLEMA.

Hoy en día la conciencia ecológica, la necesidad industrial y la frialdad económica se enfrentan a un mismo problema: el petróleo y el carbón no pueden seguir siendo la principal fuente de energía en el planeta.

Aun cuando los investigadores aseguran que las reservas de petróleo son lo suficientemente grandes como para soportar su uso continuo por muchos años mas, los costos ecológico y de eficiencia energética son muy altos como para pasarlos por alto.

Tal es así, que en 1988 la Asociación para la Protección del Ambiente anuncio una nueva política de protección del ambiente: prevenir la contaminación antes de que se genere.

Uno de los puntos principales que contempla dicha política, es la reducción de las fuentes de contaminación y el aumento de la eficiencia en el uso de energéticos.

Se debe pues, encontrar una fuente de energía que pueda sustituir a estos combustibles en sus funciones y que tengan cualidades para satisfacer el desarrollo industrial, la factibilidad económica y el equilibrio ecológico.

Hay que considerar además, que hoy por hoy la electricidad es el sostén de las actividades domésticas e industriales del mundo, y por lo mismo es uno de los principales puntos de consumo de energéticos, y encontrar una fuente de energía limpia y segura que cubra estas necesidades es y será siempre una prioridad.

CAPITULO 1
DAÑOS AL MEDIO AMBIENTE PROVOCADOS POR EL USO DE COMBUSTIBLES
FOSILES

CAPITULO 1

DAÑOS AL MEDIO AMBIENTE PROVOCADOS POR EL USO DE COMBUSTIBLES FOSILES

Aun cuando el enfoque básico para esta tesis es la contaminación del aire a partir del uso de hidrocarburos como combustible para la generación de energía eléctrica, es necesario revisar los conceptos básicos sobre contaminación y los diferentes tipos de contaminación que afectan a nuestro planeta.

En general se definen tres tipos de contaminación del medio ambiente:

- Contaminación del suelo.
- Contaminación del agua.
- Contaminación del aire.

La contaminación del suelo puede ocurrir a diferentes niveles, ya sea en la superficie o en capas inferiores.

Cuando los contaminantes (basura) se depositan en la superficie, atacan directamente a la fauna provocando muertes por envenenamiento o asfixia.

Por otra parte, cuando la basura se localiza en el subsuelo, se afecta la permeabilidad del mismo, evitando que el agua llegue a los mantos acuáticos y a las raíces de las plantas que conforman la flora del lugar.

Los residuos industriales, el aceite y otros químicos, cuando se depositan en la tierra, terminan por minar la posibilidad de crecimiento de vegetación y afectando de la misma forma a la vida animal que depende de ella.

El mayor problema es que los contaminantes tales como plásticos, residuos químicos, etc. al no ser biodegradables, duran demasiado tiempo en la tierra provocando innumerables daños que le cuestan años reparar a la naturaleza.

De la misma manera, el uso de los ríos, lagos y mares como basureros para los desperdicios industriales, domésticos, derrames de petróleo, etc. termina por destrozarse sistemáticamente la flora y fauna que depende de este medio para subsistir.

El uso indiscriminado de las masas de agua superficiales y de las superficies de terreno como punto final de descarga de desagües domiciliarios e industriales, de

residuos, de residuos sólidos y de drenajes de zonas de explotación agrícola y ganadera ha producido la contaminación de las fuentes de agua tradicionales.

El origen de los contaminantes es variado:

a) Fuentes dispersas

Contaminan los cuerpos de agua a través de las interacciones que se producen entre las sustancias que están en el Medio Ambiente y el movimiento del agua en el ciclo hidrológico natural del agua. Pueden ser de distinto origen:

Origen urbano

Desechos en calles y zonas impermeables transportados por el escurrimiento superficial producido por la lluvia.

Origen agrícola

Biocidas y fertilizantes que son transportados a los ríos, presas y lagos por escurrimiento superficial de agua de lluvia o a los mantos acuíferos por el escurrimiento de agua subterránea.

Origen atmosférico

Sustancias presentes en el aire son captadas y arrastradas por las precipitaciones atmosféricas (lluvia, nieve, granizo).

Origen accidental

Pueden ser sustancias derivadas de una variedad de circunstancias originadas por actividades industriales, mineras, depósitos de residuos, y otras difíciles de controlar.

b) Fuentes puntuales

Fundamentalmente se trata de sustancias derivadas de actividades específicas. Por ser puntuales son fáciles de detectar y controlar. Ejemplos: derrames de petróleo en un lago o en el mar; caída de un camión en un río; descargas industriales de emergencia en un río, etc.

Millones de especies que viven en el agua ven amenazadas sus existencias por la reducción de oxígeno en el agua, por el envenenamiento de los mares y sus afluentes en donde su alimento a sido mermado o contaminado con sustancias que los terminan por matar.

Parece que el hombre no se da cuenta que forma parte del medio que se empeña en destruir.

La ciudad de México ha terminado por resentir los efectos de la contaminación del agua y del suelo.

El valle de México se encuentra tan contaminado que no hay manera que el agua llegue nuevamente a los mantos subterráneos provocando por un lado la falta de este vital líquido para el consumo humano como el hundimiento paulatino de la metrópolis.

Por último, el principal problema del uso de combustibles fósiles, y en el que me baso para el desarrollo de esta tesis es el de la contaminación del aire.

La contaminación del aire cambia lo claro e inodoro del aire en algo nebuloso que ataca nuestra salud, mata plantas, y daña en general al mundo.

Nosotros ocasionamos la contaminación del aire por verter centenares de millones de toneladas de gases y partículas minúsculas de sólidos o materia líquida en la atmósfera cada año.

Una de las formas más comunes de contaminación del aire es usualmente conocido como smog.

La mayor parte de la contaminación del aire resulta del proceso de combustión. El uso de gasolina para los automóviles, el combustible de los aviones, y el incendio de carbón para calentar edificios, y los combustibles necesarios para fabricar productos, y hacer funcionar las plantas eléctricas que requerimos, son ejemplos de tales procesos.

Cada vez que un combustible se quema en un proceso de combustión, algún contaminante se libera en el aire. Los contaminantes oscilan desde cantidades pequeñas de gas incoloro a nubes de humo negro grueso.

La descarga desde motores contiene diversos tipos de contaminantes nocivos. Tales contaminantes incluyen gas de monóxido de carbón, "hidrocarburos" (compuestos de hidrógeno y carbón), y óxidos de nitrógeno (compuestos de nitrógeno y oxígeno). Los óxidos de nitrógeno en el aire provocan una forma alotrópica del oxígeno llamada "ozono". El ozono reacciona con hidrocarburos para formar el tipo de contaminación del aire que nosotros llamamos smog.

La combustión de combustible para calentar nuestros hogares, edificios de oficinas, y fábricas aumenta severamente el nivel de contaminación del aire en áreas

urbanas. Los hornos que queman carbón o el petróleo provoca óxidos de nitrógeno, partículas, y óxidos de sulfuro (compuestos de sulfuro y oxígeno). Algunas plantas eléctricas también usan estos combustibles y liberan estos mismos contaminantes en la atmósfera.

Muchas de las fábricas que dan trabajo a millones de personas, necesitan usar combustibles para producir los artículos que compramos y pueden provocar diversos tipos de contaminantes.

Por ejemplo, las refinerías de petróleo despiden amoníaco, hidrocarburos, ácidos orgánicos, y óxidos de sulfuro.

El incendio de combustibles sólidos crea una forma muy visible de contaminación del aire, un humo negro y grueso. Las otras fuentes de contaminación del aire incluyen rocíos químicos e incendios forestales y estructurales. La contaminación también resulta de el incendio de matas y pasto para limpiar la tierra para cultivar u otros propósitos.

1.1 ACCION DE LOS CONTAMINANTES SOBRE EL CLIMA

Las condiciones de tiempo pueden ayudar reducir la cantidad de contaminantes en el aire. El viento esparce contaminantes, y la lluvia y la nieve los

lava en la tierra. Sin embargo, cuando los contaminantes se lavan en la tierra, pueden ocasionar también un problema si llegan a las fuentes de agua potable. Pero en muchas áreas, los contaminantes se ponen en el aire más rápido que lo que las condiciones de tiempo pueden disponer de ellos. En ciudades sobre pobladas, por ejemplo, millares de automóviles, fábricas, y los hornos pueden agregar toneladas de contaminantes a un área pequeña de la atmósfera cada día.

Una condición, llamada "inversión térmica", ocurre cuando una capa de aire cálido radica sobre una capa de aire frío que yace cerca el terreno. El aire cálido retiene abajo el aire fresco e impide esparcir los contaminantes por medio de corrientes ascendentes.

Un problema serio de contaminación resulta cuando una inversión térmica ocurre sobre una ciudad que vierte toneladas de contaminantes en el aire. Un ejemplo bueno de estos cuadros puede verse en la ciudad de México y en otras ciudades grandes donde el smog aparentemente cubre la ciudad.

El resultado más serio de contaminación del aire es su efecto nocivo sobre la salud humana y animal. Tanto los gases como las partículas que se liberan pueden dañar los ojos de gente e irritan sus pulmones. Las partículas pueden radicar en los pulmones y empeorar enfermedades respiratorias tal como asma y bronquitis.

Algunos expertos creen que las partículas pueden igualmente ocasionar enfermedades tales como cáncer, enfisema, y neumonía. En ciudades en todo el mundo, los períodos largos de contaminación del aire han ocasionado enfermedad y muerte que pueden aumentar dramáticamente.

La contaminación del aire también daña plantas y árboles. Los gases venenosos en el aire pueden restringir el crecimiento de todo tipos de plantas, y eventualmente su muerte. Muchas plantas no crecerán al costado de nuestras carreteras porque los automóviles las agotan y matan.

Algunos gases, incluyendo el bióxido de carbón, permite a la luz del sol alcanzar la tierra, pero impiden el calor de la luz del sol ascender fuera de la atmósfera y fluir en el espacio. A este desarrollo, se le llamó el "efecto invernadero", y puede ocasionar el aumento de las temperaturas promedio.

Los contaminantes del aire pueden afectar también nuestro clima en forma inversa. Tanto los gases como las partículas pueden ocasionar cambios en las temperaturas promedio de un área. Las partículas esparcen los rayos del sol y reducen la cantidad de luz del sol que alcanzan la tierra. Tal interferencia con la luz del sol puede ocasionar que las temperaturas promedio de un área bajen.

La mayoría de los materiales se degradan más rápidamente en el aire contaminado que en el aire limpio. El aire contaminado también provoca daños en materiales duros y fuertes como el concreto y el acero.

En algunas ciudades, estatuas y otros objetos de arte que estuvieron en la intemperie por centenares de años se han movido a los interiores porque la contaminación del aire de hoy amenaza con destruirlos. Los edificios también sienten los efectos de la contaminación.

La mejor manera de reducir la contaminación del aire es reducir el uso de combustibles buscando fuentes de energía alternas.

1.2 EL OZONO

El ozono es un gas altamente reactivo que es una forma alotrópica del oxígeno (O_3). Es el componente principal de la contaminación del aire conocido como smog. El ozono reacciona químicamente (oxida) con tejidos internos del cuerpo con los que entra en contacto, tal como en el pulmón. También reacciona con otros materiales como los compuestos de goma, degradándolos.

Existen dos tipos de ozono. El ozono "bueno" de la atmósfera superior ocurre naturalmente. Es una capa protectora que resguarda al mundo de rayos ultravioletas nocivos.

El ozono "malo" esta en el nivel bajo de la atmósfera y resulta de la contaminación que reacciona en la presencia de la luz del sol. Puede dañar a la gente, niños y adultos, con la enfermedades respiratorias. También puede dañar a la vegetación y estropea materiales con compuestos de goma.

En términos básicos, el ozono se forma mediante la siguiente ecuación:

Hidrocarburos + Oxidos de Nitrógeno + luz del sol = Ozono:

El ozono es formado por la acción de luz del sol sobre químicos basados en carbón conocidos como hidrocarburos, actuando en la combinación con un grupo de contaminantes del aire llamados óxidos de nitrógeno.

Los hidrocarburos son emitidos por vehículos motores y una variedad de fuentes comerciales e industriales tales como gasolineras, tintorerías y operaciones de desengrasado. Los óxidos de nitrógeno son un subproducto del incendio de combustibles en plantas de energía eléctrica, fundiciones de acero y otras industrias pesadas así como en vehículos automotores.

El ozono actúa como un irritante respiratorio poderoso en los niveles frecuentemente encontrados en la mayoría de las áreas urbanas del país durante meses estivales.

Los síntomas incluyen la falta de aire, el dolor de pecho cuando se inhala hondamente, jadeo y tos. En las pruebas efectuadas sobre los niños y adultos saludables que realizan ejercicio se ha encontrado una exposición al ozono a un nivel por arriba del valor de aceptable por las normas de calidad del aire de 0.12 partes por millón lo que resulta en una disminución en la función normal de los pulmones.

CAPITULO 2

FUENTES DE ENERGIA UTILIZADOS EN LA GENERACION DE ELECTRICIDAD.

CAPITULO 2

FUENTES DE ENERGIA UTILIZADOS EN LA GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD.

La moderna teoría atómica ha superado la teoría de la electricidad como fluido. Actualmente la generación de una carga eléctrica por fricción puede ser explicada por la estructura de los átomos. Estos consisten en un núcleo cargado positivamente rodeado de cierto número de electrones de carga negativa. Generalmente todas las cargas negativas de los electrones de un átomo suman en conjunto una carga igual a la carga positiva de su núcleo, y en esa condición normal el átomo es eléctricamente neutro. Pero algunos electrones, como en la piel o en el vidrio, están débilmente sujetos y uno puede hacer que se desprendan cuando el objeto que los contiene se frota contra otro. El resultado es que esos electrones libres pueden transferirse a otras sustancias, tales como la seda o la goma; cuando eso ocurre, la pérdida de un electrón dejará a un átomo con un exceso de carga positiva, y la ganancia de un electrón dará al otro átomo un exceso de carga negativa. En estos cambios no ocurre sino una redistribución de electrones.

El estudio de los cuerpos cargados eléctricamente, llamado hoy <<electrostática>>, no es sino como un fondo para el más complejo estudio de la electricidad en movimiento, que se llama <<electrodinámica>>. Como herencia de la

idea del siglo XVIII de que la electricidad era un fluido, se describe la electricidad en movimiento como <<corriente>> de electricidad.

Los orígenes de ese estudio se deben a Luigi Galvani, profesor de anatomía de la Universidad de Bolonia, quien en 1780, a consecuencia de un hecho fortuito en su laboratorio, observó por vez primera los efectos de las corrientes eléctricas, Galvani estaba disecando una rana con un escalpelo de acero, cuando un ayudante hizo saltar una chispa de una máquina de electricidad estática que se hallaba en el mismo local. Al saltar la chispa en la máquina, las patas de la rana se contrajeron repentinamente. Hoy sabemos que Galvani había presenciado un caso de inducción electrostática. Se había producido cuando los electrones negativos, al saltar a través del aire formando la chispa, determinaron un movimiento correspondiente de otros electrones del escalpelo, que se encontraba en contacto con las patas de la rana. El movimiento de los electrones del escalpelo representaba una corriente momentánea cuya energía eléctrica estimuló los nervios de la rana e hizo que los músculos de su pierna se contrajeran.

Fascinado por este fenómeno, Galvani imaginó otros experimentos semejantes, en uno de los cuales salió durante una tempestad para ver si el relámpago también haría que se contrajeran las patas de una rana recientemente muerta. Ató las patas a un gancho de latón, y colgó el gancho de una verja de hierro de su patio. Cada vez que las patas tocaban la verja de hierro, se estremecían

violentamente - incluso cuando no había relámpagos -. Interpretando erróneamente lo que había visto, Galvani dedujo que las patas de la rana contenían <<electricidad animal>>.

El trabajo de Galvani fue seguido casi inmediatamente por el de Alessandro Volta, profesor de física de la Universidad de Pavía, quien en 1800 demostró lo que había realmente ocurrido en el experimento de Galvani. Había descubierto que la acción química de la humedad y de dos metales diferentes, tales como el latón y el hierro, generaba corrientes eléctricas; las patas de la rana habían sido sencillamente una fuente de humedad. Volta confeccionó la primera pila del mundo, disponiendo en capas sucesivas una serie de discos de plata y cinc separados por papel o tela empapados en una solución de sal. Al mismo tiempo, Volta generó la primera corriente continua de electricidad producida por la mano del hombre.

Con el tiempo, el hombre llegaría a considerar las invisibles corrientes de electricidad como una nueva fuente de fuerza que le serviría incluso mejor que el majestuoso curso de los ríos y los arroyos que había utilizado desde hacía tanto tiempo para hacer girar las ruedas hidráulicas del mundo.

Así como el voltaje mide la tensión que hace que la corriente fluya, así el <<amperaje>> mide la cantidad de flujo. Así, cada vez que 6.242.000.000.000.000.000 electrones pasan por un punto determinado de un

alambre por segundo, ha pasado un amperio de corriente. Estas dos medidas, voltaje y amperaje, permiten observar diversos aspectos del comportamiento de las corrientes.

Ohm, un maestro de escuela alemán de matemáticas y física. Después de largos experimentos en los que comparó conductores de diversas sustancias, formas y longitudes, Ohm llegó a una comprensión de la resistencia eléctrica, que en su día le hizo famoso.

Al principio el trabajo de Ohm encontró dificultades; cuando publicó Sus resultados en 1828, el artículo pasó inadvertido y al año siguiente, cuando publicó en Berlín un libro que contenía la derivación teórica de la ley, sus ideas no fueron comprendidas por aquellos que habían aprobado el artículo donde describía su trabajo de laboratorio. El resultado fue la impresión general de que no había base experimental alguna para su libro, y se le rechazó como <<...una ilusión incurable, cuyo único objeto es rebajar la dignidad de la naturaleza..>>. Pero en el transcurso de los años se llegó a reconocer el valor de sus investigaciones eléctricas. Al tiempo de su muerte, en 1854, era famoso en toda Europa, y hoy en día la ley de la resistencia eléctrica, que fue el primero en formular, lleva su nombre.

La ley de Ohm es uno de los hechos históricos en la aplicación de la electricidad a las necesidades de la civilización, pues es la resistencia la que

transforma la electricidad en calor, realizando así trabajo útil. Esta transformación se produce, por ejemplo, en un tostador eléctrico, cuyos alambres de aleación de níquel y cromo convierten la corriente eléctrica en calor. Una serie de aparatos domésticos, desde calentadores a estufas, utiliza el principio de la ley de Ohm - que la cantidad de calor producida por un conductor varía directamente según su resistencia -. La ley de Ohm explica también uno de los descubrimientos más importantes: la luz eléctrica artificial. Pues fue el fenómeno de calentamiento por resistencia lo que permitió a Thomas Edison calentar un trozo de hilo carbonizado a una incandescencia al blanco vivo, en su invención de la bombilla eléctrica.

En su efecto sobre la civilización, las transformaciones recíprocas de electricidad y calor se ven superadas por las transformaciones de electricidad y energía mecánica. Para conseguir estas últimas el hombre tuvo primeramente que descubrir la relación entre dos fenómenos aparentemente independientes, la electricidad y el magnetismo.

En 1807, e intentando relacionarlos, un danés llamado Hans Christian Oersted comenzó una larga serie de experimentos. Razonó que si se hacía pasar corriente eléctrica a través de un alambre, éste debería convertirse en una especie de imán con las propiedades de polos norte y sur. Tal magnetismo, lo mismo que el de una barra imantada ordinaria, debería ser detectado con una brújula corriente. Dispuso un alambre a través del largo de la aguja de una brújula, formando una

sencilla cruz con ambos objetos. Esperaba que al magnetizar el alambre la aguja de la brújula debería girar cerca de un cuarto de vuelta, poniéndose en línea con el alambre, como ocurriría con un imán ordinario; pero cuando dio la corriente, no sucedió nada. Años más tarde, mientras estaba dando clase en la Universidad de Copenhague, Oersted accidentalmente dispuso el alambre paralelo a, en lugar de a través de, la aguja, y dio la corriente. Como por arte de magia, la aguja se movió, girando alrededor de un cuarto de vuelta, de tal modo que se puso precisamente en ángulo recto con el alambre. La corriente eléctrica había, en efecto, creado un campo magnético alrededor del alambre, y años antes Oersted sólo se equivocó al juzgar la dirección en que aparecería. Finalmente se había descubierto la relación entre electricidad y magnetismo.

Un año después del notable descubrimiento de Oersted, André Marie Ampère, físico francés en cuyo honor se nombró, más tarde el amperio, descubrió que un alambre eléctrico producía un efecto magnético sobre otro alambre eléctrico situado junto al primero. Alambres paralelos con corrientes paralelas a su través se atraían mutuamente, mientras que aquellos cuyas corrientes fluían en sentido contrario se repelían. Los resultados de Ampère reforzaban la prueba proporcionada por el experimento de Oersted de que una corriente eléctrica podía crear un campo magnético a su alrededor. Pero la pregunta opuesta y más prometedora quedaba por contestar: ¿podía un campo magnético crear una corriente eléctrica?

En 1830, unos diez años después del experimento de Oersted, Joseph Henry, en América, y un año más tarde Michael Faraday, en Londres, descubrieron que un campo magnético podía, en efecto, inducir una corriente - si bien solo momentánea - si el campo magnético se mantenía en movimiento. Esta proposición puede ser demostrada moviendo un imán en las proximidades de una bobina de alambre, con lo cual se induce una breve corriente eléctrica que fluye por la bobina. Cuando se detiene el movimiento del imán, no se percibe corriente alguna por la bobina.

El descubrimiento de la <<inducción electromagnética>> - creación de una corriente eléctrica por un campo magnético constantemente variable estaba destinado a ser una de las observaciones más provechosas de todo el estudio de la electricidad. Una vez perfectamente comprendido este principio, resultó evidente que la pila no era la única fuente, ni siquiera la fuente más conveniente, de electricidad; el generador se iba a convertir en una de las mayores máquinas para la producción de fuerza.

En un generador eléctrico se utiliza la energía mecánica - de la fuerza del agua o del calor de una máquina de vapor - para hacer girar una bobina de alambre en el interior de un campo magnético. A medida que gira la bobina se van generando pulsaciones de energía eléctrica de la misma manera que en los primitivos experimentos de Henry y Faraday. Por otra parte, un motor eléctrico no es más que un generador a la inversa. La corriente del generador crea un campo magnético en

una bobina de alambre llamada armadura; la armadura gira al ser alternativamente atraída y repelida por otros imanes que la rodean. Conectado al extremo de la armadura, se encuentra un eje que suministra la energía mecánica que el motor ha producido partiendo de la electricidad.

El motor eléctrico es uno de los más eficientes de todos los convertidores de energía, pues transforma en trabajo más del 90 de la energía que recibe. En cambio, la máquina de vapor es solo un 30 eficiente, y la máquina de gasolina, un 50 por ciento.

<<Llamamos electricidad a aquel fuego de la negra tronada -decía Thomas Carlyle en 1841-. Pero ¿Que es?, ¿Que la hizo?, ¿De dónde viene?>>. Estas preguntas nunca han sido completamente contestadas: la verdadera naturaleza de la electricidad no es aún comprendida. Pero estamos bastante seguros de que los fenómenos eléctricos se encuentran en el verdadero centro de la vida, que el átomo mismo es una entidad eléctrica. En todo caso, en los últimos cien años, la electricidad ha irrumpido en la vida diaria del hombre, produciendo cambios tan profundos como los inducidos por la máquina de vapor. Pues en su insaciable búsqueda de energía el hombre ha encontrado que la electricidad no tiene rival. Es limpia, cómoda, convertible; sus generadores, imanes, tubos y motores hacen posible la inimaginable riqueza de la civilización. Benjamin Franklin dijo hace cerca de dos siglos: <<El fluido eléctrico... puede... ser útil a la humanidad>>.

En esta reseña histórica del descubrimiento de la electricidad se puede vislumbrar la importancia de la electricidad en la vida del hombre y el porque es necesaria su generación diaria para el sustento de las actividades domesticas e industriales.

Ya hemos visto los problemas que provoca el uso de hidrocarburos como combustible. Ahora es tiempo de ver en que proporción se utilizan en la generación de energía eléctrica.

Con esto podemos darnos cuenta de los beneficios al medio ambiente que conllevaría el sustituir las plantas que usan estos combustibles por plantas de generación que utilicen fuentes de energía mas gentiles con la atmósfera.

Para este análisis es conveniente tomar en cuenta los datos presentados por la CFE, que es la que provee de energía eléctrica al país.

2.1 RETROSPECTIVA DE LA CFE

La Comisión Federal de Electricidad se creó en 1937 con objeto de generar energía para abastecer a un mercado en crecimiento, satisfacer la demanda de los consumidores de bajos ingresos, planear e integrar el servicio eléctrico en México y

preparar un esquema que le diera a la nación el control sobre sus recursos energéticos.

Está a cargo de las distintas actividades relacionadas con la generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica.

Sus primeros proyectos se emprendieron en Teloloapan, Guerrero; Pátzcuaro, Michoacán; Suchiate y Xía en Oaxaca, y Ures y Altar en Sinaloa.

En 1938, la CFE emprendió su primer proyecto de gran envergadura, Ixtapantongo. Para ese año, la empresa ya tenía una capacidad de 64 KW, y para 1942 llegaba a los 837 KW.

Para 1946 la CFE tenía una capacidad instalada de 45,594 KW e importantes perspectivas de crecimiento. Las empresas privadas dejaron entonces de invertir y la empresa pública se vio obligada a generar energía para que éstas la revendieran.

La empresa quedó constituida como un organismo descentralizado con personalidad jurídica y patrimonio propios en 1949, lo que le permitió actuar en áreas como la planeación y ejecución de obras, adquisición de instalaciones, organización de cooperativas de consumidores y electrificación, entre otras.

Para 1950, la CFE tenía una capacidad instalada de 167,126 KW, el 13% del total del país.

A lo largo de la siguiente década, las empresas privadas sufrieron importantes transformaciones, fusiones y reestructuraciones, y el estado se vio precisado a adquirir total o parcialmente varias de estas empresas, hasta que a fines de 1960, el Ejecutivo Federal propuso la adición al párrafo sexto del artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, señalando:

“Corresponde exclusivamente a la nación generar, conducir, transformar, distribuir y abastecer energía eléctrica que tenga por objeto la prestación de servicio público. En esta materia no se otorgarán concesiones a los particulares, y la nación aprovechará los bienes y recursos naturales que se requieran para dichos fines.”

Comenzó entonces un largo proceso de integración de las empresas existentes. De 1962 a 1972 la CFE adquirió e incorporó a su estructura 27 empresas regionales, y el proceso continuó hasta 1991.

Un paso importante en el proceso de integración fue la unificación de la frecuencia eléctrica de toda la república a 60 ciclos. A partir de 1972 se inició la modificación de equipos y aparatos electrodomésticos de todos los hogares con

frecuencia de 60 ciclos, tarea que se concluyó en un lapso de cuatro años, tres antes de lo proyectado originalmente.

En 1975 se fundó el Instituto de Investigaciones Eléctricas, centro encargado de realizar investigación aplicada y apoyar el desarrollo tecnológico de la industria nacional.

Hacia el futuro, la Comisión Federal de Electricidad continúa su esfuerzo para brindar servicio eléctrico a más del 95% de la población mexicana, brindando mayores insumos para la comunicación y la producción, y un alumbrado público cada vez más adecuado, contribuyendo así a elevar el nivel de vida de los mexicanos.

2.2 MISIÓN, OBJETIVOS Y VALORES DE LA CFE

Misión

La misión de una empresa es el verbo del proceso estratégico y significa la razón de ser de la misma. Es un enunciado que se formula en términos de lo que la empresa hace hacia los demás, y que básicamente se deriva de la actividad central de la misma.

La Comisión Federal de Electricidad tiene a su cargo una misión que se expresa en tres puntos fundamentales:

- Asegurar el suministro de energía eléctrica en el país, en condiciones adecuadas de cantidad, calidad y precio.
- Proporcionar atención esmerada a sus clientes.
- Proteger el ambiente, promover el desarrollo social y respetar los valores de las poblaciones donde se ubican las obras de electrificación.

Objetivos

Los objetivos de una empresa se refieren a un resultado que se desea o necesita lograr dentro de un periodo de tiempo específico.

Existen en general dos tipos de objetivos:

Un objetivo general o propósito, es la expresión que señala lo que se quiere que la empresa sea o logre, generalmente a largo plazo, y no necesariamente medible.

Un objetivo operativo o meta, es el evento futuro a corto plazo que se desee alcanzar como un paso para llegar al objetivo general. Es un objetivo medible en tiempo con base en lo que concretamente se pretende lograr.

La organización ha sido creada y opera buscando satisfacer siete Objetivos Estratégicos:

1. Satisfacer la demanda de energía eléctrica.
2. Desarrollar un sistema eléctrico altamente confiable y seguro.
3. Conformar una organización eficaz y productiva, administrada con modernos criterios empresariales.
4. Crear y proyectar una imagen corporativa de eficiencia y calidad en el suministro del servicio.
5. Asegurar la disponibilidad de recursos humanos calificados y promover su desarrollo profesional y personal.
6. Operar con criterios de rentabilidad económica y financiera
7. Proteger el ambiente y promover el bienestar social

Valores Corporativos

Un valor establece para la empresa una norma, sobre la cual se basan las decisiones que se toman. Los valores no sólo se relacionan con los fines que se

consideran preferibles a otra condición, sino que también con los medios preferidos para lograrlos. Los valores son hábitos establecidos de preocupación y actitudes hacia los sucesos o fenómenos; son creencias e ideas fundamentales que la empresa tiene; y funcionan como un criterio para escoger entre las alternativas. Los valores básicos son permanentes y cambian lentamente. Los valores específicos están integrados y ordenados de acuerdo con la prioridad de la empresa, y ese es el sistema de valores de la misma.

Finalmente, el sustento de todas sus acciones son los valores corporativos que le han permitido crear una cultura de trabajo compartida por toda su gente:

1. Sentido de misión y dirección.
2. Liderazgo participativo.
3. Calidad total.
4. Servicio excelente para el cliente.
5. Ambiente laboral estimulante.
6. Trabajo en equipo.
7. Capacitación y desarrollo.
8. Comunicación organizacional.
9. Uso eficiente de nuestros recursos.
10. Respeto al entorno.

2.3 TIPOS DE PLANTAS USADAS POR LA CFE

La generación de energía eléctrica en México se realiza por medio de todas las tecnologías disponibles en la actualidad, desde las tradicionales hidroeléctricas y termoeléctricas hasta modernas plantas de energía solar, eólica y nuclear.

Al terminar 1994, la Comisión Federal de Electricidad contaba con una capacidad productiva de más de 31,600 megawatts (MW) de los cuales el 28.8% estaba en centrales hidroeléctricas, el 6% en carboeléctricas, el 2.38% en geotermoeléctricas, el 54.02% en termoeléctricas que consumen hidrocarburos, 6.64% en la central dual, 2.13% en la nucleoelectrica y 0.01% en la central eoloeléctrica.

En los últimos siete años, la productividad medida en capacidad instalada por cada trabajador del área de generación ha experimentado un aumento de casi el 50%, demostrando la eficiencia de la gente que conforma la empresa

Capacidad y Generación Anuales

Año	Capacidad (MW)	Generación (GW/h)
1974	8,371	38,008

1975	9,830	40,879
1976	11,460	44,632
1977	12,092	48,945
1978	13,992	52,977
1979	14,298	58,070
1980	14,625	61,868
1981	17,396	67,879
1982	18,390	73,225
1983	19,004	74,831
1984	19,360	79,507
1985	20,807	85,352
1986	21,266	89,383
1987	23,145	96,310
1988	23,554	101,905
1989	24,439	110,102
1990	25,293	114,325
1991	26,797	118,412
1992	27,068	121,697
1993	29,204	126,566
1994	31,649	137,522
1995	33,037	142,344

A lo largo de los años, la generación ha aumentado en tales porcentajes para cumplir el objetivo fundamental de la CFE, de avanzar para atender todas las necesidades de energía eléctrica de la población y la industria en México

Tipos de plantas:

- **Hidroeléctricas.**- La Comisión Federal de Electricidad cuenta con plantas hidroeléctricas que en conjunto tuvieron en 1995 una capacidad instalada de 9,056 megawatts y generaron 26,637 gigawatts/hora.

- **Carboeléctricas.**- Las carboeléctricas de la Comisión Federal de Electricidad tuvieron en 1995 una capacidad instalada de 2,250 megawatts y generaron 14,479 gigawatts/hora.

- **Geotermoeléctricas.**- Las plantas geotérmicas de la Comisión Federal de Electricidad cuentan con una capacidad instalada de 753 megawatts y en 1995 generaron 5,669 gigawatts/hora.

- **Termoeléctricas de hidrocarburos.**- Las termoeléctricas de la Comisión Federal de Electricidad tuvieron en 1995 una capacidad instalada de 16,697 megawatts y generaron 79,532 gigawatts/hora.

- Central Dual.- Las plantas duales de la Comisión Federal de Electricidad tienen una capacidad instalada de 2,100 megawatts y en 1995 generaron 6,053 gigawatts/hora.

- Nucleoeléctrica (Laguna Verde).- La planta nucleoeléctrica de Laguna Verde cuenta con dos unidades que en conjunto aumentaron su capacidad instalada de 675 megawatts en 1994 a 1,309 megawatts en 1995 y su generación aumento de 4,239 gigawatts/hora en 1994 a 8,443 gigawatts/hora en 1995.

- Eoloeléctrica.- La Comisión Federal de Electricidad puso en operación en 1994 una planta eoloeléctrica con una capacidad instalada de 2 megawatts que generó en 1994 4 gigawatts/hora y en 1995 6 gigawatts/hora.

De estos datos podemos observar dos cosas:

Por un lado, la generación de electricidad ha ido creciendo de manera mas que importante y siempre en proporción directa al crecimiento del país.

Por otro lado, y mas importante aun, mas de la mitad de la capacidad instalada esta en plantas que consumen carbón e hidrocarburos.

De estos dos puntos podemos darnos cuenta que el ir sustituyendo paulatinamente las plantas que utilizan estos combustibles por otras que generen electricidad a partir de fuentes de energía amables para el medio ambiente, sería de un valor incalculable para la ecología y por lo mismo debe considerarse una prioridad.

2.4 LA CFE Y EL MEDIO AMBIENTE

En la Comisión Federal de Electricidad existe una clara conciencia de que todas las acciones humanas, como las que realiza esta empresa, tienen efectos sobre el medio ambiente. Es responsabilidad de la empresa evaluar el impacto ambiental de sus acciones, además de prevenir, compensar y corregir las consecuencias indeseables de éstas.

Compromiso

La CFE ha asumido el compromiso de ir más allá del mero cumplimiento de las normas ecológicas vigentes, por medio de cuatro bases:

1. La convicción de que proteger el medio ambiente es asunto de alta prioridad para nuestra sociedad

2. La conciencia de la complejidad y el costo de las acciones de protección ambiental
3. La decisión de aplicar en las acciones en pro del ambiente todos los conocimientos y prácticas relevantes de la institución y de entidades externas
4. Y la voluntad de realizar los esfuerzos y asignar los recursos necesarios para alcanzar estos fines

Para cumplir este compromiso, la CFE cuenta con una Gerencia de Protección Ambiental que actúa en toda la empresa mediante diversos grupos operativos dedicados a enfrentar problemas específicos.

2.5 POLÍTICAS DE PROTECCIÓN AMBIENTAL

La CFE pone en práctica seis políticas que norman su comportamiento en materia ambiental:

1. Tomar en cuenta, en todas sus formas, las repercusiones ambientales de las obras y acciones de la empresa y cuantificarlas a fin de asegurar que existe un equilibrio favorable de beneficios y costos - tanto económicos como de otro tipo - internos y externos.

2. Considerar que las normas nacionales de protección ecológica fijan un nivel mínimo de cuidado del medio ambiente, y que la institución debe ir más allá de ese mínimo siempre que sea posible y se justifique racionalmente.
3. Colaborar con las autoridades en la materia a fin de desarrollar y mejorar las normas y la metodología de protección ambiental.
4. Incorporar en la concepción, diseño y seguimiento de sus actividades de protección ambiental, los puntos de vista y recomendaciones fundadas de expertos externos de la mayor calificación profesional.
5. Tomar en cuenta las opiniones de los grupos con intereses legítimos en los proyectos de que se trate.
6. Apoyar la educación, la investigación y el desarrollo tecnológico en el campo de la protección ambiental.

Para transformar en hechos el compromiso y las políticas de la CFE, se han integrado acciones dedicadas a atender lo relativo al medio ambiente en todas las etapas de cada proyecto eléctrico: estudios de campo, selección de sitios, estudios de factibilidad, diseño, construcción y operación.

Finalmente, también se adoptan medidas en el caso de desocupación de un proyecto dado y para el desecho de residuos potencialmente peligrosos. En el primer caso, se busca restaurar las condiciones de equilibrio natural, y en el segundo se ubica los desechos en sitios y condiciones que garanticen su seguridad e inocuidad durante un plazo tan largo como sea necesario.

Como se puede ver en los puntos antes expuestos, especialmente en el punto numero 5 de las políticas de protección ambiental, la CFE apoya el desarrollo de proyectos que permitan la obtención de energía eléctrica de forma mas amable para el medio ambiente. Tal es el caso de la fuente de energía que presento a continuación.

CAPITULO 3
DESCRIPCIÓN DEL CONCEPTO ENERGIA HIDROCATALÍTICA (EHC)

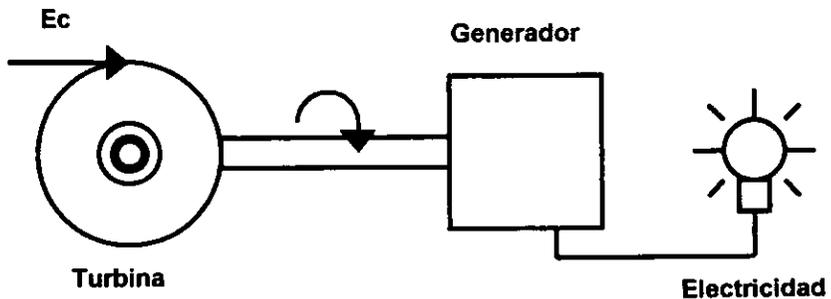
CAPITULO 3

DESCRIPCIÓN DEL CONCEPTO ENERGIA HIDROCATALITICA (EHC)

Existen muchos tipos de energía, pero para el presente análisis solo revisaremos los diferentes mecanismos energéticos que se aplican en la generación de electricidad.

La energía eléctrica se obtiene por regla general a partir del siguiente proceso:

Una fuente de energía cinética (aire, vapor o agua) se transforma mediante una turbina en energía mecánica. Esta energía mecánica a su vez, es transformada en energía eléctrica por medio de un generador como se ve en la siguiente figura.



La fuente de energía cinética puede ser un afluyente de agua, una corriente de aire o un flujo de vapor. Sin embargo cualquiera que sea esta, se necesita que sea a alta presión.

Se ha observado que el vapor es la fuente de energía cinética mas efectiva por el hecho que no esta regulada por condiciones ambientales como en los otros dos casos.

Una fuente de vapor se consigue generalmente a partir de una fuente de calor y una dotación pertinente de agua.

Esta fuente de calor puede a su vez provenir de condiciones naturales, como en el caso de la geotermia, o de fuentes artificiales como la quema de combustible o los reactores nucleares que son mas confiables por su capacidad de regulación.

Sin embargo, al utilizar combustibles o materiales radioactivos, se pone en peligro el equilibrio ambiental.

Es por eso que es necesario buscar una fuente de calor que no sea tan nociva para el medio ambiente, pero que a su vez proporcione las temperaturas necesarias para producir el vapor a la presión y velocidad necesarias para impulsar a los sistemas de turbina - generador.

Este es el caso del concepto de energía hidrocatalítica que se describe en estas paginas.

Primeramente se describirá el concepto teórico y los experimentos y demás aspectos prácticos que lo soportan y en seguida se hará una evaluación en la que se considerarán las posibles aplicaciones y sus costos y beneficios.

El concepto EHC esta basado en modificaciones a la teoría atómica existente, lo que representa un avance importante en la comprensión de materia y energía. La teoría fue desarrollada por Dr. Randell Mills, el fundador de HCP Corp., en colaboración con el Dr. John Farrell del Colegio Franklin y Marshall.

Uno de los pronósticos de la teoría es la existencia de estados no radioactivos del átomo de hidrógeno más allá del "estado natural" definido por la teoría actual existente.

El Dr. Mills ha desarrollado un medio para obtener estados inferiores de energía, liberando energía en cantidades más grandes que las que se obtienen de la combustión de hidrógeno.

La teoría detrás del concepto, soportada por prototipos de laboratorio y proyectando los productos iniciales, se describe en las subsecciones siguientes.

3.1 ANTECEDENTES TEORICOS

El concepto de EHC se originó en el mismo plazo de tiempo que la "fusión fría" y ambos son conceptos que atraparon la atención científica, pública y general en 1989.

Como los intentos de explicar el excesivo calor evidente en los experimentos proliferaron, los posibles fenómenos intrínsecos al concepto de fusión se han introducido en las investigaciones.

A causa de su uso generalizado en años anteriores, el término "fusión fría" ha evolucionado para comprender procesos y teorías más amplias para la generación de energía.

Aunque la teoría de Mills no involucra fusión nuclear, la base teórica para el concepto EHC originó experimentos en paralelo con la "fusión fría", y el procedimiento experimental inicial del EHC fue parecido a los usados en las experimentaciones tempranas de este fenómeno, por ello el concepto se ha revisado frecuentemente dentro de la estructura general de la "fusión fría".

Dado que el concepto EHC de no involucra la fusión, y dadas las controversias y percepciones negativas asociadas con la fusión fría, EHC ha intentado guardar, o aun mas, aumentar la distancia entre sí y este otro término.

Se postula que la energía liberada en el proceso de EHC es producto de una reacción catalítica que permite a los átomos de hidrógeno lograr un nivel de energía inferior que el que posee en su "estado natural".

A causa de su aparente simplicidad con respecto a otros elementos, el hidrógeno fue un tema de gran atención para la sociedad científica en los años finales del siglo diecinueve y principios del veinte. Las observaciones experimentales del comportamiento del hidrógeno se usaron para obtener una comprensión más detallada de la naturaleza de la materia a un nivel submicroscópico. Una evidencia primaria de esto eran las bandas discretas de luz emitidas por el hidrógeno en estado gaseoso durante la combustión y otras formas de excitación.

Estos datos se usaron para construir un modelo del átomo consistente en niveles discretos de energía asociados con órbitas permitidas del electrón sobre el núcleo, observándose las emisiones de radiación asociadas con cambios en los niveles de energía que provienen de transiciones entre estas órbitas. Se asignaron

números cuánticos a las órbitas que comienzan con el estado mas bajo de energía observado, al cual se le dio el número $n=1$.

Los refinamientos teóricos adicionales realizados por Bohr, Einstein, De Broglie, Schrödinger y otros grandes científicos, dieron como resultado el desarrollo de modelos que dan a la materia tanto propiedades de partícula como de onda.

El Dr. Randell Mills, fundador de HCP Corp., en colaboración con el Profesor John Farrell del Colegio Franklin y Marshall, desarrolló la teoría sobre la que se basa el concepto de EHC, publicando sus resultados y conclusiones en 1989.

La teoría de Mills representa una modificación y extensión de la representación fundamental de la materia y la energía que se desarrolló inicialmente en los principios del siglo veinte.

Un resultado de la teoría es el pronóstico de que en el átomo de hidrógeno son posibles adicionales estados de energía inferiores, pero no se han logrado normalmente porque la transición a estos estados no esta asociada directamente con la emisión de radiación, así los átomos de hidrógeno como los átomos de hidrógeno de energía mas baja (hidrinos) son estables aisladamente.

Se postula que estos átomos de hidrógeno (y otros átomos de electrón único, p. ej., iones de He) pueden lograr estos estados por una "colisión resonante" con un átomo cercano o una combinación de átomos que tenga la capacidad para absorber la energía requerida para efectuar la transición. El siguiente es un resumen del proceso de acuerdo a las notas del Dr. Mills:

"El número cuántico $n=1$ se usa rutinariamente para describir el estado electrónico "fundamental" del átomo de hidrógeno. El Dr. Mills demostró que el $n=1$ es el estado "fundamental" para las transiciones de fotón "puro" (el estado $n=1$ puede absorber un fotón e ir al estado electrónico excitado, pero no puede liberar un fotón e ir a un estado electrónico de mas baja energía).

"Sin embargo, una transición de electrón desde el estado fundamental a uno de más baja energía es posible mediante un mecanismo de "colisión resonante". Estos estados de inferior energía tienen números cuánticos fraccionarios, $n=1/\text{entero}$. Los procesos que ocurren sin fotones y que requieren de colisiones son comunes. Por ejemplo, la reacción química exotérmica de $H + H$ para formar H_2 no ocurre con la emisión de un fotón.

"Más bien, la reacción requiere que una colisión con un tercer cuerpo, M , para eliminar la energía de enlace: $H + H + M \rightarrow H_2 + M$. El tercer cuerpo distribuye la

energía de la reacción exotérmica, y el resultado es la molécula de H₂ y un aumento en la temperatura del sistema.

"Similamente, el estado $n=1$ del hidrógeno y los estados $n=1/\text{entero}$ del hidrógeno son **no radiactivos**, pero una transición entre dos estados no radiactivos es posible por medio de una colisión resonante, digamos $n=1$ a $n = 1/2$.

"En este caso, durante la colisión el electrón se acopla a otro electrón en reacción de traslado o a un electrón en transición que puede absorber la cantidad exacta de energía que debe ser tomada del átomo de hidrógeno, una energía resonante. El resultado final es un estado de mas baja energía para el hidrógeno y un aumento en la temperatura del sistema.

"La reacción de hidrógeno a un estado de energía mas bajo se refiere como una reacción de transición. Con toda seguridad, los iones inorgánicos patentados por la Compañía sirven como catalizadores de transición que aceptan energía de manera resonante de los átomos de hidrógeno y liberan la energía a los alrededores.

"El catalizador de transición no debe consumirse en la reacción. Acepta energía del hidrógeno y libera la energía a los alrededores. Así el catalizador de transición vuelve a su estado original.

"Y, de esta manera, la energía liberada por los átomos de hidrógeno es muy grande comparada con reacciones químicas convencionales incluyendo la combustión de hidrógeno.

"Los ciclos múltiples de catálisis son posibles con cantidades crecientes de energía con ciclos consecutivos de transiciones."

Se ha definido que el potasio tiene un nivel de energía de transición que se equipara con la energía de intercambio del átomo de hidrógeno necesaria para efectuar una transición desde el "estado terreno" generalmente aceptado asociado con el número cuántico $n=1$ al estado inferior de energía asociado con $n = 1/2$, y a otros estados fraccionarios inferiores. Así, el potasio se considera un catalizador potencial para liberar la energía de hidrógeno.

La reacción $n=1 \rightarrow n = 1/2$ involucra un átomo de hidrógeno y dos átomos de potasio que experimentan cambios en el estado de disociación, resultando en un alivio neto de energía y un átomo reducido de hidrógeno, identificado por Mills como "hidrino". Se predice que ocurrirán subsiguientes transiciones a niveles inferiores adicionales, aumentando el alivio de energía por el átomo en el proceso.

Estas reacciones postuladas para formar la base del concepto EHC presumen un alivio promedio de energía de 100 eV/átomo. En la comparación, la combustión

del hidrógeno en una reacción química convencional libera alrededor de 1.5 eV/átomo.

3.2 EVOLUCIÓN DE PROTOTIPOS DE LABORATORIO

Desde 1989 el Dr. Mills ha desarrollado las celdas de reacción para probar la teoría y demostrar el alivio de energía y formación de hidrinos. Las celdas iniciales usaron electrólito en base de agua, y muchas variantes se han descrito en la literatura abierta. Más recientemente, celdas de temperatura mas alta se han desarrollado usando gas de hidrógeno.

3.2.1 CELDA DE ELECTRÓLITO BASADO EN AGUA (TEMPERATURA BAJA)

Se realizó la construcción y operación de una versión temprana (1990) de una celda de electrólito basada en agua y de ella se tomaron los siguientes datos:

Las celdas de prueba usadas eran relativamente pequeñas, conteniendo 100 ml de electrólito. La celda base se construyó usando una lamina de níquel como cátodo y un cable de platino como ánodo, con un electrólito de potasio carbonatado (K_2CO_3) para el mayor desempeño de funcionamiento. La electrólisis del compuesto (electrólito), pasando una corriente mediante los electrodos, permitía a los átomos

de potasio e hidrógeno en la superficie del cátodo obrar recíprocamente, resultando en el alivio de energía.

Algunas pruebas de control usaron un electrólito de sodio carbonatado (Na_2CO_3), que no era el especulado para producir un calor excesivo según la teoría de Mills. Las variables estudiadas incluyeron al electrodo y las configuraciones de envasado, la agitación de la celda y la aplicación de energía (onda cuadrada Vs. CD).

La generación de energía en la celda se calculó a partir de su temperatura, con base en una pérdida calibrada de calor conductivo al ambiente. Un total de 29 casos que usaron electrólito de K_2CO_3 con voltaje aplicado a los electrodos fueron reportados.

Un aumento de energía se presentó en la reacción de hidrógeno en todos los casos, se informó que este aumento fue de 1.5 a 40 veces el aporte neto energía (la energía total a los electrodos menos la energía de electrólisis del agua). Los resultados adicionales de la celda electrolítica fueron informados por HCP Corp. y Thermacore, como se resume más adelante.

HCP Corp. reporto los resultados de tres experimentos en una celda algo más grande (350 ml), que la celda anotada anteriormente.

El aumento de energía se reportó en los experimentos conducidos usando un electrólito de potasio carbonatado (salida/aporte de 200% para corriente continua, 1600% para el aporte en pulso).

Ningún aumento de energía se informó para el experimento de control usando sodio carbonatado, lo cual fue consistente con la teoría de Mills.

THERMACORE reporto los resultados de 11 experimentaciones que condujeron en una celda de tamaño más grande (1 galón).

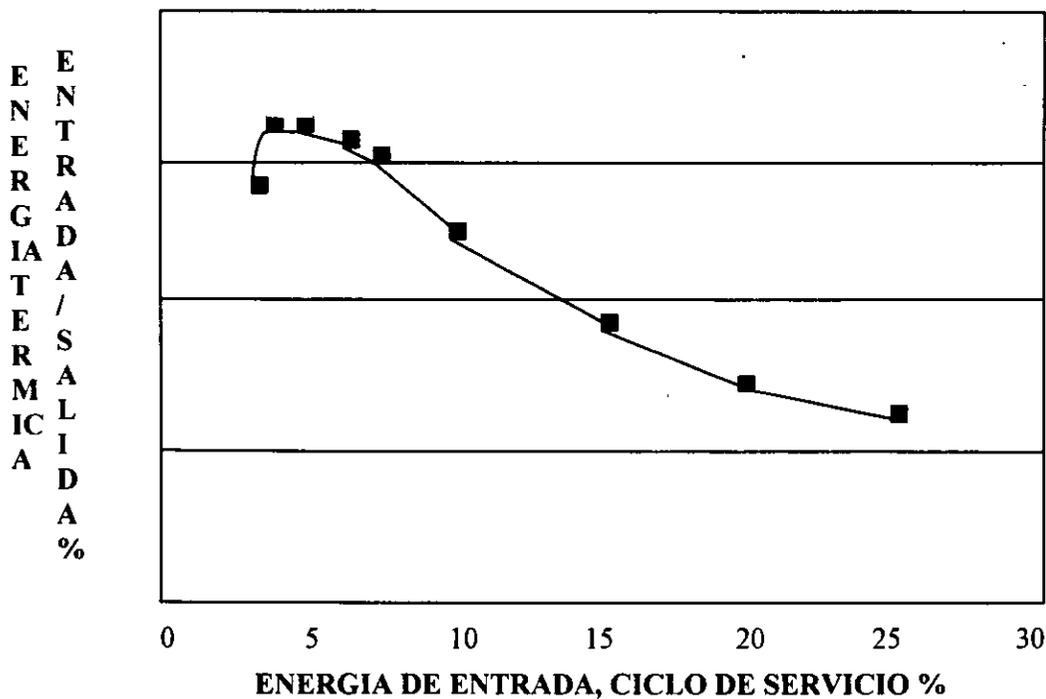
Se había observado que más el alto aumento de energía se obtuvo en un aporte de energía en forma de pulso, usando una frecuencia baja (1-2 Hz) de onda cuadrada.

Nueve de los experimentos de Thermacore consistieron en variar el ciclo de servicio (en un tanto por ciento del tiempo en que se aplicó el voltaje), de la onda cuadrada de aporte mientras se mantenían constantes las demás variables, con los resultados que se muestran en la Fig. 3.1. Los resultados indican un buen comportamiento del proceso que produce un aumento de energía más allá del que puede ser explicado por errores de medición.

Una experimentación final conducida a un aporte de energía inferior con un ciclo de servicio de 20% fue operado por 240 días con una relación salida/aporte neto que excedió el 2000%.

Fig. 3.1 Experimento Thermacore

**CELULA ELECTROLÍTICA GRANDE
EXCESO DE ENERGIA Vs CICLO DE SERVICIO**



Mas tarde, una celda más avanzada se operó en 1994. Esta celda era de tamaño más grande que las celdas EHC anteriores, conteniendo 11 litros de electrólito. El cátodo se construyó de paño de cable de níquel y el ánodo de una estera de fibra de níquel, proveyendo una gran área de superficie de reacción para cada uno.

La celda se puso en un rociador para minimizar la pérdida no controlada de calor, y la remoción de calor fue manejada mediante un condensador controlado e instrumentado.

Las pruebas fueron corridas usando un electrólito de K_2CO_3 , del que se esperaba producir un aumento de energía por medio de la catálisis de la energía del hidrógeno liberada por el potasio según la teoría de Mills, y Na_2CO_3 , del que no se esperaba producir ningún aumento de energía.

Una corrida de calibración (ningún voltaje se aplicó a los electrodos, mientras un calentador interno de resistencia se operó) se desarrolló para cada electrólito. Tanto las pruebas de Na_2CO_3 como la corrida de calibración del K_2CO_3 se operaron por 7 días, mientras la corrida de electrólisis de K_2CO_3 se operó por 14 días. El aumento de energía en la corrida de electrólisis del K_2CO_3 se calculó en 17.6 veces la energía neta de aporte.

3.2.2 CELDA DE GAS

Un nuevo enfoque que usa gas de hidrógeno en una celda de reacción se comenzó en 1993 y ha avanzado apreciablemente desde ese año.

Reconociendo las limitaciones en capacidades de densidad de energía y temperatura de las celdas electrolíticas que habían servido para proveer evidencia de la producción de excesivo calor y de la existencia de hidrino, HCP Corp. procedió a desarrollar nuevos conceptos con base en el uso gas de hidrógeno como un aporte a la celda en lugar de producirlo en la celda mediante el electrólisis.

Este concepto provee la potencialidad para lograr más altas densidades de energía y temperatura que las que se han logrado en las celdas electrolíticas antes discutidas. La evolución del concepto de celda de gas se resume más adelante, seguido por la discusión adicional del más reciente y prometedor concepto.

El concepto de celda de gas consiste en introducir hidrógeno en la celda en forma gaseosa en lugar de el hidrógeno generado por la electrólisis de una solución acuosa en la celda, como se había hecho en las celdas electrolíticas.

Orientado por la teoría de Mills, el objetivo de todos los conceptos es producir una mezcla local de átomos de hidrógeno y de iones catalizadores, permitiendo así la reacción catalítica para producir hidrógeno de baja energía.

El concepto inicial agregó hidrógeno a la solución de potasio carbonatado por medio de una espiral de tubería de níquel.

Los conceptos subsiguientes introducen el hidrógeno gaseoso directamente en la celda, usando inicialmente un catalizador sinuoso, después un catalizador de vertedero, y más recientemente una celda de fase de vapor. Las características de estos conceptos se resumen más adelante.

Difusión de Hidrógeno/ Solución Acuosa.- Este concepto fue desarrollado por Thermacore, trabajando en colaboración con HCP Corp..

El hidrógeno se introdujo en la celda mediante una espiral de tubería de níquel delgada y sellada puesta adentro de una vasija presurizada que contiene una solución de K_2CO_3 . Los átomos de hidrógeno se podrían difundir entonces mediante el níquel y reaccionar con el potasio sobre el superficie exterior de la tubería.

Al usar una vasija presurizada, se alcanzaron las presiones y temperaturas más altas (relativas a la presión atmosférica de la solución acuosa de las celdas

electrolíticas). El aumento de energía que se observó en estas celdas fue informado, probando que el aumento de energía podría producirse sin la electrólisis. Sin embargo, Thermacore era incapaz de lograr las densidades suficientes de energía para apoyar aplicaciones comerciales.

Catalizador de estado sólido.- Buscando desarrollar un concepto con la potencialidad más económica, HCP Corp. comenzó a investigar las celdas que involucrarían la interacción directa de hidrógeno en estado gaseoso y un catalizador de estado sólido.

Los conceptos iniciales se formularon con base en un compuesto de óxido de metal mezclado con un material catalizador para inducir la reacción de hidrógeno de baja energía.

Las pruebas de la Universidad de Penn State mostraron indicios de un aumento de energía que fue interpretado por HCP Corp. como producto de la transición de hidrógeno a niveles inferiores (hidrino).

El enfoque de catalizador de estado sólido fue evolucionado adicionalmente mediante el desarrollo de catalizadores de hidrógeno tipo vertedero que consisten en mezclas de materiales de disociación de hidrógeno y materiales catalíticos sobre polvo de carbón grafitado.

Las pruebas de Penn State también demostraron la producción de un aumento de energía en el catalizador de vertedero de las celdas. Al evaluar los resultados de la prueba sobre el catalizador de vertedero de las celdas, HCP Corp. concluyó que el aumento de energía fue producido, pero reconoció que el catalizador se neutralizó después de un periodo de tiempo, terminándose eventualmente la reacción.

Este concepto determina que se requeriría reemplazar el catalizador para mantener el funcionamiento.

La Celda de Fase de Vapor.- Al revisar los resultados de la prueba del catalizador de vertedero, HCP Corp. concluyó que la reacción puede haber tenido lugar en la fase de vapor, conduciendo al desarrollo de una celda de fase de vapor como el principal concepto actual para la producción de energía.

La celda de fase de vapor consiste de los medios para establecer átomos catalizadores en un estado gaseoso conjuntamente con los átomos de hidrógeno, apoyando una reacción catalítica en la fase de vapor.

Esta evolución reduce el dispositivo a los elementos básicos para producir hidrógeno de baja energía predecidos por la teoría: hidrógeno atómico y los iones catalizadores.

La teoría también predice que el desempeño óptimo se obtendrá a una presión baja (menos de 1/1000 de una atmósfera). El pronóstico de presión óptima, con base en el desarrollo del concepto de reacción de desproporción, se fundamenta en la observación de reacciones solares.

Con la desproporción, un átomo de hidrino puede catalizar el desplome adicional de otro átomo de hidrino.

A presiones inferiores la recombinación de hidrógeno y átomos de hidrino en moléculas por medio de la colisión con otros átomos es menos probable, así la reacción puede mantenerse de manera efectiva. El concepto se discute en más detalle en la sección siguiente.

3.3 ASPECTOS BÁSICOS Y DESEMPEÑO DE CELDAS DE FASE DE VAPOR

HCP Corp. comenzó a trabajar sobre su primer concepto de celda de fase de vapor en enero de 1996, construyendo pequeños sistemas en placa, corriendo a la vez uno de ellos. Con base en éxitos tempranos, un esfuerzo de prioridad se comenzó en la primavera de 1996. A partir de Julio, 1996, algunas variantes de las celdas de fase de vapor han sido construidas y operadas por HCP Corp. y más recientemente por la Universidad de Penn State.

En la mayoría de los casos, han consistido de un envase que contiene un filamento energizado de metal para disociar moléculas de hidrógeno, un compuesto para producir átomos catalizadores a la presión de vapor y temperatura de funcionamiento deseada, una bomba de vacío adjunta para proveer la purga inicial de contaminantes y para lograr y mantener la presión activa deseada, y una fuente de gas de hidrógeno.

Para el experimento de control, también pueden ser incluidas provisiones para una no disociación de la fuente de calor (p. ej., calentador de cartucho) además de un filamento de metal, y aprovisionamiento para introducir gas neutro (p. ej., helio) y compuestos no catalíticos (p. ej., compuestos de sodio).

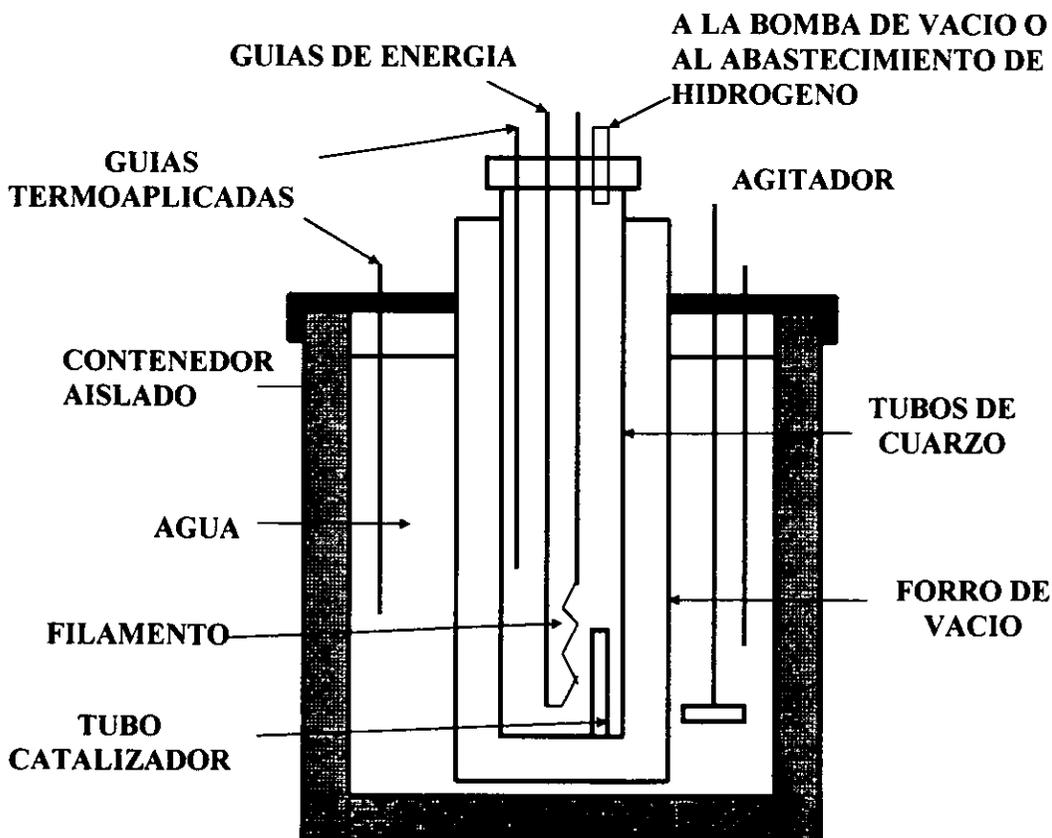
Una variante reciente utiliza polvo de metal para la disociación de moléculas de hidrógeno conjuntamente con un calentador externo para lograr condiciones activas deseadas. HCP Corp. informa que un aumento de energía ha sido observado en todas las variantes de fase de vapor. Una descripción breve de los dispositivos y un resumen de resultados recientes se provee en las subsecciones siguientes.

3.3.1 LÁMPARA DE VASO AT - MAR

Una pequeña celda de vapor de gas referida por HCP Corp. como una "Lámpara de Vaso AT - MAR" se muestra en la Fig. 3.2.

En este dispositivo, una bomba de vacío se usa para evacuar la celda y expulsar impurezas, entonces la celda se llena del hidrógeno a una presión mas baja (~1 torr). Los átomos de Hidrógeno son producidos por la disociación de las moléculas de hidrógeno por el filamento a alta de temperatura (típicamente tungsteno).

Fig. 3.2 Lampara de vaso AT - MAR



Un tubo pequeño de un compuesto catalizador (p. ej., KNO_3) se pone al costado del filamento para servir como una fuente de átomos de catalizador.

El dispositivo se pone en un recipiente aislado, parcialmente lleno de agua, y llevado a una temperatura inicial de equilibrio la cual se mantiene uniforme usando un dispositivo agitador.

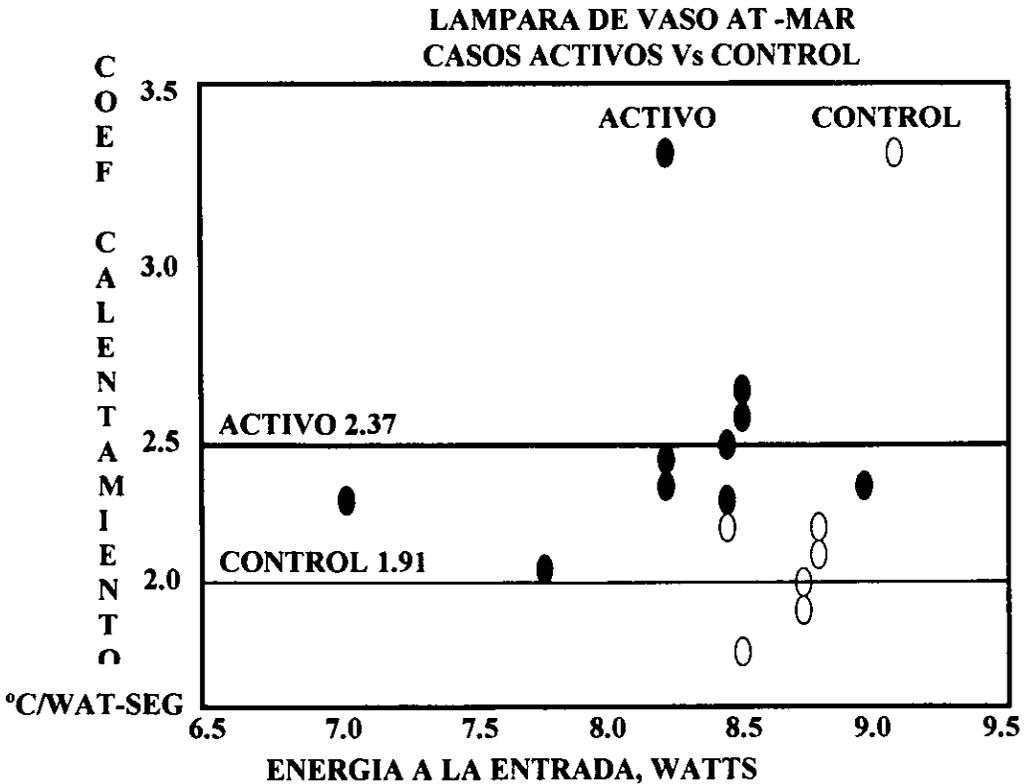
La energía se aplica al filamento y la temperatura del agua es controlada por dos termocopladores para determinar el incremento de la misma. El coeficiente de calentamiento de la celda ($^{\circ}\text{C}/\text{Watt}\cdot\text{seg.}$) se determina por un juego de cajas de control para la comparación con casos donde las condiciones que permitieron la producción de hidrógeno de baja energía estaban presentes.

Para algunas de las corridas, la superficie interna del tubo de cuarzo se cubrió con plata para reducir la pérdida radiante de calor y así aumentar la temperatura de funcionamiento de la celda.

HCP Corp. ha conducido una serie de experimentos que usan el dispositivo de Lámpara de Vaso AT - MAR para investigar la producción de energía.

Un juego de casos de control se operaron con hidrógeno y energía en el filamento, y se compararon con un conjunto de casos activos en que un compuesto de catalizador de potasio se agregó.

Fig. 3.3 Resultados de las pruebas con la lampara AT - MAR



Los resultados se muestran en la Fig 3.3. Un considerable esparcimiento en los resultados esta presente, con valores promedio para el coeficiente de

calentamiento (10^{-4} °C/Watt-seg.) de 1.91 ± 0.19 para los casos de control y 2.37 ± 0.35 para los casos activos.

Calculando la relación del aumento de energía como la relación del coeficiente de calentamiento para los casos activos sobre los casos de control, el aumento de energía estaría sobre el 20% del aporte, o sobre 2 vatios sobre el promedio.

3.3.2 CALORIMETRO ISOTÉRMICO

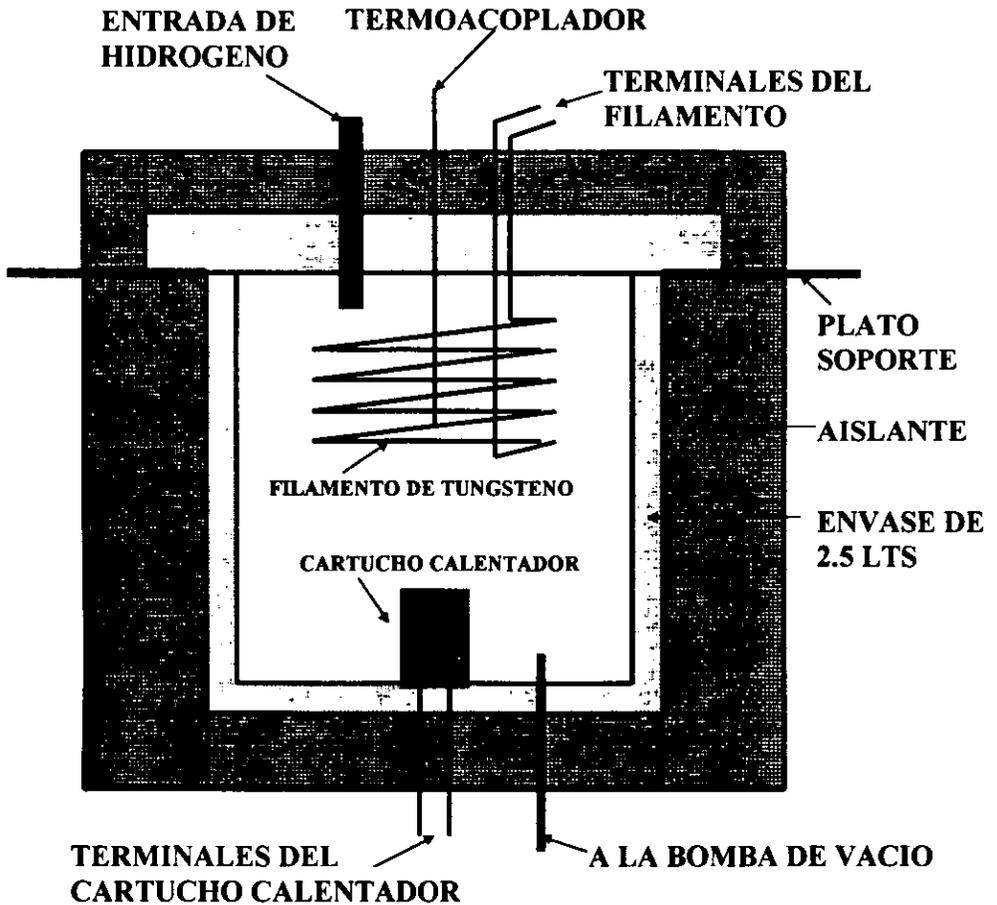
Un diagrama esquemático para una celda de fase de vapor EHC más grande (2.5 litros de volumen), que opera sobre el mismo principio que la lámpara de Vaso AT - MAR, designada Calorímetro Isotérmico, se muestra en la Figura 3-4.

La celda de Calorímetro Isotérmico ha sido operada en combinación con experimentos activos y de control para estudiar el efecto de parámetros claves (es decir, presencia de gas de hidrógeno y catalizador, que son los medios para la disociación de moléculas de hidrógeno).

En un experimento típico, el envase es bombeado y calentado por fuera para eliminar contaminantes, entonces las condiciones deseadas se establecen y la temperatura se controla hasta el que se alcanza el equilibrio. Por ejemplo, un

experimento de control podría usar un calentador de cartucho en vez del filamento para calentar el envase sin la disociación del gas de hidrógeno.

Fig. 3.4 Calorímetro Isotérmico

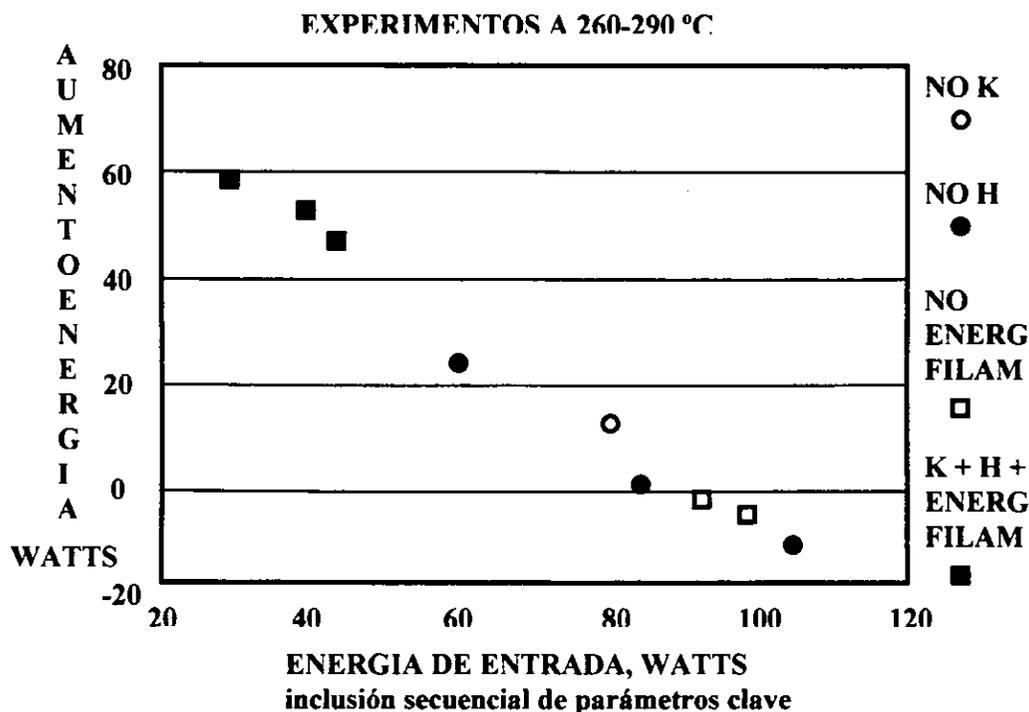


Una serie de experimentos que alcanzaron el equilibrio a la misma temperatura se condujeron con diversas combinaciones de los parámetros claves,

mientras se anotaba la energía de aporte necesaria para lograr la temperatura deseada.

Suponiendo que la pérdida de calor por la celda es la misma en todos los casos, el aumento de energía generada en la celda sería la diferencia entre el aporte de energía en los casos de control y el aporte energía en un caso activo:

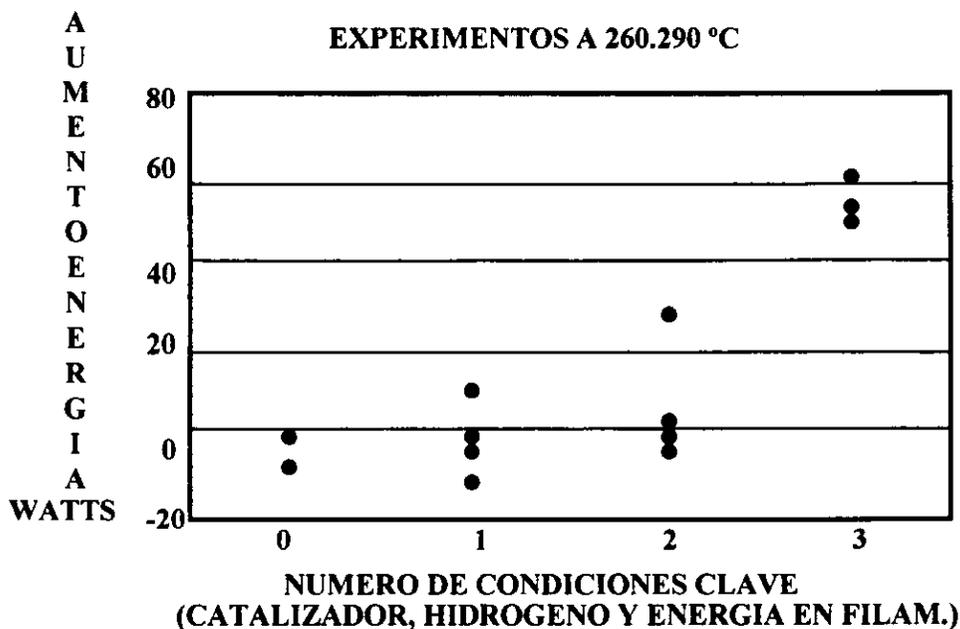
Fig. 3.5a Resultado de las pruebas del calorímetro isotérmico



Los datos de una serie de corridas desarrolladas por HCP Corp. durante Junio de 1996 a temperaturas entre 260 y 290 °C se analizaron asumiendo que la perdida de calor en el envase es linealmente proporcional a la temperatura indicada, con los resultados mostrados en Figuras 3.5a y 3.5b.

Los resultados de la Figura 3-5a muestran el aumento de energía como una función del aporte de energía para una serie de casos agrupados con base en: (1) sin presencia de potasio, (2) potasio pero sin hidrógeno, (3) potasio e hidrógeno pero sin energía en el filamento, y (4) potasio, hidrógeno y energía en el filamento.

Fig. 3.5b Resultados de la prueba del calorímetro isotérmico



La figura 3-5b muestra los mismos resultados de aumento de energía trazados como una función del número de condiciones claves presentes durante la prueba. Los datos indican una gran cantidad de energía en aumento para los casos donde todas las condiciones para la reacción hidrocatalítica están presentes.

3.3.3 CELDA CALORIMÉTRICA CALVET

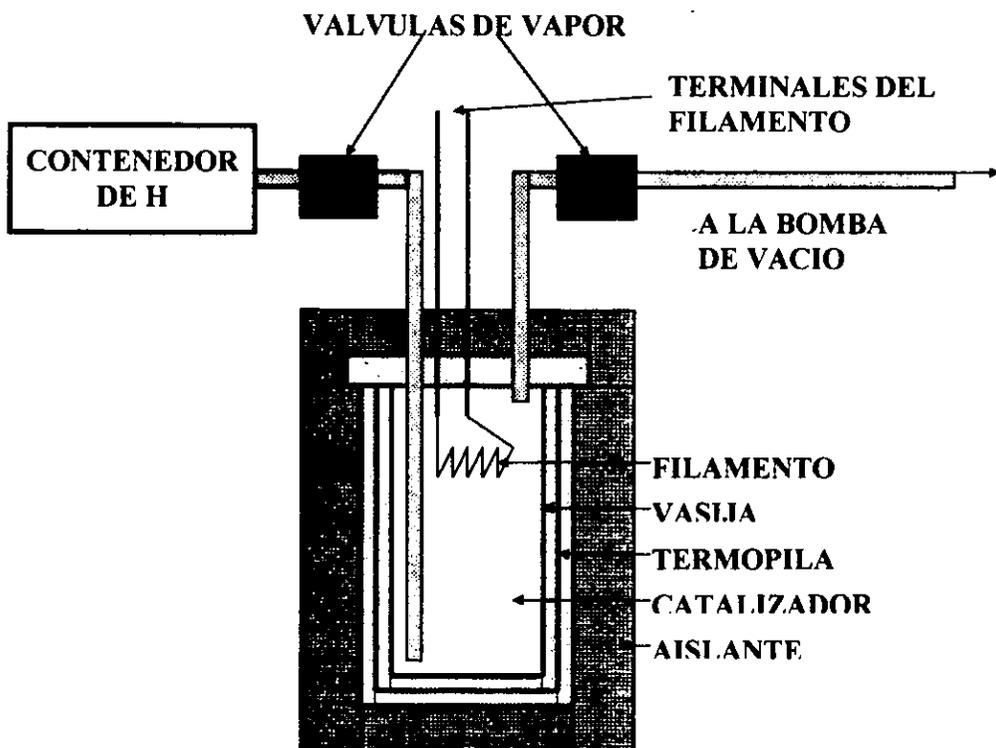
Otra variante de la celda con base en el mismo principio de la lámpara de Vaso AT - MAR es una pequeña celda de envase de metal que operó dentro de un horno para establecer una temperatura de funcionamiento bien controlada.

Estas celdas se han operado en múltiples veces con la operación simultánea de celdas activas y de control para investigar la generación de un aumento de energía, y en combinación con una termopila de precisión basada en un calorímetro, llamado Calorímetro Calvet.

La prueba independiente de una celda Calorimétrica Calvet comenzó en Penn State a mediados de Julio, como se anotó en el sumario de una visita a dicha universidad. Un esquema del dispositivo construido por Penn State, que es parecido a las correspondientes celdas operadas por HCP Corp., se muestra en la Fig. 3-6.

La celda se operó a una presión cercana a la atmosférica y a un aporte de energía de 5 Watts, con el análisis preliminar que indica la producción de un aumento de energía en la gama de 0.01 a 0.05 Watts durante varios días para una energía total que corresponde a mas de 20 veces la cantidad que resultaría de la combustión de el hidrógeno presente en la celda y en el depósito de hidrógeno.

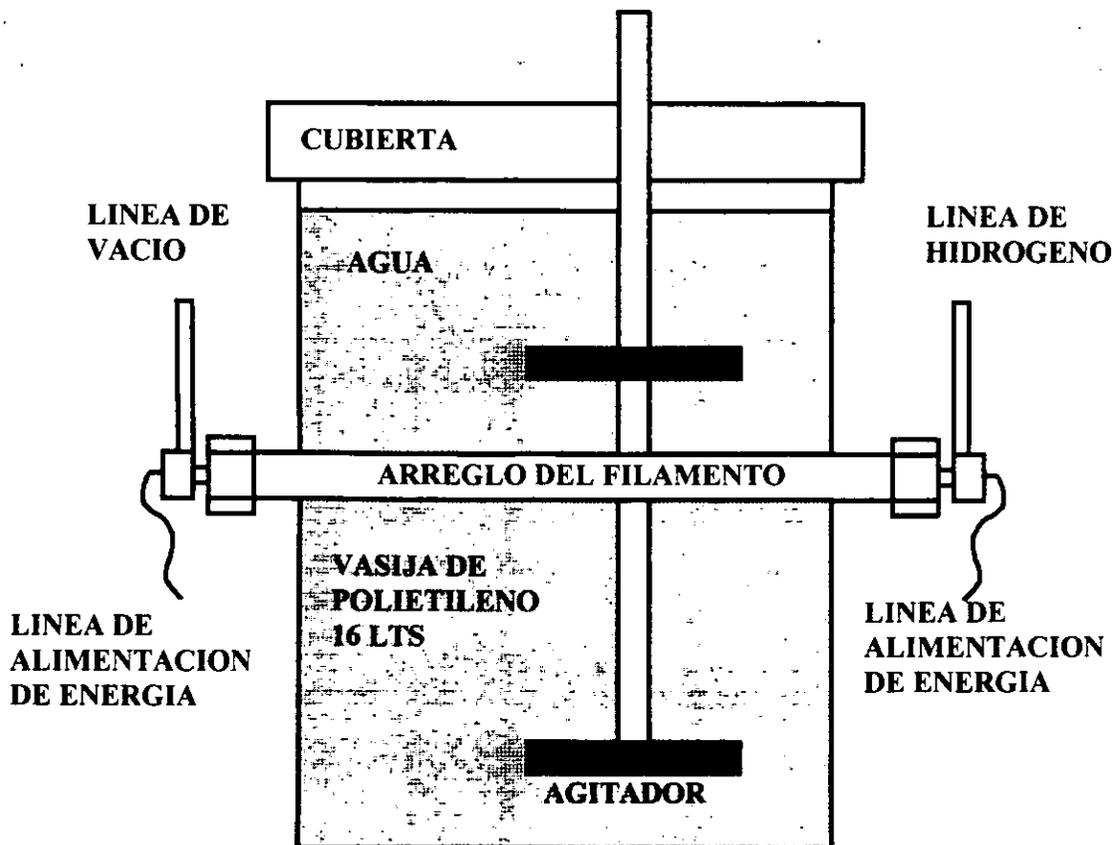
Fig. 3.6 Celda Calvet de Penn State



HCP Corp. informó un aumento de energía de 0.3 a 0.7 Watts para una celda similar que opera a una presión de hidrógeno de 200 millitorr y un aporte de energía de 4 Watts.

3.3.4 CELDA DE NÍQUEL HIDROGENADO COMO FUENTE DE HIDRÓGENO

Fig 3.7 Celda de níquel hidrogenado como fuente de hidrogeno



Otro concepto seguido por HCP Corp. involucra el uso de un metal hidrogenado como fuente de hidrógeno (Figura 3-7). En estos dispositivos, el cable de níquel que se había usado como cátodo en una celda electrolítica se usa como filamento en una celda de gas.

El cable de níquel se envuelve alrededor un tubo de cuarzo o una varilla de aluminio, las terminales eléctricas son unidas, y el ensamble se pone dentro de un tubo más grande de cuarzo. El tubo más grande es depositado en un recipiente mas grande de agua, los extremos se sellan, el tubo más grande se evacua, y la energía se aplica al filamento.

Como la temperatura del filamento aumenta, el hidrógeno almacenado en el níquel durante la operación anterior de la celda electrolítica se libera conjuntamente con el potasio que se había plateado o secado en la superficie.

El potasio liberado sirve como catalizador en algunos experimentos, mientras otros incluyen el catalizador como compuesto adicional que se vaporiza conforme la celda alcanza la temperatura de funcionamiento.

El agua en el recipiente se remueve según se aplica energía a la celda, y el aporte de energía al agua se determina a partir de el valor del aumento de la temperatura.

Los experimentos adicionales de control se han conducido para mejorar la exactitud de la determinación del rendimiento de energía de la celda.

HCP Corp. informó que las pruebas iniciales que confiaron en el potasio plateado sobre el cable de níquel como la fuente de átomos catalizadores eran erráticas en su desempeño, y se concluyó que una fuente separada de catalizador debería agregarse a la celda. Así un capilar de cuarzo que contiene un compuesto de catalizador se puso adentro del tubo interior de cuarzo durante una serie de pruebas.

La prueba del concepto de celda de gas con níquel hidrogenado fue conducido con una variación de aporte de energía dentro de una gama de aproximadamente 400 a 800 Watts. Para estas corridas, el aumento de energía medido osciló de 40 a 120 Watts (6 a 17% del aporte de energía).

Una serie de pruebas que comenzó a finales de Julio uso dos celdas de metal hidrogenado conduciendo múltiples experimentos con una gama de configuraciones y resultados mostrados en la tabla 3.1.

Con base en los resultados de la prueba, HCP Corp. había pensado que el incremento de energía de las celdas de metal hidrogenado pueden haber sido resultado de una reacción desproporcionada apoyada por los átomos de hidrino

producidos en la celda electrolítica y liberadas por el cable de níquel debido al calentamiento.

Tabla 3.1 Resultados de la prueba de la celda de metal hidrogenado.

No.	Filamento	H	K	Entrada de energía W	aumento de energía W
1	Alambre de níquel virgen			151-452	0
2	Alambre de níquel que ha sido operado en una celda electrolítica de Na ₂ CO ₃ , removido y secado	####		100-354	0
3	Alambre de níquel que ha sido operado en una celda electrolítica de Na ₂ CO ₃ , removido, humedecido en una solución de K ₂ CO ₃ y secado	####	####	138	484
		####	####		#####
		####	####		#####
4	Alambre de níquel que ha sido operado en una celda electrolítica de K ₂ CO ₃ , removido y secado	####	####	92-186	235-541
		####	####		#####
		####	####		#####

Sin embargo, la producción de un exceso de calor en el punto número 3 de la tabla de arriba, indica que el mecanismo dominante es la catálisis de los átomos de

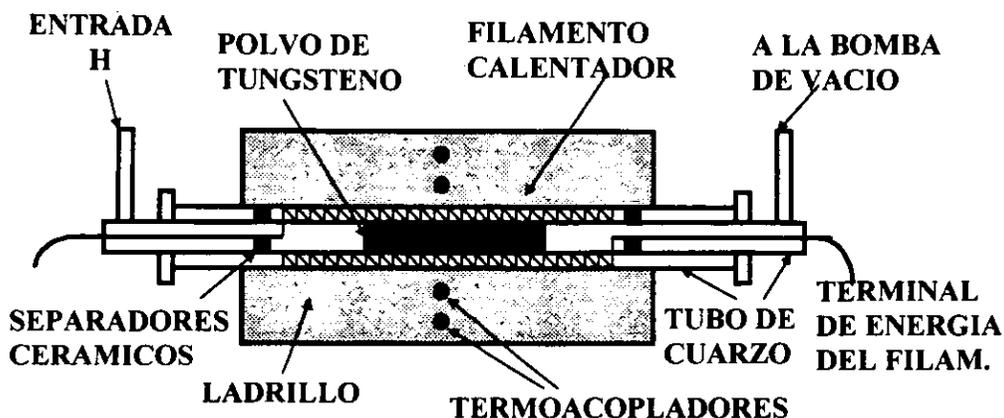
hidrógeno liberados por el filamento, puesto que ningún hidrino habría estado presente en el filamento tomado de una celda electrolítica de Na_2CO_3 .

HCP Corp. cree que sus anteriores celdas de gas fueron limitadas por las densidades de los átomos de hidrógeno en las celdas, y ha evolucionado sus dispositivos para proveer la adecuada densidad de átomos de hidrógeno.

3.3.5 CELDA DE POLVO DE TUNGSTENO

Otro concepto de celda de gas que esta siendo seguido por HCP Corp. es el uso de polvo de tungsteno en lugar de un filamento de tungsteno para la disociación de hidrógeno.

Fig. 3.8 Celda de polvo de Tungsteno



En este concepto, como se ve en el esquema (Fig. 3-8), la cámara de reacción es un tubo de cuarzo que contiene tungsteno en polvo y un compuesto catalizador. El tubo es rodeado por un filamento calentador para lograr que las temperaturas requeridas disocien hidrógeno sobre el tungsteno.

Los resultados de una serie de pruebas iniciadas en julio indican un aumento de energía de 10-20 Watts. Este concepto está en la etapa temprana de desarrollo, y se puede esperar que experimente un refinamiento importante como resultado de la prueba inicial.

3.4 APLICACIONES Y PRODUCTOS PROYECTADOS

HCP Corp. había comenzado, desde el inicio de la teoría de Mills, a explorar conceptos para la aplicación de la tecnología para la generación de electricidad. Estos conceptos, actualmente están en una etapa temprana de desarrollo, con base en el uso de la energía calorífica desarrollada por la reacción de transición del hidrógeno conjuntamente con equipo convencional de conversión de energía. Las aplicaciones previstas incluyen:

- Unidades de 10 kW para el calor y electricidad en aplicaciones residenciales
- La cogeneración y distribución Industrial en el rango de 100 kW a multi-megawatt

- Aplicaciones en grandes estaciones centrales, incluyendo el montaje en unidades termoeléctricas y plantas nucleares

Al pensar en una posible aplicación del concepto EHC se hace con base en el uso del reactor de gas en una configuración de intercambiador de calor para generar vapor o integrado en una turbina de gas. Se prevén otras aplicaciones incluyendo la utilización en automóviles, camiones, etc.

En 1991 el Dr. Mills fundó HydroCatalysis Power Corp. Para seguir el desarrollo y comercialización definitiva de una nueva forma de energía: la EHC

A fines de 1996, el nombre de la compañía se cambió de HydroCatalysis Power Corp. a BlackLight SM TM Power Inc. En honor a la emisión ultravioleta producida por la catálisis en el proceso llamado ahora BlackLight SM TM (BLSMTM).

El proceso BLSMTM considera, además de los preceptos de EHC antes vistos, la aplicación de este tipo de energía en sistemas de producción de vapor para su utilización en equipos de generación de energía eléctrica.

La compañía inicialmente se enfocó en el desarrollo de los dispositivos de electrólisis, que produjeron evidencia clara del aumento de energía en las pruebas conducidas tanto por BLP Inc. como por otras numerosas organizaciones.

Después de varios años de desarrollo, se concluyó que los límites de densidad de energía y de temperatura de los dispositivos electrolíticos restringieron significativamente su potencialidad comercial, y otras alternativas se exploraron.

Un dispositivo de fase de vapor de hidrógeno fue desarrollado por BLP Inc. durante 1996 y es capaz de alcanzar las densidades de energía y las temperaturas necesarias para una amplia gama de aplicaciones energéticas.

Varias configuraciones del dispositivo de celda de vapor se han construido y probado en una evolución continua hacia una configuración que provee una base para productos económicamente competitivos.

La EHC actualmente descrita es capaz de producir energía a partir de gas de hidrógeno a temperaturas altas y con el alivio de energía en cantidades que van de cientos a miles de veces la producida por la combustión de hidrogeno. El subproducto de la reacción es un gas inerte con características ambientales benignas parecidas al helio.

Una serie de dispositivos de laboratorio que se han desarrollado para mostrar los medios de extracción de energía y la identificación de los subproductos previstos se han operado por BLP Inc. y otros laboratorios independientes desde hace un par de años.

Los resultados indican que el proceso puede apoyar productos económicamente competitivos en una gama amplia de aplicaciones que se dirigen tanto a vehículos móviles como a la generación estacionaria de energía eléctrica.

Las proyecciones de productos a partir de la EHC se hace con base en las comprensiones experimentales y teóricas actuales indicadas por BlackLight SM TM Power Inc. e indican una aclarada superioridad económica y ambiental sobre productos existentes en el mercado global de energía.

3.4.1 CONCEPTOS DE APLICACIÓN PARA EL PROCESO BLSMTM

La adaptación del concepto EHC está siendo usada para orientar el desarrollo del dispositivos como una base para discusiones con fabricantes del equipo. Los conceptos resumidos en la siguiente discusión son aplicables a una amplia gama de mercados de energía móvil y la generación estacionaria de energía.

Con las emisiones del proceso limitadas a cantidades pequeñas de oxígeno y un gas inerte parecido al helio, la tecnología se anticipa a exponer su aclarada superioridad ambiental sobre las plantas existentes.

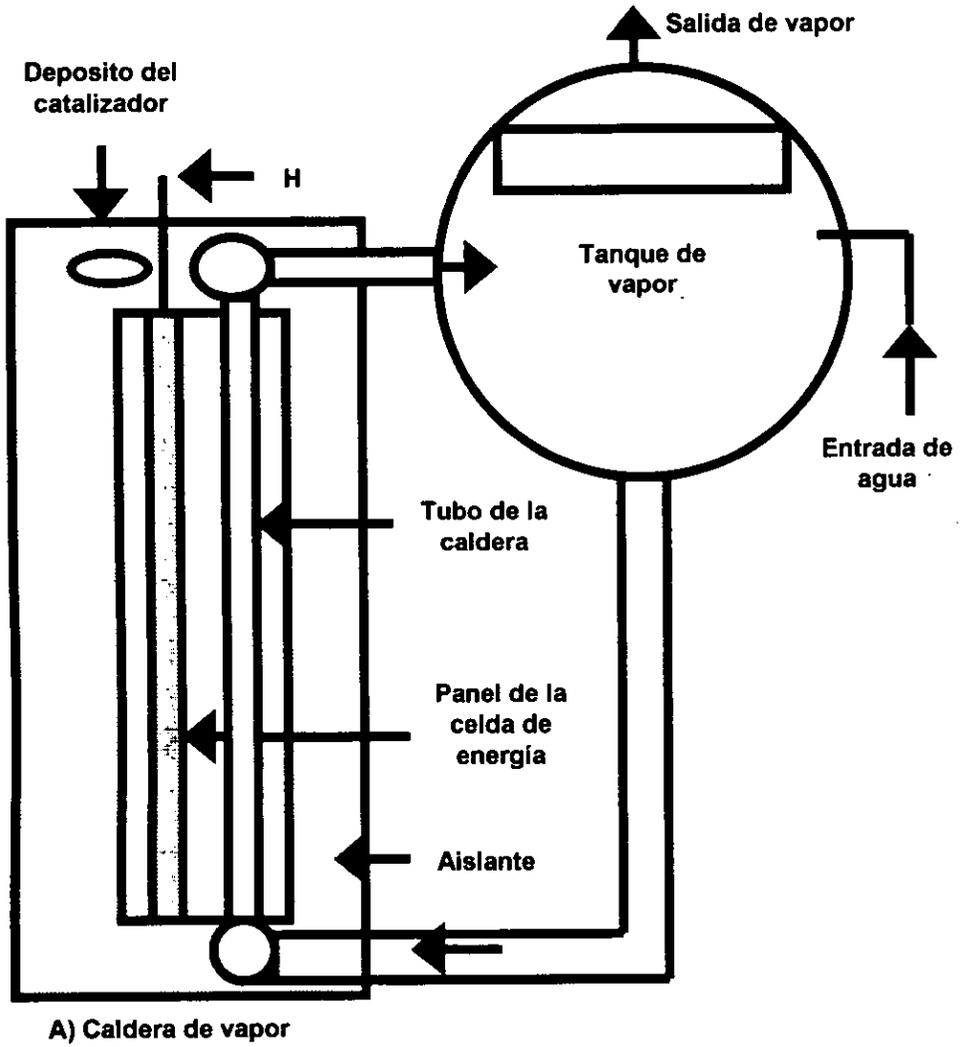
- Estación central de generación de energía

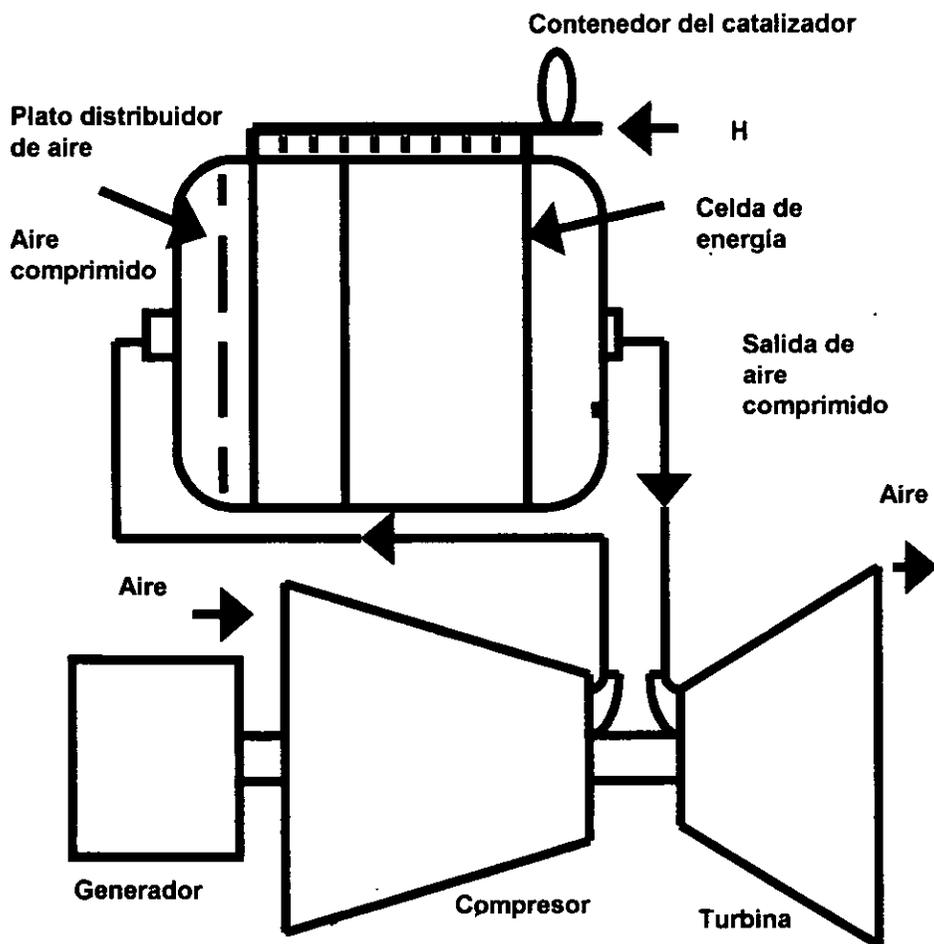
Para la implementación de estaciones centrales de generación de energía, considerando intereses ambientales, el aumento de eficiencia y los factores que exigen el crecimiento, se considera que es factible la construcción de nuevas estructuras y la reutilización de unidades existentes, mediante la aplicación del concepto.

En algunos conceptos se han considerado la aplicación del proceso de BLSMTM en la generación de energía en estaciones centrales, en las que se usan tanto turbinas de gas como configuraciones de planta de vapor tales como las ejemplificadas en los diagramas de la figura 3.9.

Un total de diez de conceptos se ha desarrollado para aplicaciones en estaciones centrales de generación de energía: cinco configuraciones de calderas de vapor/turbina y cinco de turbina de gas.

Fig 3.9 diagramas generales de plantas centrales de energia



Celda de energía con intercambiador de calor**B) Generador - turbina de gas de ciclo abierto**

Otras variantes identificadas de la caldera de vapor/turbina incluyen calderas, celdas de energía conectadas a intercambiadores de calor y sistemas intermediadores de bucle.

- Los componentes a reemplazar (caldera o turbinas de gas para las plantas de vapor) son típicamente una pequeña fracción del costo unitario total.

- Se anticipa que los sistemas de combustible, sistemas de control de emisiones y seguridad serían más simples y menos caros, contrarrestando los aumentos de costo provocados por el reemplazo de componentes y el costo de un sistema de producción de hidrógeno.

Dado que el combustible para el proceso BLSMTM se produce a partir de agua en cantidades más bajas que el abastecimiento para plantas de petróleo, gas o carbón, los costos se verán reducidos.

Los ahorros aprovechados de combustible se determinaron suponiendo un 70% del factor de capacidad, 20 años de vida económica, tasa de depreciación de 20%/año y 40% eficiencia térmica.

Los resultados oscilaron desde \$260/kWe por un costo de combustible de \$1/MBTU (costo mas bajo por la producción de vapor a partir de carbón) hasta

780/kWe por un costo de combustible de \$3/MBTU (costo mas alto por la producción de vapor a partir de gas natural).

Esto representa una rápida recuperación sobre el costo de inversión en equipo necesaria para la implantación del proceso BLSMTM, y provee una gran confianza en relación con la superioridad económica con respecto a las plantas existentes.

Se anticipa que el costo de inversión de las plantas de estación central energizadas por el proceso BLSMTM es comparable o menor que el de las opciones existentes (plantas térmicas) por las razones siguientes:

- Generación de energía para la distribución

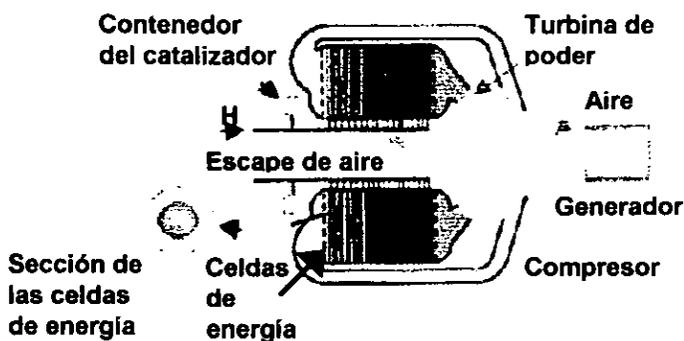
El desarrollo inicial del concepto, con base en el presente análisis sobre el proceso BLSMTM, indica que las turbinas de gas serán una aplicación temprana probable. Los adaptaciones a pequeños y medianos equipos de turbina de gas existentes se muestran más adelante.

La microturbina de corriente radial de alta velocidad mostrada en la figura 3.10a se ha desarrollado para las aplicaciones de generación de energía para su distribución que están en el rango desde decenas a centenares de kilovatios. El flujo

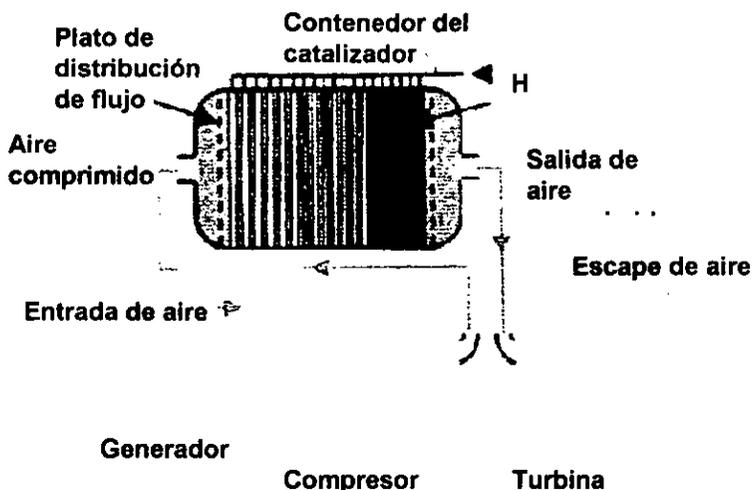
industrial axial y las turbinas de gas aeroderivativas en el rango de centenares de kilovatios a decenas de megawatts, mostrados en la figura 3.10b han estado disponibles comercialmente desde hace muchos años.

El proceso BLSMTM se adaptaría para turbinas de gas por medio de un intercambiador de calor en la celda de energía que reemplazaría al consumidor de combustible y se aplicaría sobre una turbina convencional de gas como se muestra en la figura.

Fig. 10 turbinas de flujo axial y radial



A) Microturbina de flujo radial



B) Turbina de flujo axial

El aire comprimido entra en el intercambiador de calor y se calienta a una temperatura elevada antes de entrar en la turbina de expansión.

El aire calentado de descarga será ampliamente útil para aplicaciones de cogeneración porque no contendrá hidrocarburos no quemados u otros productos de combustión tales como monóxido de carbón.

De la misma manera, la ausencia de las emisiones relacionadas con la combustión aumentara el número de lugares, sitios aceptables, donde implementar generación de energía eléctrica para su distribución.

El alto alivio de energía obtenido del proceso BLSMTM simplifica el sistema de abastecimiento de combustible y reduce costos mediante la eliminación de la necesidad de tanques de almacenaje de combustible o el abastecimiento de combustible entubado.

El hidrógeno como combustible puede ser abastecido por un sistema de electrólisis comercialmente disponible para unidades de tamaño pequeño a mediano, mientras que los sistemas químicos reformados pueden ser más eficientes y de costos mas bajos para la producción de hidrógeno en sistemas más grandes.

En ambos casos, el agua con la composición normalmente requerida sería una pequeña fracción del consumo de agua del lugar en que se halle instalado, sin requerir ningún mejoramiento al abastecimiento de agua existente o a los sistemas de distribución.

Las simplificaciones anotadas arriba se anticipan considerablemente a contrarrestar los costos asociados con el sistema de producción de calor a partir de celdas de energía de hidrógeno e intercambiadores, que resultan en costos de inversión comparables con el equipo convencional.

Los ahorros de combustible que se pueden aprovechar para la generación distribuible de energía se determinaron suponiendo un factor de uso del 70%, 20

años de vida económica, 20%/año de descuentos clasificados y 30% de eficiencia térmica. Los resultados oscilaron desde aproximadamente \$1000/kWe a un costo de combustible de \$3/MBTU (\$0.30/unidad térmica de gas natural) a \$2000/kWe a un costo de combustible de \$6/MBTU (\$0.75/galón de diesel).

El costo mas alto de combustible para la generación distribuable (relativa a la generación en estaciones centrales) se traduce en costos de inversión diferenciales más altos que permiten la paridad económica, proveyendo una gran confianza en su superioridad económica sobre las opciones actuales de generación de energía distribuable.

Mediante la eliminación de emisiones y requerimientos de abastecimientos relacionados con la combustión, conjuntamente con las ventajas económicas sobre las opciones actuales, el proceso BLSMTM ofrecen la considerable potencialidad de expandir el despliegue de generación de energía para su distribución.

CAPITULO 4
EVALUACIÓN DEL CONCEPTO EHC

CAPITULO 4

EVALUACIÓN DEL CONCEPTO EHC

Esta sección discute los resultados de la evaluación del concepto. Las subsecciones 4.1 y 4.2 dirigen la validez de la teoría y la base experimental para la generación de calor desde el proceso EHC.

Las subsecciones 4.3 y 4.4 dirigen la potencialidad inicial de los productos y sus características económicas y ambientales proyectadas, considerando que la aplicación del proceso se aprueba y es comercialmente viable.

4.1 TEORÍA

La teoría del átomo de hidrógeno generalmente aceptada y los modelos más amplios de mecánica cuántica sobre los que se basa, son apoyados por un cuerpo duradero de modelos analíticos y observaciones empíricas.

Las matemáticas y los datos empíricos involucrados son de la magnitud y complejidad suficiente como para apoyar años de estudio y controversia antes de la aceptación de nuevos desarrollos o cambios importantes en interpretaciones aceptadas.

La teoría de Mills propone cambios en la interpretación de fenómenos de la mecánica cuántica del átomo de hidrógeno y de otros fenómenos físicos en una escala no vista desde inicios de este siglo.

Así, no es sorprendente que la teoría haya sido discutible y no fácilmente aceptada por la comunidad científica. Sin embargo, parece que un gran y dilatado número de científicos han tomado esta teoría muy seriamente.

La teoría de Mills se ha documentado en una serie de publicaciones. Una revisión de una de las publicaciones fue documentada por el Instituto de Graduados de Ciencia & Tecnología de Oregon, y en resumen afirmaba:

"Es seguro que la entereza de su básico, aunque inusitado, enfoque de la teoría cuántica, combinado con resultados experimentales convincentes, debería convencer eventualmente a la comunidad científica de una manera definitiva. Como la evidencia en apoyo a la existencia del hidrino se ha ido acumulando, parece que esta aceptación total ya ha sucedido."

Penn State ha empleado un esfuerzo considerable en revisar la teoría y su derivación matemática, indicado una creencia fuerte en la importancia y validez general de teoría de Mills.

El Dr. Mills piensa, sin embargo, que se necesita que otros científicos lleguen a interesarse y comiencen a trabajar sobre el desarrollo matemático de la teoría, y cree que la mejor manera para hacer que esto suceda es trabajar sobre dispositivos de generación de energía y expandir la evidencia empírica (en base a los experimentos exitosos antes descritos) para apoyar la teoría.

Uniforme con este punto de vista, la atención se enfocó en la existencia de los resultados postulados - el hidrino - y el grado de confianza otorgado por la observación de un aumento de energía en las experimentaciones con celdas conducidas por HPC Corp. y otros. Los experimentos con celda se siguen en la sección 4.2, y el caso para la existencia del hidrino se dirige más adelante.

4.1.1 HIDRINO - OBSERVACIONES DE LABORATORIO

Si la teoría es válida, debería esperarse el encontrar hidrino como un producto residual de la operación de las celdas EHC, pero el hidrino no se detectaría fácilmente a causa de su predecido alto grado de estabilidad, su formación relativamente inerte, y su esperada tendencia a difundirse fácilmente.

Dos métodos para detectar al hidrino como un subproducto de las reacciones en las celdas han estado presentes en la literatura abierta, y un tercero ha sido recientemente avanzado por HPC Corp. como se resume más adelante:

ESPECTROSCOPIO FOTOELECTRÓNICO DE RAYOS X (XPS) - El XPS se usó para buscar evidencia de la presencia de hidrinos sobre la superficie del material catódico de las celdas electrolíticas.

El procedimiento XPS utiliza una fuente radiográfica de fotones para ionizar átomos y medir la energía cinética de los electrones emitidos. La energía propia de los electrones emitidos puede determinarse a partir de su energía cinética y la energía de fotón conocida.

Del procedimiento resulta un espectro formado por los picos de energía de los materiales presentes en el espécimen. La energía propia para una $n =$ hidrino debería ser de 54.4 eV según el modelo de Mills.

Los datos XPS se desarrollaron a partir de especímenes EHC por el Centro Zettlemoyer para el Estudio de Superficies de la Universidad Lehigh, con datos confirmatorios independientes producidos por el Laboratorio Nacional de Ingeniería de Idaho y por Charles Evans & Asociados. Los datos XPS se reportaron para los siguientes especímenes:

- Una lamina de Nickel tomada del cátodo que había operado con electrolito de K_2CO_3 (sin calorimetría).

- Un alambre de Nickel del cátodo que había operado con electrólito de K_2CO_3 en una celda en la que se midió la producción de un aumento de calor.
- Un alambre de Nickel del cátodo que había operado con electrólito de Na_2CO_3
- Electrodo de níquel (especímenes puros, calentados, y oxidados)

Un gran pico se observó en la vecindad de la energía predecida de 54.4 eV propia del hidrino para los primeros dos de los casos pero no para los muestreos restantes. Los otros picos cercanos se identificaron como asociados con el níquel e impurezas conocidas en los muestreos. Se concluyó que el gran pico observado fue producido por hidrinos presentes en los muestreos que habían operado como cátodos en celdas con electrólito de K_2CO_3 . Los datos presentados son sustentadores de esta conclusión.

En discusiones subsiguientes, Mills constató que el ensanchamiento del pico es ocasionado por el esparcimiento Compton, y que algunas variaciones en los niveles medidos de energía pueden esperarse en las mediciones del XPS.

Los datos XPS antes inéditos, asociados con la identificación del hidrino, se hicieron disponibles por HPC Corp. durante el curso de una evaluación.

Se han conducido pruebas adicionales con XPS sobre materiales del electrodo de carbón vítreo tomados de una celda electrolítica por la Universidad de Lehigh. El uso de los electrodos de carbón elimina los grandes picos asociados con el níquel que estaban presente con los electrodos de níquel y así se reduce la potencialidad para picos secundarios en las regiones de energía donde se esperaría la presencia de hidrino.

Debido a las conclusiones de todas las investigaciones tanto teóricas como experimentales antes presentadas, así como en los resúmenes aquí presentados, es posible determinar que las bases del proceso de EHC dadas por el Dr. Mills son totalmente aceptables y por lo mismo aplicables.

4.2 DESEMPEÑO DE LOS PROTOTIPOS

Esta sección dirige los desempeños de laboratorio de las celdas que se construyeron y operaron según el concepto de EHC para la producción de energía.

4.2.1 CELDA DE ELECTRÓLITO A BASE DE AGUA (BAJA TEMPERATURA)

La celda de 1990 era una unidad pequeña en la que se utilizó un recipiente medio de litro y 100 ml de electrólito.

La celda Calorimétrica estaba basada en la calibración de la resistencia térmica para la pérdida de calor, que fue diseñada para ser predominantemente de conducción, basada en el traslado de calor al medio ambiente.

Un calentador de resistencia se incluyó en la celda para apoyar la determinación de la resistencia térmica para la pérdida de calor en la celda, y el calentador se operó, en muchos de los casos, conjuntamente con la energía aplicada a los electrodos. El aumento de energía fue calculado mediante la diferencia entre las pérdidas de energía de la celda:

- Pérdidas por traslado de calor al ambiente

- Energía de electrólisis del agua

... y los aportes de energía a la celda:

- Energía de calentamiento de la resistencia

- Energía a los electrodos de la celda

Las cantidades de pérdidas de energía y de energía de aporte eran pequeñas, variando desde una fracción de Watt a unos cuantos Watts.

La celda de 1994 representó un avance considerable sobre la celda anterior. El tamaño más grande y aumentado de los niveles de poder redujeron incertidumbres de medida, mientras que el condensador instrumentado proveyó una medida directa de pérdida de calor de la celda.

Así, las corridas de calibración constituyeron tanto un chequeo sobre la eficacia de aislar el condensador, como la trayectoria de remoción de calor dominante, mostrando una concordancia entre el aporte de energía y la remoción de calor mediante el condensador.

Se anotó que durante las corridas de electrólisis, una trayectoria adicional de remoción de calor se proveyó por medio de el acarreador de vapor y una pérdida sensible de calor desde el afluente de gases.

Esto resultaría en una subestimación de la producción de energía en la celda y una subestimación correspondiente en el aumento de energía de la celda. Los resultados de esta experimentación parecen proveer un caso convincente de la generación de un aumento de energía.

La confirmación independiente del exceso de calor a partir de celdas electrolíticas sobre períodos largos de tiempo se ha documentado, incluyendo los siguientes casos:

V.C. Noninsky del Laboratorio de Electroquímica de Interface Renovada de Solución de Electrodo, en Sophia, Bulgaria, condujo un experimento con una celda con electrólito de $\text{H}_2\text{O}/\text{K}_2\text{CO}_3$ y electrodo de níquel como parte de una visita al Colegio Franklin y Marshall. Informó la evidencia de una excesiva producción de calor.

Un trabajo se condujo en el Centro de Investigación de Catálisis de la Universidad de Hokkaido en Japón para medir el calor excesivo en celdas de $\text{H}_2\text{O}/\text{K}_2\text{CO}_3$ y $\text{H}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{CO}_3$ y electrodos de níquel, oro, plata y estaño. Se informó un calor excesivo para la celda de electrodo de níquel y el electrólito de $\text{H}_2\text{O}/\text{K}_2\text{CO}_3$ conjuntamente con algunas de las otras celdas operadas en el Centro.

Las medidas adicionales de calor en exceso en las celdas con electrólito de $\text{H}_2\text{O}/\text{K}_2\text{CO}_3$ y electrodo de níquel se han documentado en la tercera conferencia anual sobre la fusión fría en 1992.

Ingenieros del Instituto de ingeniería en energía de Moscú informaron la producción de energía "fiable y continua durante los últimos tres meses".

Y de esta manera se han informado aumentos excesivos de calor y energía a partir de celdas hidrocatalíticas en instituciones tales como:

- Laboratorio Wright de Materiales de la Fuerza Aérea.
- Centro Lewis de investigaciones de la NASA.
- INEL, Westinghouse, y Laboratorios MIT Lincoln.

Mientras tanto, HPC Corp. ha concluido que las celdas electrolíticas a base de agua ofrecen poca potencialidad comercial, y se ha dirigido hacia las celdas de gas como se discute más adelante.

4.2.2 CELDAS DE GAS

Como se ilustra en la sección 3.2, las celdas de gas son un desarrollo reciente y han experimentado una evolución rápida desde las celdas de difusión de hidrógeno/solución acuosa.

La producción de un exceso de energía en el concepto de celda de difusión de hidrógeno/solución acuosa ha sido medido por Thermacore.

Como se anoto en la sección 3.2.2, la prueba de celdas de EHC por Penn State indicó la producción de un exceso de energía por celdas de EHC.

Los documentos donde se asentaron estos resultados se revisaron y las bases para las conclusiones con respecto a la producción del aumento de energía se confirmaron.

Sin embargo, el mayor esfuerzo por analizar el aumento de energía se dirigió hacia las celdas de fase de vapor, de estas se tienen las mayores promesas y son el foco actual de los esfuerzos de HPC Corp. por desarrollar un producto comercialmente viable.

Los datos obtenidos por HPC Corp. se revisaron y usaron para calcular los valores de aumento de energía previstos en la sección 3.3 para la Lámpara de Vaso AT - MAR (Fig. 3-3) y las celdas con calorímetro Isotérmico (Fig. 3-5a,b).

El **Calorímetro Isotérmico** es un dispositivo relativamente simple donde la pérdida de calor es proporcional a la temperatura, y la cantidad de energía de aporte requerida por el dispositivo a una temperatura determinada se mide debajo diversas condiciones activas.

La celda de **Calorímetro Calvet** es un dispositivo mucho más pequeño que la celda de Calorímetro Isotérmico, tanto desde el punto de vista del tamaño físico como de la gama de energía de aporte.

Sin embargo, cuando se puso adentro un horno, proporciono un mejor control de temperatura de funcionamiento y una determinación mucho más precisa de la producción de energía térmica en la celda.

En la Universidad de Penn State se realizo un experimento en el que una cantidad fija de hidrógeno (la cantidad de hidrógeno en el recipiente de la Fig. 3-6) estaba disponible en la celda manteniendo abierta la válvula del recipiente de hidrógeno.

La energía en el sistema fue declinando lentamente desde un valor inicial de poco mas de 0.05 Watts a menos de 0.01 Watts en un periodo de varios días. Esta característica era uniforme con un agotamiento del hidrógeno en la celda durante la experimentación.

Los análisis iniciales de los resultados indican la producción de energía sobre la orden de 20 veces la que sería generada por la combustión hipotética del hidrógeno en la celda de prueba. Los datos producidos por la celda de vapor con Calorímetro Calvet de HPC Corp. y Penn State provee un fuerte apoyo para Validar los conceptos de aplicación del sistema EHC

La celda de **Metal Hidrogenado** ha producido el nivel de energía más alto y la densidad de energía más alta desde cualquiera de los enfoques. Las mediciones

de la presión en la celda como respuesta a la energía aplicada al filamento han confirmado la eficacia del cable hidrogenado como fuente de hidrógeno.

Este enfoque es un medio efectivo para obtener concentraciones adecuadas de átomos de hidrógeno para probar y también para mejorar la comprensión del proceso de reacción.

No sería un proceso ideal para la aplicación comercial general a causa de los límites sobre la cantidad de hidrógeno que puede almacenarse y la necesidad resultante de reemplazar periódicamente los componentes de metal hidrogenado a diferencia de una alimentación continua de gas de hidrógeno, y podría mostrar también reducción de desempeño de acuerdo a la reducción del hidrógeno almacenado.

Sin embargo, podría tener potencialidad comercial en situaciones limitadas de operación tales como aplicaciones de respaldo de energía. A corto plazo, podría tener un papel importante como medio de demostración convincente de la producción de energía.

La celda de polvo de Tungsteno está siendo desarrollada como medio para obtener una alta concentración de átomos de hidrógeno a lo largo del volumen de celda de reacción.

El polvo de tungsteno provee una gran área de superficie que puede servir para disociar las moléculas de hidrógeno cuando se operen a temperaturas elevadas.

Los resultados iniciales que fueron informados por HPC Corp. indicaron poco mas de 10 Watts de energía (mas de 10% de la energía de aporte) tomados desde el dispositivo ilustrados en la Fig. 3-8 usando 2.1 centímetros cúbicos del polvo de tungsteno y operando a 550°C.

Este concepto está a una etapa muy temprana de desarrollo, y las enmiendas y pueden esperarse refinamientos importantes al dispositivo.

Por ejemplo, el dispositivo inicial permitió comunicación entre la región exterior que contiene el elemento de calefacción y la región interior que contiene el catalizador y el compuesto de polvo de tungsteno.

4.2.3 CELDA DE FASE DE VAPOR.

HPC Corp. comenzó a trabajar sobre el concepto de celda de fase de vapor en enero de 1996.

Los conceptos de celda de fase de vapor son apreciablemente más simples en su construcción y operación que las celdas electrolíticas anteriores, proveyendo menos espacio para errores como una base para la explicación del aumento de energía observado.

Además, la cantidad de energía producida aumenta a niveles que excluyen un error de instrumento como una explicación posible.

Así, las celdas de fase de vapor tienen la potencialidad para proveer un caso mucho más convincente para el concepto EHC que las celdas anteriores.

Los recientes resultados de la celda de vapor producidos a partir de EHC indican un avance rápido en la producción y desempeño de celda de poder en cada una de las configuraciones del dispositivo. Dados estos adelantos, HPC Corp. se concentra en el concepto de celda de vapor de gas para el desarrollo del concepto total y de las pruebas.

Se han definido tres valores para la densidad de energía. Los primeros dos presumen una zona de reacción primaria dentro de 1 o 2 mm de la superficie de disociación de hidrógeno (filamento) y calculan una densidad de energía con base en el volumen resultante de reacción.

Tabla 4.1 Comparación de densidades de energía estimadas

Tipo de celda	Volumen (cc)	Energía (watts)	Densidad de energía, W/cc		
			Radio de zona de reacción		celda
			1 mm	2 mm	
Lampara AT-MAR	150	2	4	1	0.013
Calorímetro Isotérmico	2500	40	6.4	1.6	0.016
Calorímetro Calvet	20	0.5	1.6	0.4	0.025
Metal hidrogenado	150	540	80	20	3.6

Este enfoque es de más importancia con respecto a la potencialidad de desarrollo del concepto porque los dispositivos pueden diseñarse tal manera que la zona primaria de reacción comprenda toda la cámara de reacción.

El tercer valor es un promedio de la densidad de energía con base en el volumen total del artículo de prueba, que es de menos importancia desde la función de los aspectos de diseño del artículo de prueba más que de las características del proceso.

El progreso logrado por HPC Corp. sobre las celdas de fase de vapor, que solo ha estado bajo desarrollo por ocho meses, es impresionante y es indicador de la potencialidad para el adelanto de este concepto.

Los puntos esenciales a revisar sobre la celdas de energía son:

Densidad de Energía - La densidad de energía lograda en la sección de reacción de las celdas de energía maneja el tamaño de las celdas como una función del rendimiento de energía.

Si se requiere la operación a alta temperatura, los costos de materiales por el volumen de unidad de la celda de energía puede ser considerable.

El costo de almacenaje de combustible, equipo de combustión y manipulación, más los sistemas de control de emisiones de un sistema basado en petróleo como combustible se reemplazaría con el costo de los sistemas de almacenaje o producción de hidrógeno más la celda de energía y apoyos auxiliares.

A partir de los datos totales, la densidad de energía en la gama de 1 a 10 W/cc parece haberse logrado (y quizás tan alto como 80 w/cc en la celda de metal hidrogenado). HPC Corp. proyecta un límite superior teórico de densidad de energía

de 55,000 w/cc, que esta más allá de lo que es necesario o prácticamente manejable.

Control - Los siguientes puntos deben revisarse en base a una aplicación de generación eléctrica, consideraciones similares se observarían para aplicaciones de poder de móvil o de calentamiento.

Encendido - El primer aspecto de control a considerar es comenzar un sistema y lograr un modo activo inicial estable para la operación de energía. Como se ha previsto, la zona de reacción de la celda de energía tendría que ser llevada a una temperatura elevada y el proceso de reacción se debe iniciar y estabilizar a un mínimo nivel autosustentable por la introducción y control de las densidades atómicas de catalizador e hidrógeno. Esto tendría que ser logrado por la celda de energía en coordinación con la operación del equipo de conversión de energía.

Operación de energía - La operación de energía requeriría de la capacidad para lograr y mantener una operación estable a cualquier nivel de energía en la gama activa, y para aumentar o disminuir el rendimiento de celda de energía a los niveles de respuesta requeridos por el sistema de conversión de energía para una gama de operación normal y condiciones transitorias.

Reducción - La reducción incluye una gama de condiciones que van desde disminuciones lentas en el nivel de energía al paro total. Las características y

requerimientos de la celda de energía y sistemas auxiliares de apoyo para la reducción o paro en la generación de energía y el enfriamiento tendría que ser integrado con los requerimientos y características correspondientes del equipo de conversión de energía.

Si se requiere que la celda de energía opere a temperaturas altas con componentes cerámicos (p. ej., el aislamiento térmico), controlar tensiones térmicas cíclicas para apoyar un diseño debe ser un requerimiento primario que conduzca el diseño del sistema.

La respuesta dinámica del reactor de hidrocatálisis y la respuesta térmica de la celda de energía necesitarán apoyar el diseño del sistema de control y operación.

4.3 APLICACIONES Y PRODUCTOS PROYECTADOS

La tecnología EHC necesita un proceso sistemático de desarrollo tecnológico y de mercado para llevar de lleno su tecnología a la práctica comercial.

Tal proceso debe ajustar los atributos de tecnología con las oportunidades de mercado e identificar los blancos comerciales para la tecnología final, así como también con las oportunidades para la penetración temprana del mercado.

Una encuesta breve de las aplicaciones industriales de energía fue conducida para obtener una impresión inicial del perfil del mercado.

En un amplio sentido, EHC ofrece una nueva opción de combustible a la industria energética. Su aceptación en el mercado se mejorará si puede utilizarse con una mayor reutilización del equipo de generación de energía existente.

Idealmente, el reactor de hidrocatálisis (o un bucle secundario de traslado de calor) se adaptaría dentro del envoltorio requerido actualmente para el traslado y generación de calor.

Por ejemplo, la zona de combustión de la turbina de gas a partir del combustible es el lugar en el que la mezcla combustible/aire se enciende y quema antes de la expansión mediante la turbina de poder.

Una aplicación potencial del reactor de hidrocatálisis es reemplazar la función del quemador de combustible.

El espacio ocupado por la zona de combustión para las turbinas comerciales de gas, expresado como densidad de energía, se estima que esta en la gama de 50 a 150 kWatts por litro.

Sobre esta base, la densidad de poder de un reactor Hidrocatalítico que esta en la vecindad de 100 kwatts por litro es aceptable.

Con base en los atributos actualmente percibidos del reactor de Hidrocatálisis, una aplicación inicial probable es la de reemplazar el quemador de combustible usado para energizar las turbinas de gas.

Durante varios años, la tecnología de turbina de gas ha sido el foco de atención del gobierno y la industria en el patrocinio de esfuerzos por reducir contaminantes y mejorar la utilización de carbón y gas natural.

Además, varios conceptos innovadores de turbina pequeña se han introducido recientemente en el anticipo de un nuevo mercado en el activo de generación de energía para la distribución. Los méritos de esta aplicación incluyen:

Las turbinas de gas comprenden mas de la mitad de las últimas ventas de sistemas de generación y proliferan rápidamente en el mercado global. En el mercado actual de costos y con respecto al medio ambiente sensible, los conceptos de turbina de gas proveen costos de inversión bajas, y eficiencias térmicas que abordan el 60% en aplicaciones de ciclo combinado.

El régimen relativo de temperatura y sofisticación de los sistemas avanzados de turbina parecen ser compatibles con la Interface del reactor de Hidrocatálisis, es decir, temperatura alta (en la vecindad de 1400°C) y tecnología de intercambio de calor.

Existen mercados considerables para unidades en la gama de unos cientos de kWatts a unos cuantos MWatts, es decir, unidades suficientemente grandes para realizar créditos para el control de la contaminación y para apoyar económicamente sistemas auxiliares (p. ej., generación de hidrógeno, el precalentador del reactor y los sistemas de vacío), aún dentro de la gama de un programa de pruebas de unidades múltiples.

General Electric, Westinghouse, Allison Engine, y Caterpillar's Solar Turbines participan en un proyecto de costos compartidos (25%) para el desarrollo avanzado de turbinas con sistemas de encendido de gas natural.

Además, Hague International participa en un concepto innovador llamado "ciclo de combustión indirecta" para sistemas de quemado de carbón, que emplea un permutador cerámico de calor para proteger la turbina de los gases de combustión.

Esta tecnología de permutador de calor puede ser aplicado a la Interface del reactor de Hidrocatálisis.

Otras dos innovaciones recientes en la tecnología de turbina de gas son el Turbogenerador Capstone y el conjunto de Generador de Turbina de Gas y Turbinas Solar T-300. Ambas son máquinas relativamente eficientes (30 y 40%), pequeñas (24 y 300 kWe), y de alta velocidad (96,000 y 37,000 r.p.m.) que emplean generadores de imán permanente directamente acoplados y tecnología electrónica de conversión de energía.

Estos atributos proveen máquinas excepcionalmente compactas, que pueden bien favorecer la generación/cogeneración de energía para la distribución en el mercado. Sus aletas de turbina de temperaturas algo más bajas ($\approx 800^{\circ}\text{C}$) pueden ofrecer un requerimiento menos exigente de Interface inicial para la incorporación de un reactor de hidrocatálisis.

Por supuesto, existe un espectro amplio de otras aplicaciones potenciales y oscila desde el ciclo Rankine para la generación de electricidad al uso directo de calor, y es bastante posible que la investigación adicional dará a conocer las aplicaciones para las que la hidrocatálisis se capacita idealmente.

Dada su potencialidad para provocar cambios profundos en la industria de la energía, un mercado de consideración temprana es el de las "unidades funcionales de demostración".

Unidades pequeñas que pueden usarse para demostrar la generación elemental de calor desde el proceso de hidrocatálisis serán de interés para desarrolladores industriales del producto.

Se recomienda que el programa de desarrollo de sistemas de hidrocatálisis proceda desde el principio con los medios para adquirir y asimilar información del mercado.

Además de identificar el blanco comercial para orientar el trabajo técnico y de mercado como una fuente temprana de flujo de ingresos, se debe tener conocimiento del usuario final con el fin de definir requerimientos técnicos de diseño y establecer costos/precio deseado.

4.4 ECONOMÍA Y CONSIDERACIONES AMBIENTALES

A un nivel conceptual, un proceso que obtiene muchas veces más energía por volumen de unidad de agua, que esta mas disponible que el petróleo, debe tener una ventaja económica importante sobre las fuentes existentes de energía.

Asimismo, la ausencia de productos de combustión u otros subproductos típicos de derroche es una ventaja ambiental importante. Estas perspectivas se dirigen en las subsecciones siguientes.

4.4.1 COSTO - BENEFICIO

La capacidad para extraer cantidades apreciablemente más grandes de energía del hidrógeno por medio de la EHC con relación a los procesos químicos convencionales es fundamental a la economía.

Por lo ya visto, suponiendo un alivio promedio de energía de 100 electron-volt por átomo de hidrógeno, el contenido de energía de un pie cúbico estándar de hidrógeno estaría sobre 23,000 Btu/ft³, en comparación con el contenido de energía del hidrógeno a partir de el proceso de combustión de aproximadamente 340 Btu/ft³.

En otra comparación, el contenido neto de energía de agua estaría sobre 30 veces el contenido de energía de gasolina. Así los costos de combustible para este concepto no contribuirían significativamente al costo de generación de electricidad, que sería determinado por el capital y los costos de mantenimiento y operación.

En su resumen de negocios, HPC Corp. proveyó los siguientes datos sobre costos comparativos de generación de electricidad:

El EPRI (Electric Power Research Institute) fue citado como fuente informativa del costo de las fuentes mas competitivas de energía, anotando que la estimación de costos no incluyó gastos externos.

Tabla 4.2 Proyecciones comparativas de costos

Fuente de energía	Costo (\$/kWh)/100
Carbón	4 - 5
Gas natural	4 - 5
Petróleo	4 - 5
Nuclear	5 - 6
Hidroeléctrica	4 - 7
Hidrocatálisis	< 1

Para consideraciones de este análisis sólo se tomarán en cuenta el carbón y el gas natural. Se consideraron en función de que estas opciones representan las formas dominantes de combustible de las nuevas adiciones de capacidad de generación para el futuro cercano.

Usando las proyecciones del costo en dólares para el año 2000, consideradas para una gama de factor de capacidad de 60-100% y variaciones regionales, los rangos mostrados en la tabla 4-3 fueron desarrollados para la generación por medio de carbón y gas con costos de combustible de alrededor de \$1.25/MBTU para el vapor de carbón y \$2.20/MBTU para el gas natural.

Para el proceso Hidrocatalítico, se presumió una configuración de ciclo combinado con turbina de gas, uniforme con la discusión de la sección 4.3, con reducciones por pérdidas parásitas asociadas con la generación electrolítica de hidrógeno ($\approx 5\%$ de generación bruta) y una reducción en la eficiencia de ciclo (debido a las limitaciones de temperatura del material de la cámara de reacción) relativa a una turbina de combustión.

Estos resultados se muestran también en la tabla 4-3. En la práctica, la conversión de vapor de metano puede ser un medio más económico para producir el hidrógeno que el proceso de electrólisis antes presumido, pero la diferencia en el costo no afectaría significativamente a los resultados.

En resumen, aunque la ventaja de costo del proceso puede ser menor que lo proyectado por HCP Corp., es todavía considerable.

Tabla 4.3 Proyecciones comparativas de costos revisada para el año 2000

Fuente de energía	Costos (\$/kWh)/100
Carbón	4 - 5.5
Gas natural	3 - 4
Hidrocatalísis	1.5 - 2

Dado el consumo total de electricidad mundial actual, calculado en 1013 kWh/año, una acción proyectada del mercado de 33%, y una ventaja diferencial de costo de 2¢/kWh, se obtiene un total de \$66 Billones/año.

Esto se debe considerar para presentar una proyección razonable del valor potencial de la aplicación del concepto EHC a través del mundo en el sector eléctrico.

El análisis anterior no considera la ventaja del costo del concepto EHC asociado a factores externos tales como las consideraciones ambientales discutidos en la sección 3 y en la presente.

Los esfuerzos políticos de desarrollo para cuantificar y evaluar los costos de estos factores externos continúan, y pueden resultar en una ventaja adicional de costo que aborda el 2¢/kWh antes anotado.

4.4.2 CONSIDERACIONES AMBIENTALES

Las cantidades de consumo de agua, y la producción de hidrino y oxígeno para 1000 MWe basadas en la hidrocatalisis a partir de la combinación de celdas hidrocatalíticas y unidades de turbina de gas de ciclo abierto se estimaron, con suposiciones, y los resultados se mostraron en la Tabla 4-4.

Los valores de esta tabla están en base a múltiples estados fraccionales cuánticos de las transiciones estatales de hidrógeno que tendrían lugar en el reactor sobre un promedio de 100 eV de energía liberada por átomo de hidrógeno producido como combustible.

Tabla 4-4 Representación de la planta de EHC

Descripción	Valor
Capacidad de la planta	1000 Mwe
Eficiencia térmica neta	45 %
Liberación de energía del H ₂	100 eV/átomo de H
Consumo de agua	47,500 Galones/día
Producción de oxígeno	176 Tons/día

El mecanismo de desproporcionalidad podría manejar la reacción a niveles inferiores de reducción, y a alivios más grandes de energía.

Se presume la producción de hidrógeno por electrólisis con un 80% eficiencia del uso de energía, con un 5% de la generación bruta usada en el proceso de electrólisis.

La eficiencia térmica neta de 45% incluye esta pérdida del 5%, conjuntamente con una reducción en la eficiencia debida al uso de la turbina de gas y a las unidades de ciclo combinado y a la necesidad de una superficie de intercambio de calor entre el aire y el gas de reacción EHC.

Los factores ambientales asociados con la combustión de carbón, de gas, y la generación basada en la hidrocatálisis se comparan en la Tabla 4-5.

La celda de gas del proceso EHC permite la liberación de oxígeno durante la producción de hidrogeno como combustible a partir del agua.

Tabla 4-5

fuelle de energía	Producción de combustible	Transportación de combustible	Productos generados
Carbón	No _x , CO _x , SO _x , Partículas, Hidrocarburos	No _x , CO _x , SO _x , Partículas, Hidrocarburos	No _x , CO _x , SO _x , Partículas, Hidrocarburos
Gas natural	Hidrocarburos	No _x , CO _x , Hidrocarburos	No _x , CO _x , Hidrocarburos
Hidrocatálisis	Oxígeno		No _x , Hidrinos

El oxígeno es actualmente una mercancía vendible, sin embargo, las cantidades producidas por la generación de electricidad por Hidrocatálisis, para una penetración en el mercado, excederían por mucho la demanda, lo que resultaría en un alivio al medio ambiente.

El alivio de oxígeno será un beneficio ambiental neto, reemplazando algunas de la fuentes de oxígeno perdidas por el agotamiento de los bosques de lluvia tropicales, aunque la magnitud del alivio desde el hidrocatalizador sería apreciablemente menor. Para la configuración de turbina de gas, se espera que la producción de NOx (Nitratos) ocurra en la zona de alta temperatura alrededor del hidrocatalizador y, mas abajo en el flujo, en el permutador de calor.

Como se indica en la tabla de arriba, los productos del proceso de Hidrocatálisis sería mucho menos pernicioso al ambiente que las opciones primarias existentes para la generación de energía.

A pesar de las características aparentemente benignas del proceso EHC, es concebible que alguna oposición podría provenir del consumo permanente de agua en la producción de hidrógeno.

Se hizo una estimación del consumo de agua que supone la producción del 33% del consumo de electricidad mundial total actual por medio del proceso de EHC con parámetros activos uniformes con la Tabla 4-4.

Esto dio como resultado un consumo anual de agua de 6.6×10^9 galones de agua. Aunque esto parece ser una cantidad importante, tomaría 370,000 años a este ritmo para consumir una pulgada de agua de los océanos.

RESUMEN Y CONCLUSIONES

RESUMEN Y CONCLUSIONES

Es necesario considerar la importancia potencial de las teorías desarrolladas por HCP Corp. o de sus aplicaciones prácticas.

Al ser validada, la teoría representa uno de los adelantos fundamentales en la historia de la ciencia, revisando modelos de materia y energía desde el nivel subatómico hasta la historia y estructura del universo.

Si se reduce a la práctica como una nueva fuente de energía, como fue proyectada por HPC Corp., el concepto tendrá un efecto profundo sobre la estructura económica, política y social a nivel mundial.

Parecería inverosímil que un descubrimiento de tal magnitud proviniera de comienzos tan oscuros. Sin embargo, los resultados de esta evaluación indican que mientras parece ser inverosímil, también es cierta.

Los siguientes puntos se deben anotar:

La base teórica para el concepto HPC se publicó originalmente en 1989, y ha permanecido esencialmente constante en sus elementos fundamentales desde

entonces, ganando respecto y atención debido al número creciente de observaciones y validaciones a nivel atómico y astrofísico.

HPC ha usado la teoría para orientar el desarrollo de las celdas de energía basadas en el alivio de energía a partir del hidrógeno por una reacción catalítica que permite al hidrógeno lograr niveles de energía mas bajos que los observados en el "estado natural".

Los dispositivos experimentales han evolucionado desde una celda electrolítica basada en agua que opera a densidades bajas de energía y temperatura, a celdas de gas de hidrógeno que operan a densidades crecientes de energía y temperatura.

El éxito al aplicar la teoría para la generación de energía eléctrica es un factor importante para apoyar su aceptación general.

Un punto de vista generalizado entre individuos técnicamente capacitados que han trabajado con las celdas de electrólisis desarrolladas por HPC Corp. es que alguna forma de calor excesivo se ha producido y que este no es explicable por procesos químicos convencionales.

Una conclusión de esta evaluación es que los datos tomados a partir de los experimentos realizados en celdas electrolíticas son suficientes como para demostrar la producción de un calor excesivo, el cual se puede aplicar en la generación de energía eléctrica a nivel comercial.

HPC comenzó a trabajar sobre celdas basadas en gas de hidrógeno desde hace un par de años y ha desarrollado recientemente (a principios de enero de 1996) un concepto relativamente simple de fase de vapor.

El análisis de datos obtenido de HPC Corp. indica densidades de energía en la gama de 1-4 Watts/cc, y otros tan altos como 30 Watts/cc se han obtenido.

El progreso logrado por HPC Corp. sobre el concepto de fase de vapor desde los últimos ocho meses ha sido impresionante y provee una base de optimismo con respecto a la potencialidad comercial de este concepto.

HPC ha desarrollado y refinado procedimientos para la identificación de átomos de hidrógeno de baja energía, llamados hidrinos, y moléculas de hidrógeno de baja energía, llamadas dihidrinos, producidos durante la operación de sus celdas.

La evidencia que apoya la existencia de hidrinos y dihidrinos ha sido desarrollada por HPC Corp. y por laboratorios independientes.

Los indicios uniformes con las características proyectadas de los hidrinos han sido obtenidos a partir de tres procedimientos independientes.

Westinghouse ha seguido los trabajos de HPC Corp. por varios años, conduciendo pruebas independientes de celdas electrolíticas en 1993/94 mediante su Centro de Tecnología y Ciencia (STC).

Ellos han respaldado internamente el proyecto para revisar la información suplementaria sobre el concepto de EHC y para apoyar los experimentos de Penn State dirigidos hacia la identificación y caracterización del hidrino.

La teoría EHC y las características proyectadas del hidrino se han usado para explicar observaciones espectrales en el espacio profundo y en la aura solar.

HPC trabaja desde finales de otoño con el Laboratorio Nacional de Astronomía por Radio (NRAO) para conducir una serie de experimentos que puede proveer los resultados más concluyentes con respecto a la existencia del hidrino, y en el proceso pueden contribuir a una enmienda fundamental del modelo aceptado del universo.

Suponiendo que el concepto EHC sea aplicado de acuerdo a la teoría, el contenido de energía de hidrógeno estimado nominalmente sería por lo menos un

factor de 70 sobre la combustión de hidrógeno. En otra comparación, el contenido resultante de energía del agua sería por lo menos 30 veces el de la gasolina.

Suponiendo que el proceso se adaptase a una aplicación de turbina de gas, se proyecta una ventaja económica neta de 1 a 2.5¢/kWh relativa al ciclo combinado de turbina de gas usando gas natural. Con una acción en el mercado de 33% del consumo actual de electricidad mundial, 2¢/kWh se traduciría en \$66 Billones/año.

Los alivios al medio ambiente asociados con el proceso EHC estarían muy por debajo de los adjudicables a las unidades de combustible fósil que representan la mayor capacidad generadora existente así como las nuevas adiciones de capacidad proyectadas.

De hecho, el alivio de oxígeno debe ser considerado un beneficio, contrarrestando un poco la reducción en la producción oxígeno que se debe a la reducción de los bosques lluvia tropical.

Un posible interés ambiental podría provenir del hecho que el agua usada para producir hidrino se perderá permanentemente en el planeta. Sin embargo, se estimó que tomaría 370,000 años para consumir una pulgada del océano a un ritmo de abastecimiento del 33% del consumo actual de electricidad mundial.

Todos los desarrollos teóricos y experimentales al derredor del concepto EHC y de la celda de energía fueron fuertemente validados y respaldados por una gran gama de organizaciones de gran prestigio científico y tecnológico.

En todos los casos, los individuos involucrados han sido excepcionalmente capaces y profesionalmente capacitados para la dirección de las tareas necesarias para dar al concepto la posibilidad de integración con el sistema de energía a nivel comercial y para sistemas de utilización o conversión de calor.

En conjunto, existe un cuerpo importante y creciente de datos que apoyan la validez del concepto EHC; un progreso reciente provee una base fuerte para el optimismo con respecto al éxito definitivo de la aplicación de esta teoría a nivel comercial y; se tienen los puntos clave, apoyados por diseños auxiliares de integración y de sistemas de conversión, para dirigirse conjuntamente con el desarrollo del concepto en un producto comercial y de esta manera aumentar la densidad de energía mediante el establecimiento de celdas de energía.

En fin, este documento permite visualizar al sistema EHC como una fuente de energía de magnificas cualidades, que puede sustituir al consumo actual de combustibles fósiles en la generación de energía eléctrica, con los consecuentes beneficios al medio ambiente y a los actuales costos de producción.

REFERENCIAS

REFERENCIAS

1. "PHC: New Paradigm for Utilities", Mayo 13 de 1996.
2. Technology Insights, "HydroCatalysis Power Corp. Assessment", Julio de 1996.
3. "R. L. Mills y J. J. Farrell, "The Grand Unified Theory", Science Press (1989).
4. E. Storms y C. Talcott, "Proceedings of Workshop on Cold Fusión Phenomena.", Santa Fe NM, 23 a 25 de Mayo de 1989.
5. Jones, "Observation of Cold Nuclear Fusión in Condensed Matter", Nature, 338, 737, (1989).
6. M. Fleischmann, S. Pons y M. Hawkings, "Electrochemically Induced Nuclear Fusión of Deuterium", J. Electroanalytical Chem., 261, 301 (1989).
7. HydroCatalysis Power Corporation, "Business Summary" (1996).
8. N. V. Sidgwick, "The Chemical Elements and Their Compounds", Volume I, Oxford, Clarendon Press, (1950), p.17.

9. R. L. Mills y S. P. Kneizys, "Excess Heat Production by the Electrolysis of an Aqueous Potassium Carbonate Electrolyte and the Implications for Cold Fusión", *Fusión Technol.*, 20, 65-81, (1991).
10. R. L. Mills, W. R. Good y R. M. Shaubach, "Dihidrino Molecule Identification", *Fusión Technology*, 25, 103, (1994).
11. R. L. Mills and W. R. Good, "Fractional Quantum Energy Levels of Hydrogen", *Fusión Technol.*, 28, 1697-1719, (1995).
12. N. J. Gernert, R. M. Shaubach, "Nascent Hydrogen: an Energy Source", Reporte I 1 1124, Marzo de 1994.
13. "A Calorimetric Investigation of the Reaction of Hydrogen with Sample PSU #1", Report to HPC, (1994).
14. "Additional Calorimetric Examples of Anomalous Heat from Physical Mixture of K/Carbon and Pd/Carbon", Reportado por HPC Corp. (1996).
15. "Additional Examples of Anomalous Heat: Hydrogen Mass Balance", Reportado por HPC Corp. (1996).

16. R. L. Mills, "The Grand Unified Theory of Classical Quantum Mechanics", (1995)
17. R. L. Mills, "Unification of Spacetime the Forces Matter and Energy", Science Press (1992).
18. Carta dirigida a R. Mills, "Review of Unification of Spacetime the Forces Matter and Energy", 3 de Junio de 1994.
19. Mills, R., "Fractional Quantum Energy Levels of Hydrogen, Representative Recent Results, Prepared in 7/3/96", (1996)
20. Mills, R. "Identification of Hydrinos—Hydrogen Atoms in Fractional Quantum Energy Levels—by XPS (2~ray Photoelectron Spectroscopy)", (1996)
21. S. Labov y S. Bowyer, "Spectral Observations of the Extreme Ultraviolet Background", The Astrophysics Journal, 371, 810, (1991).
22. Farrell, J.; Mills, R.; Good W.; "An Alternative Explanation of Extreme Ultraviolet Emissions from Dark Matter", Astrophysical Letters and Communications (1993).
23. Mills, R., "A Search for Hydrino - A New Form of Hydrogen". (1995)

24. New Scientist Forum, "Happy Birthday, Helium", Abril, 1995.
25. V. C. Noninski, "Excess Heat During the Electrolysis of a Light Water Solution of K_2CO_3 with a Nickel Cathode", *Fusión Technology*, 21, 163 (1992).
26. R. Notoya, "Cold Fusión by Electrolysis in a Light Water-Potassium Carbonate Solution with a Nickel Electrode", *Fusión Technology*, 24, 202 (1993).
27. T. Ohmori, M. Enyo, "Excess Heat Evolution During Electrolysis of H_2O with Nickel, Gold, Silver, and Tin Cathodes", *Fusión Technology*, 24, 293 (1993).
28. R. T. Bush, "A Light Water Excess Heat Reaction Suggests that 'Cold Fusión' May Be 'Alkali-Hydrogen' Fusión", *Fusión Technology*, 21, 163 (1992).
29. M. Shrinivasan, et.al., "Tritium and Excess Heat Generation During Electrolysis of Aqueous Solutions of Alkali Salts with Nickel Cathode", 3ra. Conferencia anual sobre Fusión Fría (1992).
30. Patente de aplicación de Mills No. 07/825, 845, "Energy/Matter Conversion Methods and Structures".

31. N. J. Gernert, R. M. Shauback, "Nascent Hydrogen: An Energy Source", Reporte Final 11 -1 1 24 para el Wright Laboratory, Air Force Material Command (1993).
32. J. M. Niedra, I. T. Myers, "Replication of the Apparent Excess Heat Effect in a Light Water–Potassium Carbonate–Nickel Electrolytic Cell", Memorandum tecnico de la NASA 107167 (1996).
33. HPC Corp., "Experimental Verification by Idaho National Engineering Laboratory", (1993).
34. Westinghouse Reporte del STC, "Evaluation of Heat Production from Light Water Electrolysis Cells of HydroCatalysis Power Corporation" (1994).
35. "Excess Energy Cell Final Report", MIT Lincoln Laboratory (1995)
36. J. E. Jones, et. al., "Faradaic Efficiencies Less Than 100% During Electrolysis of Water Can Account for Reports of Excess Heat in "Cold Fusión" Cells", J. Phys. Chem., 99, 6973 (1995).
37. Publicacion de reportes personales de Bill Good, HydroCatalysis Power Corp., Agosto de 1996.

38. Beamon, J. A., Wade, S. H., "Energy Equipment Choices: Fuel Costs and Other Determinants", U. S. Energy Information Administration/Monthly Energy Review, April, 1996.
39. D. Morgan, F. Sissine, "Hydrogen: Technology and Policy", reporte del Congressional Research Service para el Congreso de los EUA, Abril de 1995.
40. U. S. Energy Information Administration, International Energy Outlook 1996.
41. J. Carlin, "Environmental Externalities in Electric Power Markets: Acid Rain, Urban Ozone, and Climate Change", Energy Information Administration Renewable Energy Annual (1995).
42. Reporte de comunicaciones personales, EPRI, Junio de 1996.
43. Reporte de comunicaciones personales, Universidad de Ottawa, Junio de 1996.
44. Reporte de comunicaciones personales, Stone & Webster Engineering Corp., Junio de 1996.
45. Reporte de comunicaciones personales, Westinghouse, Julio de 1996.

46. Reporte de comunicaciones personales, Universidad de Pennsylvania State, Julio de 1996.
47. Haus, H. A., "On the Radiation from Point Charges", American Journal of Physics, 54, 1126-1129(1986).
48. Reporte de comunicaciones personales, cuarteles generales del National Radio Astronomy Observatory, Julio de 1996.
49. Mills, Randell, "A search for Hydrino - A New Form of Hydrogen", 1996.
50. Reporte de comunicaciones personales, Oregon Graduate Institute, July, 1996.
51. Engelmann, Reinhart, "Book Review, Unification of Spacetime the Forces Matter. and Energy", (1994)
52. Reporte de comunicaciones personales, Lockheed Martin Idaho Technologies Company (Air Force), Junio de 1996.
53. Reporte de comunicaciones personales, formerly Thermacore, Inc., Julio de 1996.

54. Reporte de comunicaciones personales, Thermacore, Inc., Julio de 1996.

55. Declaración para la sustentación de la patente de EHC "Energy/Matter Conversion Methods and Structures", 14 de diciembre de 1995.

56. "La CFE, Información general", 22 de abril de 1997.

57. "Air pollution control program", 5 de julio de 1996.