

Dr FuelCell[®] Model Car

Maqueta de coche

Guía para el profesor



Contenidos

Prefacio	5
2 Acerca de este documento	7
2.1 Cómo utilizar las investigaciones en el aula	8
2.2 Símbolos y signos	9
2.3 Otros documentos aplicables	10
3 Seguridad general.....	12
3.1 Por su seguridad	12
3.2 Condiciones del lugar	13
3.3 Envío y transporte	13
3.4 Medidas de seguridad	13
3.5 Compatibilidad electromagnética	14
3.6 Garantía	14
4 Demostración del DrFuelCell® Model Car	15
4.2 Bases para el profesor	15
4.3 La investigación – profesores.....	19
5 Orientación del panel solar.....	25
5.1 Bases para el profesor	25
5.2 La investigación – profesores.....	30
5.3 Sección para el alumno	40
6 Electrólisis simple	47
6.1 Bases para el profesor	47
6.2 La investigación – profesores.....	51
6.3 Sección para el alumno	58
7 Explicación de la electrólisis	63
7.1 Bases para el profesor	63
7.2 La investigación - profesores	67
7.3 Sección para el alumno	80
8 ¡La energía del hidrógeno!	91
8.1 Bases para el profesor	91
8.2 Las investigaciones – profesores	95
8.3 Sección para el alumno	107

9	La energía del hidrógeno en movimiento	117
9.1	Bases para el profesor	117
9.2	La investigación – profesores	120
9.3	Sección para el alumno	131
10	Eficacia de la energía	141
10.1	Bases para el profesor	141
10.2	Las investigaciones – profesores	146
10.3	Sección para el alumno	157
11	¿Qué es un híbrido?	167
11.1	Bases para el profesor	167
11.2	La investigación – profesores	169
11.3	Sección para el alumno	180
12	Glosario	183

Prefacio

El objetivo de este libro es poner a los alumnos en contacto con la tecnología de las pilas de combustible. Los principios básicos de las pilas de combustible serán examinados de manera didáctica y entretenida para que los alumnos estudien esta nueva tecnología.

Las pilas de combustible utilizan la energía química del hidrógeno para producir electricidad de una manera limpia y eficaz. Las pilas de combustible con hidrógeno tienen el potencial para

- Reducir la producción de gases que generen el efecto invernadero, la contaminación del aire y los cambios climáticos globales
- Ser una parte importante de la seguridad de la energía
- Propulsar la tecnología del hidrógeno como la fuente de energía del futuro

Al enseñarles a los alumnos acerca de esta importante tecnología, les estará dando un papel esencial en este campo creciente.

Programa de estudios

Pueden enseñarse muchos planes de estudio con esta nueva tecnología:

- El concepto de las moléculas
- La estructura de los átomos
- Las reacciones químicas
- La conversión de los diferentes tipos de energía
- La realización de investigaciones científicas
- El diseño y la realización de investigaciones científicas
- La ciencia y la tecnología en los desafíos locales, nacionales y globales

Esperamos que los alumnos tengan un rol importante en la incorporación de las pilas de combustible como parte de nuestro futuro sostenible.

8 iLa energía del hidrógeno!

En esta investigación, los alumnos aprenderán cómo obtener potencia eléctrica al combinar oxígeno e hidrógeno.

Esta investigación es una continuación de las anteriores pero no es esencial que los alumnos las hayan realizado.

8.1 Bases para el profesor

8.1.1 Objetivos

Requisitos

Para garantizar el éxito en el aprendizaje, los alumnos ya deben estar familiarizados con:

- La descomposición de compuestos químicos
- La reacción redox
- Las baterías
- La prueba del hidrógeno
- La linealidad y la extrapolación

Objetivos de aprendizaje

En esta investigación, los alumnos aprenderán:

- A obtener electricidad a partir de la combinación de oxígeno e hidrógeno
- A convertir energía
- Que la energía es producto de la corriente y el voltaje
- La primera Ley de Faraday de la electrólisis
- La necesidad de capacidad de reproducción de las investigaciones científicas
- Que el hidrógeno es energía química almacenada

Panorama

Esta investigación sirve como punto de partida de una variedad de temas, por ejemplo:

- El concepto de los catalizadores
- Los conceptos de electrones, átomos, etc.
- Las industrias de energía
- El efecto invernadero

- La constante de Avogadro

8.1.2 Horario

La cantidad de tiempo es estimada.

Tarea	Tiempo
Preparación previa a la clase	20 minutos
Investigación	90 minutos
Tiempo necesario para que los alumnos respondan preguntas	35 minutos

Tabla 8-1 Cronograma

8.1.3 Método de enseñanza

Método	Idoneidad
Trabajo grupal	✓✓✓✓
Clase expositiva	✓
Trabajo escrito (preguntas de los alumnos)	✓✓
Tarea (preguntas de los alumnos)	✓✓✓

Tabla 8-2 Método de enseñanza (✓ = malo... ✓✓✓✓ = muy bueno)

8.1.4 Información general

**¿Se puede
accionar un coche con
hidrógeno?**

En el electrolizador que utilizamos en los experimentos anteriores, tenemos una fuente de hidrógeno y una manera de almacenarlo en el cilindro acumulador de gas. También tenemos una fuente de oxígeno, aunque podríamos utilizar aire, ya que contiene 21% de oxígeno. Ahora necesitamos una manera de cambiar el hidrógeno y el oxígeno a electricidad nuevamente, para que accione el motor eléctrico que pone en marcha el coche.

**Pila de
combustible**

En la maqueta de coche se proporciona un dispositivo que transforma el hidrógeno y el oxígeno nuevamente en agua. En la investigación EXPLICACIÓN DE LA ELECTRÓLISIS, utilizamos el componente principal de este kit, la pila de combustible reversible, como electrolizador. Pero si suministra hidrógeno de un lado de la pila de combustible y oxígeno del otro, la pila produce corriente eléctrica. El hidrógeno se une con el oxígeno para volver a producir agua, el material con el cual comenzamos. Podría escribirlo de la siguiente manera:

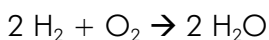
Electricidad + Agua \rightarrow Hidrógeno + Oxígeno

Hidrógeno + Oxígeno \rightarrow Agua + Electricidad

Ésta podría ser una gran solución al problema de la contaminación del aire ya que la energía de la pila de combustible de hidrógeno soltaría solamente vapor de agua hacia la atmósfera, utilizando agua y electricidad como fuente del hidrógeno que se necesita para accionar la pila de combustible.

Los astronautas ya utilizan esta tecnología en las estaciones espaciales. Con las células solares, los electrolizadores, las pilas de combustible y un suministro inicial de agua, los astronautas tienen una fuente de electricidad y oxígeno, así como un abundante suministro de hidrógeno. Como el hidrógeno se utiliza como combustible para producir electricidad, también produce agua.

Recuerde la reacción dentro de una pila de combustible:



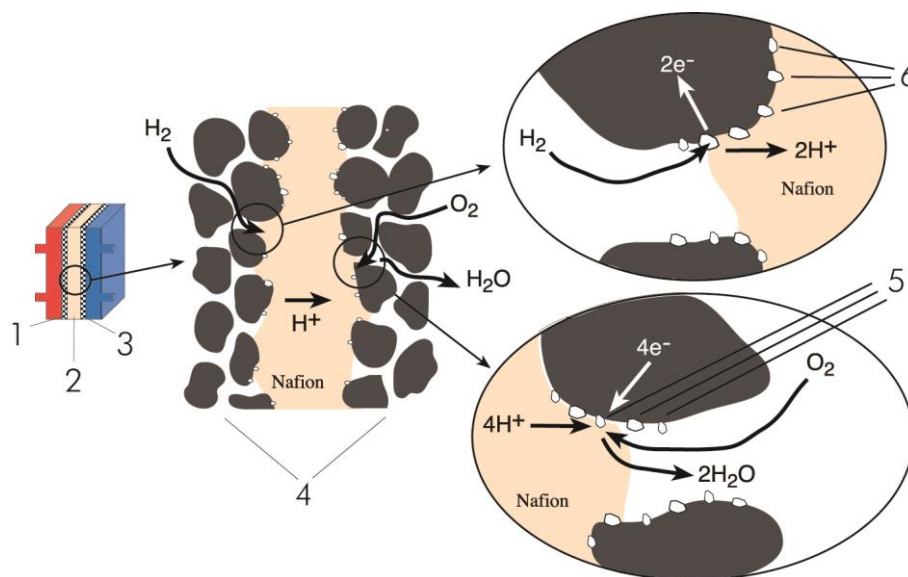


Fig. 8-1 Principio pila de combustible

- | | | | |
|---|---|---|-------------------------------|
| 1 | Ánodo | 4 | Capa de carbón |
| 2 | Membrana de electrolito polimérico (Nafion) | 5 | Catalizador de platino-iridio |
| 3 | Cátodo | 6 | Catalizador de platino |

El flujo de electrones puede utilizarse para la carga del consumidor.

Con la maqueta de coche podemos utilizar el hidrógeno almacenado para producir la electricidad que encienda el motor. Como el motor eléctrico gira con mucha rapidez, tiene un engranaje para reducir la velocidad del eje del motor y transportar la energía a las ruedas traseras del coche.

Potencia

Al describir sucesos eléctricos, la potencia (en vatios) que entra o sale de un dispositivo puede determinarse multiplicando la corriente (en amperios) que pasa a través del dispositivo, por el voltaje (en voltios) que existe en ese dispositivo. La potencia describe la fuerza de un proceso. Podemos escribir:

$$I \times V = P \quad (\text{amperios} \times \text{voltios} = \text{vatios})$$

Ánodo / Cátodo

Cuando utilizamos la pila de combustible reversible como electrolizador, observamos la polaridad: negativo (negro) = hidrógeno = cátodo, y positivo (rojo) = oxígeno = ánodo. Ahora que estamos utilizando la pila de combustible reversible como pila de combustible, es conveniente que la polaridad sea casi la misma. El lado del hidrógeno (negro) produce un voltaje negativo; el lado del hidrógeno (rojo) produce un voltaje positivo. Sin embargo, de acuerdo a la definición de ánodo / cátodo (los electrones se pierden en el ánodo), el lado del hidrógeno se denomina ahora ánodo y el lado del oxígeno se denomina cátodo.

8.2 Las investigaciones – profesores

8.2.1 Preparación

Es aconsejable que pruebe esta investigación antes de realizarla en la clase.

8.2.2 En clase

Según el enfoque didáctico y la cantidad de kits de maqueta de coche a mano, puede escoger dar la clase con una lección expositiva o con trabajo grupal.

Seguridad

- ➔ Conciente siempre a los alumnos para que realicen las investigaciones de manera segura y familiarícese con los posibles daños.
- ➔ Asegúrese de proporcionar anteojos protectores a los alumnos y póngaselos usted también.



PRECAUCIÓN

¡Exceso de presión en la pila de combustible reversible!

Lastimaduras causadas por objetos que salen disparados cuando se obstruye la parte superior de los compartimientos de derrame de los cilindros acumuladores de gas.

- ➔ No trabe la parte superior de los compartimientos de derrame de los cilindros acumuladores de gas.
- ➔ Use siempre anteojos protectores.



PRECAUCIÓN

¡Inicio de fuego por hidrógeno!

Quemaduras en la piel y daños en la pila de combustible.

- ➔ Evitar las llamas expuestas.
- ➔ No fumar.
- ➔ Ventilar el área de trabajo.



CONSEJO

Los alumnos pueden notar que el motor se detiene antes de que se utilice todo el hidrógeno o, por el contrario, que el motor continúa en marcha después de que el hidrógeno parece desaparecer. Puede darles las siguientes explicaciones:

- El motor se detiene antes de que se utilice todo el hidrógeno:
 - Esto puede ser a causa del aire que queda en el sistema cuando se llenó con agua. Lo que queda del lado del hidrógeno no es todo hidrógeno.
- El motor sigue en marcha después de que desaparece el hidrógeno:
 - Aunque no hay hidrógeno a la vista en el cilindro acumulador, aún puede haber alrededor de la membrana.

8.2.2.2 Trabajo grupal

Para el trabajo grupal se necesitan varias maquetas de coche.

8.2.2.3 Clase expositiva

Para este tipo de clase sólo se necesita una maqueta de coche.

Para presentar la investigación, necesitará lo siguiente:

Investigación

- ✓ Anteojos protectores
- ✓ Panel solar o generador de mano



CONSEJO

Como alternativa al panel solar, también puede utilizar el generador de mano como fuente de potencia eléctrica (consulte con el Manual de instrucciones).

- ✓ 2 o 5 cables de conexión (5 si desea investigar cuánta energía puede producir la pila de combustible)
- ✓ Pila de combustible reversible
- ✓ Coche con motor
- ✓ Caja del medidor de carga (si desea investigar cuánta energía puede producir la pila de combustible)
- ✓ Agua destilada

Llenado de la pila de combustible reversible con agua destilada

- ✓ Lámpara PAR de 100–120 vatios o una fuente luminosa equivalente
 - ✓ Un bloque de madera u otro tipo de cuña para el coche
 - ✓ Reloj con segundero o función de cronómetro
1. Póngase los anteojos protectores.
 2. Coloque la pila de combustible hacia abajo (con los números hacia abajo) sobre la superficie plana.
 3. Quite los tapones.

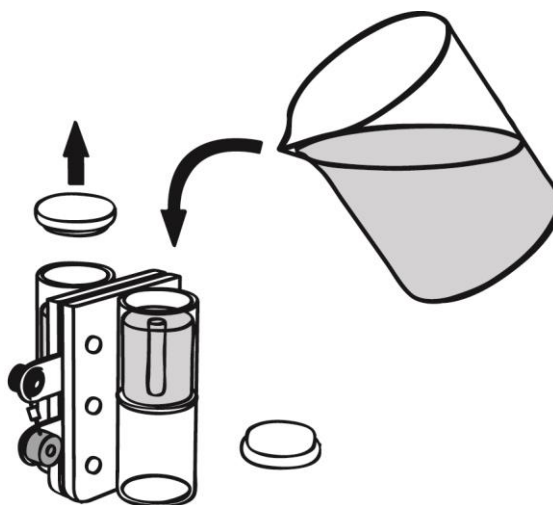


Fig. 8-2 Llenado de la pila de combustible reversible con agua destilada



AVISO

¡Utilice sólo agua destilada!

El agua de canilla y otros líquidos producirán un daño permanente en la membrana de la pila de combustible.

4. Eche agua destilada en los dos cilindros acumuladores hasta que el agua llegue al tope de los tubos pequeños en el centro de los cilindros.
5. Golpee suavemente la pila de combustible para hacer que el agua corra hacia el área alrededor de la membrana y las placas metálicas recolectoras de corriente.
6. Agregue más agua hasta que comience a desbordar hacia los tubos de los cilindros.
7. Vuelva a colocar los tapones en los cilindros. Asegúrese de que no quede aire atrapado dentro del cilindro.



CONSEJO

Una burbuja de aire pequeña en el orden de los 0,5 ml no causará problemas y puede pasarse por alto.

8. Si la pila de combustible reversible no ha sido utilizada por un tiempo, déjela descansar por 20 minutos; si fue utilizada recientemente, póngala hacia arriba.

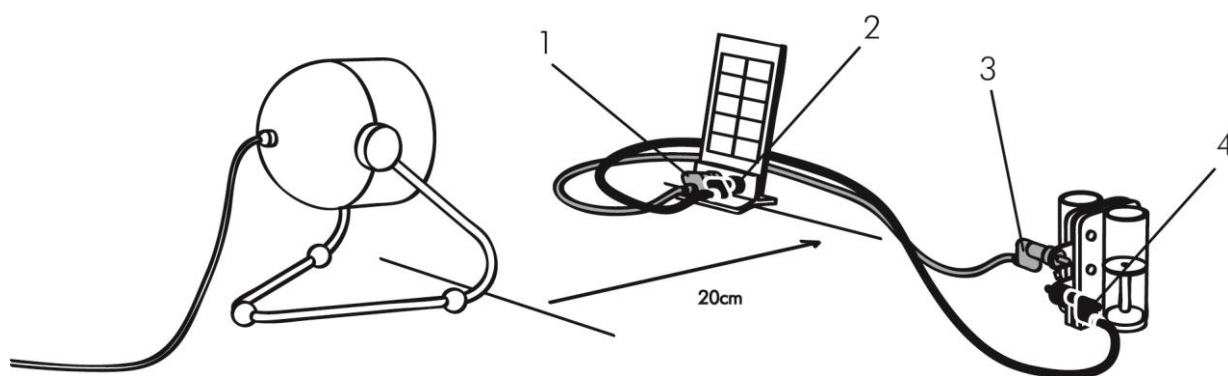


Fig. 8-3 Conexión del panel solar y la pila de combustible

Producción de hidrógeno

9. Enchufe las clavijas de punta cónica del cable de conexión rojo en las terminales rojas de la clavija (positivas) del panel solar (1) y la pila de combustible (3).



AVISO

¡Cortocircuito de la pila de combustible reversible!

Manchas de luz en la membrana que conducen al deterioro de la misma.

➔ No anule la pila de combustible reversible.

10. Repita el paso 9 con el cable de conexión negro y las terminales negativas (2, 4).



AVISO

¡Recalentamiento del panel solar!

Mal funcionamiento o daño permanente de las células solares.

➔ Utilice solamente fuentes luminosas con una potencia máxima de 120 vatios.

- ➔ Mantenga una distancia mínima de 20 cm entre la fuente luminosa y el panel solar.
- ➔ No concentre la luz.

11. Alinee el panel solar con la fuente luminosa, manteniendo una distancia mínima de 20 cm.



PRECAUCIÓN

¡Superficie del panel solar y la lámpara demasiado caliente!

Quemaduras en la piel.

- ➔ No toque la superficie caliente del panel solar ni de la lámpara.
- ➔ Deje que el panel solar y la lámpara se enfríen antes de tocarlos.

12. Encienda la luz.

La pila de combustible comienza a producir hidrógeno.

13. Cuando el cilindro acumulador de hidrógeno se llena un poco más de 12 ml:

- Apague la luz.
- Desconecte los cables de conexión de la pila de combustible reversible.

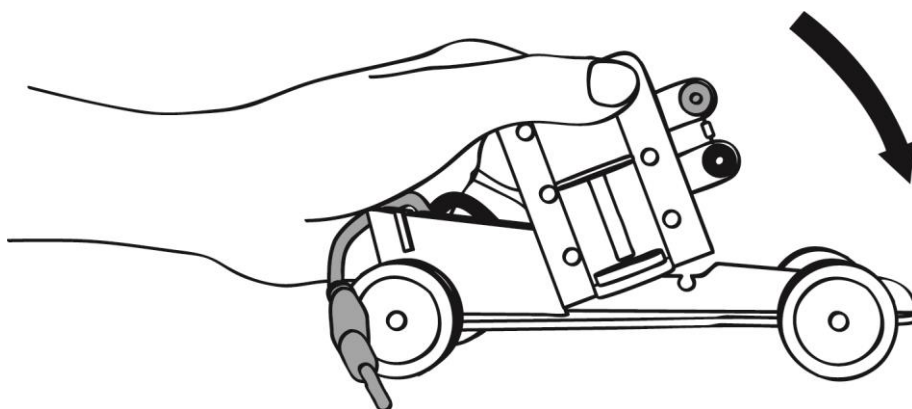


Fig. 8-4 Colocación de la pila de combustible reversible en la maqueta de coche

Funcionamiento del coche

14. Con las terminales roja y negra hacia la parte delantera del coche, coloque la pila de combustible reversible en las ranuras de la maqueta de coche hasta que haga clic al insertarse.

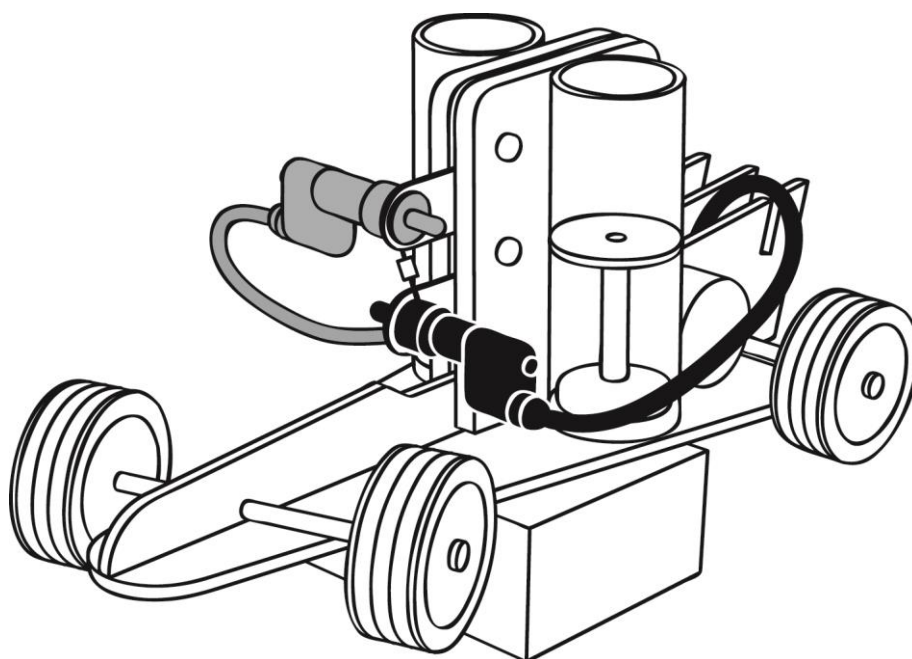


Fig. 8-5 Colocación de la maqueta de coche en el bloque de madera

Participación de los alumnos

15. Coloque el bloque de madera debajo de la base del coche de tal manera que las ruedas queden libres para poder girar.
16. Conecte la clavija de punta cónica roja (positiva) con la terminal roja (positiva) y la clavija de punta cónica negra (negativa) con la terminal negra (negativa).
17. Haga que los alumnos observen el nivel de gas en el cilindro acumulador de hidrógeno y cuando el nivel llegue a exactamente 12 ml, dígales que pongan en marcha un cronómetro (ó registren el tiempo al segundo más cercano).
18. Haga que registren el tiempo después de que se haya consumido cada mililitro.
19. Haga que un alumno anote el registro en una tabla, en el pizarrón.

Hidrógeno consumido [ml]	Tiempo transcurrido [s] Prueba 1	Tiempo transcurrido [s] Prueba 2	Tiempo transcurrido [s] Prueba 3	Promedio de tiempo transcurrido de todas las pruebas
0	0	0	0	0
1	60	60	60	60
2	120	110	120	117
3	170	160	170	167
4	220	210	210	213
5	270	260	260	263
6	320	310	300	310
7	370	360	350	360
8	420	410	400	410
9	470	460	450	460
10	520	510	490	507
11	570	550	550	557
12	–	–	–	–
Cuando se detienen las ruedas	580	550	550	560

Tabla 8-3 Ejemplos del consumo de hidrógeno (los valores son ejemplos y pueden variar)

20. Continúe hasta que se detenga el motor.
21. Desconecte la pila de combustible y el coche, y conecte la pila al panel solar para volver a producir hidrógeno.
22. Encienda la luz.
23. Repita la producción de hidrógeno y el consumo del coche tantas veces como lo crea lógico (por lo menos, una vez).
24. Haga que un alumno dibuje, en el pizarrón, un gráfico que muestre el volumen de hidrógeno utilizado en función de la cantidad de tiempo que giran las ruedas.

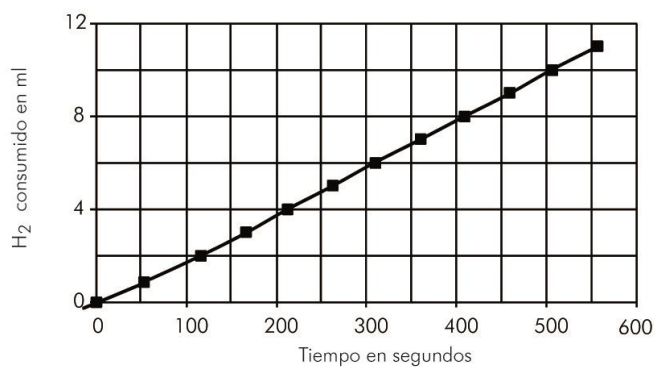


Fig. 8-6 Volumen de hidrógeno en función del tiempo en el que giran las ruedas (los valores son ejemplos y pueden variar)

Cuánta energía puede producir la pila de combustible

Puede detener la investigación en este momento si no tiene tiempo o si desea continuar de otra manera. Pero también puede continuar con la investigación sobre cuánta energía puede producir una pila de combustible:

1. Llene la pila de combustible reversible con agua destilada (si es necesario) y produzca hidrógeno, consulte los pasos 2. -13., en las páginas 97-98.

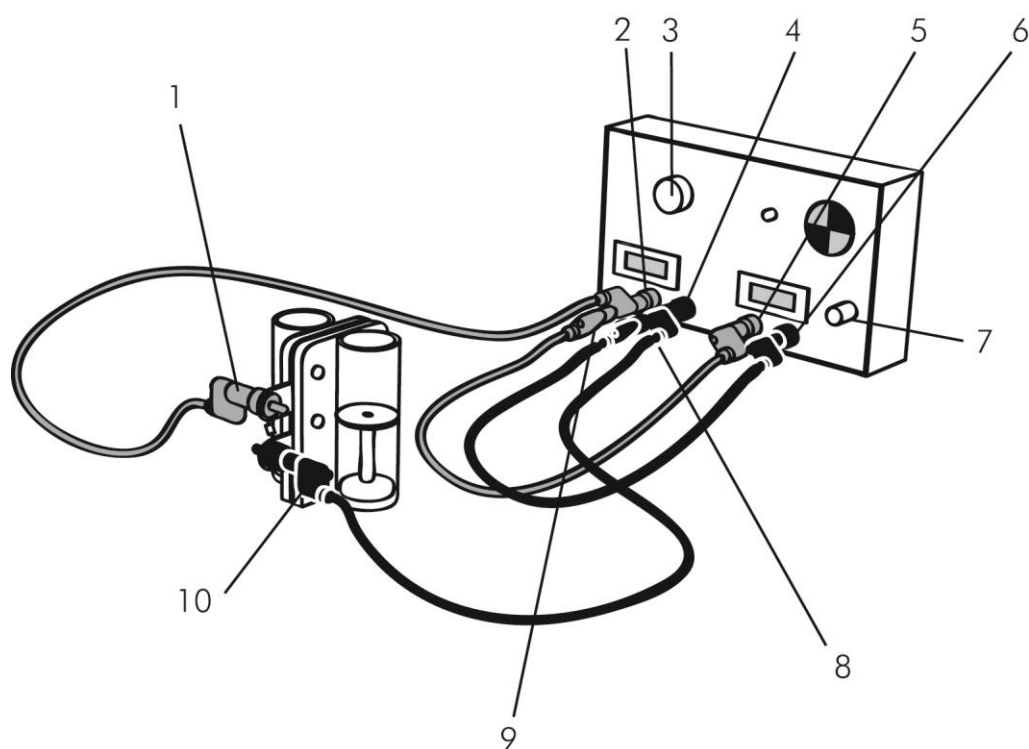


Fig. 8-7 Conexión de la pila de combustible reversible y la caja del medidor de carga

Medición de corriente y voltaje

2. Gire la perilla de *LOAD* (3) a *OPEN*.
3. Conecte la terminal roja (positiva) de la pila de combustible reversible (1) a la terminal roja (positiva) del amperímetro que está en la caja del medidor de carga (2).
4. Conecte la terminal negra (negativa) de la pila de combustible reversible (10) a la terminal negra (negativa) del amperímetro que está en la caja del medidor de carga (4).
5. Conecte la terminal roja (positiva) del amperímetro que está en la caja del medidor de carga (9) con la terminal roja (positiva) del voltímetro (5) que está en la caja del medidor de carga.
6. Conecte la terminal negra (negativa) del amperímetro que está en la caja del medidor de carga (8) con la terminal negra (negativa) del voltímetro que está en la caja del medidor de carga (6).
7. Presione el botón de encendido y apagado (7).
8. Gire la perilla de *LOAD* (3) a 10 Ω .
9. Observe la corriente y el voltaje por unos segundos.



CONSEJO

Quizás vea que el voltaje comienza en un valor incluso mayor a 1,23 V (la teoría dice que ése es el voltaje máximo posible de una pila de combustible de oxígeno-hidrógeno) y luego va cayendo lentamente. Esto sucede por las capas de superficie que quedan en el catalizador tras la electrólisis.

Participación de los alumnos

10. Cuando, aparentemente, la corriente y el voltaje se han asentado, haga que los alumnos los escriban en la siguiente tabla (aquí con los resultados típicos).

Carga [Ω]	Corriente [A]	Voltaje [V]	Energía [W] (calculado)
10	0,080	0,840	0,067
5	0,145	0,780	0,113
3	0,237	0,750	0,178
1	0,497	0,640	0,318

Tabla 8-4 Resultados típicos de producción de energía de una pila de combustible (los valores con ejemplos y pueden variar)

11. Cambie la configuración de la carga a 5 Ω , 3 Ω y luego a 1 Ω y en cada punto, haga que los alumnos registren la corriente y el voltaje.
12. Haga que los alumnos calculen la producción de energía de la pila de combustible.
13. Desconecte la caja del medidor de carga y apáguela.
14. Desmonte el equipo y guárdelo.

8.2.2.4 Trabajo escrito

Puede estimular a los alumnos a responder las preguntas en *PREGUNTAS – ALUMNOS*, en la página 115, en silencio o de a dos. Eso depende de las aptitudes de los alumnos y de su método de enseñanza.

8.2.2.5 Tarea

Las preguntas provistas en la sección *PREGUNTAS – ALUMNOS*, en la página 115, también pueden darse como tarea si los alumnos no necesitan la ayuda del profesor para responderlas.

8.2.3 Preguntas y respuestas

1. ¿Por qué es importante tener el cilindro de gas de hidrógeno lleno con la misma cantidad cada vez que comenzamos a medir la longitud de tiempo que giran las ruedas por cada ml de gas?

Si queremos comparar la duración del movimiento de giro de las ruedas para cada ml de hidrógeno utilizado, es importante comenzar a cronometrar con la misma cantidad de hidrógeno cada vez.

2. ¿Qué sucede con el nivel de gas en el cilindro acumulador de hidrógeno mientras giran las ruedas? ¿Por qué sucede esto?

El volumen de gas en el cilindro acumulador de hidrógeno disminuye porque, mientras las ruedas giran, utilizan energía para accionar el motor eléctrico y esta electricidad proviene del hidrógeno que se combina con el gas oxígeno para formar agua y producir electricidad.

3. ¿Se podría accionar el motor eléctrico con electricidad producida por el panel solar? ¿Cuál es la ventaja de accionar un coche con combustible de hidrógeno en lugar de un panel solar conectado directamente al motor eléctrico?

Sí, creo que se podría accionar el motor eléctrico con electricidad producida por el panel solar. Accionar un coche con combustible de hidrógeno en lugar de un panel solar significaría que se podría conducir el coche en la oscuridad cuando no haya luz suficiente para permitir que funcione un panel solar.

4. ¿Cuál es la ventaja de que el hidrógeno se combine con el oxígeno de esta manera en lugar de que se queme y explote como lo hace en la prueba del hidrógeno?

La ventaja de que el hidrógeno se combine con el oxígeno de esta manera en lugar de que se queme y explote es que produce un flujo de energía mucho más controlado en forma de electricidad. Esta electricidad puede encenderse y apagarse para poder usarla de a poco. Con una explosión, se suelta un montón de energía en forma de calor y no puede ser utilizada fácilmente para accionar el coche.

5. Prediga cuánto tiempo rotarían las ruedas por 20 ml de hidrógeno. Refiérase al gráfico y transfiera una respuesta.

[los resultados individuales variarán]

Como las ruedas rotaron 507 segundos por 10 ml de hidrógeno, predije que rotarán dos veces 507 segundos (1014 segundos o 17 minutos) por 20 ml de hidrógeno. La relación entre el consumo de hidrógeno y la rotación de las ruedas es lineal.

6. ¿Cuál es la respuesta a la pregunta del comienzo de esta investigación?: ¿Se puede utilizar hidrógeno almacenado para producir electricidad? Explique.

Sí, se puede utilizar hidrógeno almacenado para producir electricidad. Hemos visto que la pila de combustible produce hidrógeno mientras hace potencia eléctrica.

7. Cuando disminuyó la resistencia de 10 a 1 Ω , ¿qué sucedió con la corriente? ¿Qué sucedió con el voltaje? ¿Cuál es la producción máxima de energía de la pila de combustible que usted determinó?

[los resultados individuales variarán]

Cuando disminuí la resistencia, la corriente aumentó pero el voltaje disminuyó. La energía máxima que medí fue 0,318 vatios con el resistor de 1 Ω .

8. La dependencia de corriente y voltaje que determinó también es típica de las baterías. ¿Se puede decir que la pila de combustible es una batería? Realice un debate.

Sí, se puede decir que una pila de combustible es una batería porque fabrica electricidad a partir de una reacción química, que está separada en dos medias pilas que tienen un ánodo en el polo negativo y un cátodo en el polo positivo.

Las baterías muestran un comportamiento similar. Tienen un voltaje sin carga, que disminuye con la corriente acrecentada. Por ejemplo, el voltaje sin carga para una batería NiCd es de 1,2 voltios.

8.3 Sección para el alumno

En esta investigación, examinarás si se puede utilizar el hidrógeno como combustible.

8.3.1 ¿Se puede utilizar hidrógeno almacenado para producir electricidad?

Seguridad

→ Ponte anteojos protectores cuando hagas este experimento.



PRECAUCIÓN

¡Inicio de fuego por hidrógeno!

Quemaduras en la piel y daños en la pila de combustible.

- Evitar las llamas expuestas.
- No fumar.
- Ventilar el área de trabajo.



PRECAUCIÓN

¡Exceso de presión en la pila de combustible reversible!

Lastimaduras causadas por objetos que salen disparados cuando se obstruye la parte superior de los compartimientos de derrame de los cilindros acumuladores de gas.

- No trabes la parte superior de los compartimientos de derrame de los cilindros acumuladores de gas.
- Usa siempre anteojos protectores.

- ✓ Antejos protectores
- ✓ Panel solar o generador de mano



CONSEJO

Como alternativa al panel solar, tu profesor también puede pedirte que uses el generador de mano como fuente de potencia eléctrica (consulta con el Manual de instrucciones).

- ✓ 2 o 4 cables de conexión
- ✓ Pila de combustible reversible

- ✓ Coche con motor
 - ✓ Caja del medidor de carga
 - ✓ Agua destilada
 - ✓ Lámpara PAR de 100–120 vatios o una fuente luminosa equivalente
 - ✓ Un bloque de madera u otro tipo de apoyo para el coche
 - ✓ Reloj con segundero o función de cronómetro
1. Ponte los anteojos protectores.
 2. Coloca la pila de combustible hacia abajo (con los números hacia abajo) sobre la superficie plana.
 3. Quita los tapones.

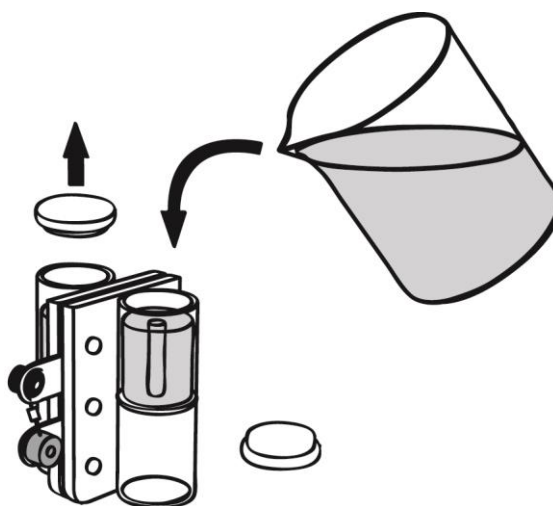


Fig. 8-8 Llenado de la pila de combustible reversible con agua destilada



AVISO

¡Utiliza sólo agua destilada!

El agua de canilla y otros líquidos producirán un daño permanente en la membrana de la pila de combustible.

4. Echa agua destilada en los dos cilindros acumuladores hasta que el agua llegue al tope de los tubos pequeños en el centro de los cilindros.
5. Golpea suavemente la pila de combustible para hacer que el agua corra hacia el área alrededor de la membrana y las placas metálicas recolectoras de corriente.
6. Agrega más agua hasta que comience a desbordar hacia los tubos de los cilindros.

7. Vuelve a colocar los tapones en los cilindros. Asegúrate de que no quede aire atrapado dentro del cilindro.



CONSEJO

Una burbuja de aire pequeña en el orden de los 0,5 ml no causará problemas y puede pasarse por alto.

8. Coloca la pila de combustible hacia abajo.

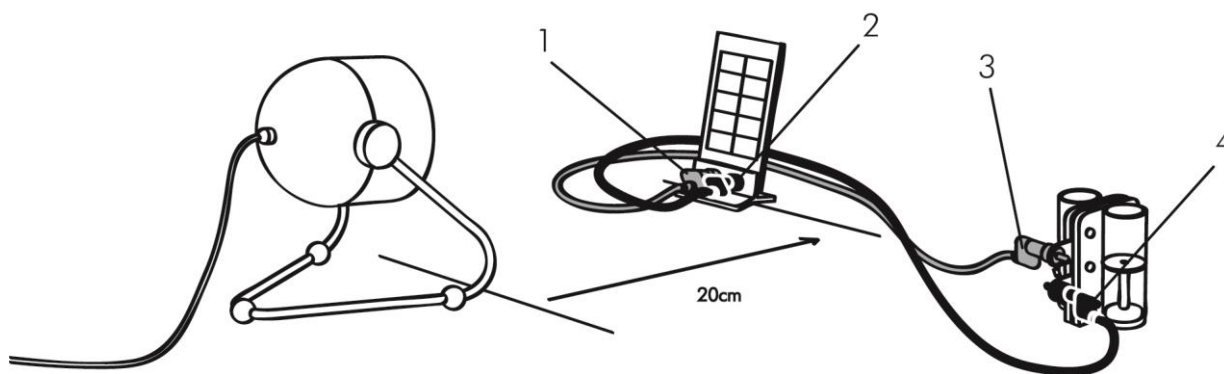


Fig. 8-9 Conexión del panel solar y la pila de combustible

9. Enchufa las clavijas de punta cónica del cable de conexión rojo en las terminales rojas de la clavija (positivas) del panel solar (1) y la pila de combustible (3).



AVISO

¡Cortocircuito de la pila de combustible reversible!

Manchas de luz en la membrana que conducen al deterioro de la misma.

➔ No anules la pila de combustible reversible.

10. Repite el paso 9 con el cable de conexión negro y las terminales negativas (2,4).



AVISO

¡Recalentamiento del panel solar!

Mal funcionamiento o daño permanente de las células solares.

- ➔ Utiliza solamente fuentes luminosas con una potencia máxima de 120 vatios.
- ➔ Mantén una distancia mínima de 20 cm entre la fuente luminosa y el panel solar.
- ➔ No concentres la luz.

11. Alinea el panel solar con la fuente luminosa, manteniendo una distancia mínima de 20 cm.



PRECAUCIÓN

¡Superficie del panel solar y la lámpara demasiado caliente!

Quemaduras en la piel.

- ➔ No toques la superficie caliente del panel solar ni de la lámpara.
- ➔ Deja que el panel solar y la lámpara se enfríen antes de tocarlos.

12. Enciende la luz.

13. Cuando el cilindro acumulador de hidrógeno se llena un poco más de 12ml:

- Apaga la luz.
- Desconecta los cables de conexión de la pila de combustible reversible.

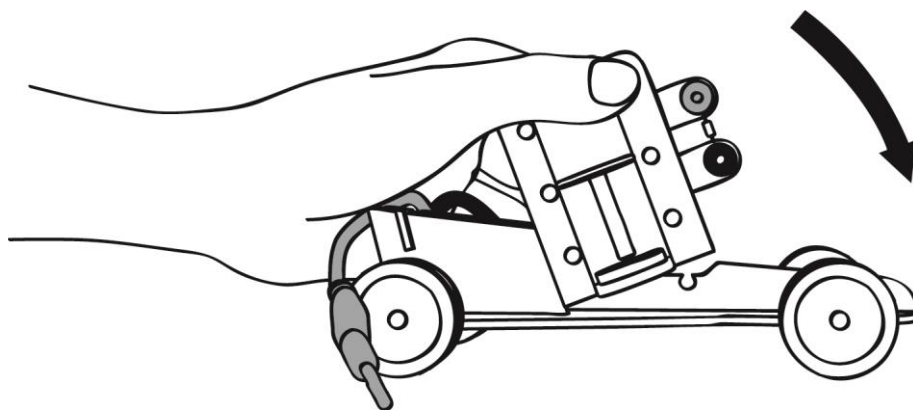


Fig. 8-10 Colocación de la pila de combustible reversible en la maqueta de coche

14. Con las terminales roja y negra hacia la parte delantera del coche, coloca la pila de combustible reversible en las ranuras de la maqueta de coche hasta que haga clic al insertarse.

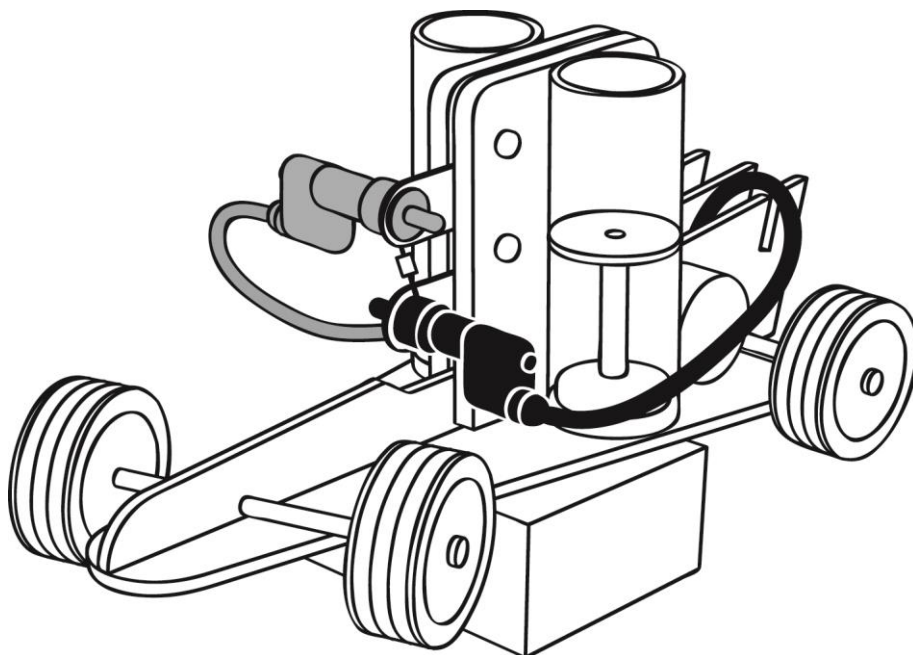


Fig. 8-11 Coche sobre el bloque de madera

15. Coloca el bloque de madera debajo de la base del coche de tal manera que las ruedas queden libres para poder girar.
16. Conecta la clavija de punta cónica roja (positiva) con la terminal roja (positiva) y la clavija de punta cónica negra (negativa) con la terminal negra (negativa).
17. Observa el nivel de gas en el cilindro acumulador de hidrógeno y cuando el nivel llegue a exactamente 12 ml, pon en marcha un cronómetro (o registra el tiempo al segundo más cercano).
18. Registra el tiempo después de que cada mililitro se haya consumido, llevando el registro en la tabla de abajo.

Hidrógeno consumido [ml]	Tiempo transcurrido [s] Prueba 1	Tiempo transcurrido [s] Prueba 2	Tiempo transcurrido [s] Prueba 3	Promedio de tiempo transcurrido de todas las pruebas [s]
0				
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
Cuando se detienen las ruedas				

Tabla 8-5 Volumen de hidrógeno y tiempo que funciona el coche

19. Continúa hasta que se detenga el motor.
 20. Desconecta la pila de combustible y el coche, y conecta la pila al panel solar.
- Para volver a producir hidrógeno:
21. enciende la luz.
 22. Repite la producción de hidrógeno y el consumo del coche tantas veces como lo creas lógico (por lo menos, una vez).
 23. Dibuja un gráfico en el cuadro de abajo, que muestre el volumen de hidrógeno utilizado en función de la cantidad de tiempo que giran las ruedas.

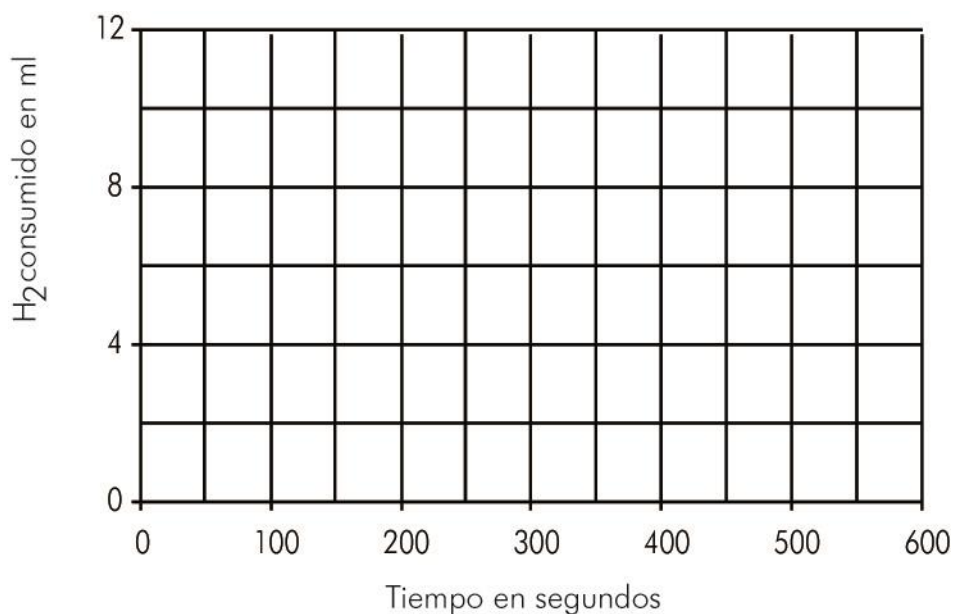


Fig. 8-12 Volumen de hidrógeno en función del tiempo que funcionan las ruedas

Ha finalizado la primera parte de la investigación. Comprueba con tu profesor si puedes continuar o no.

**Cuánta energía
puede producir una pila
de combustible**

1. Llena la pila de combustible reversible con agua destilada (si es necesario) y produce hidrógeno, consulta los pasos 2.–13., en las páginas 108–110.

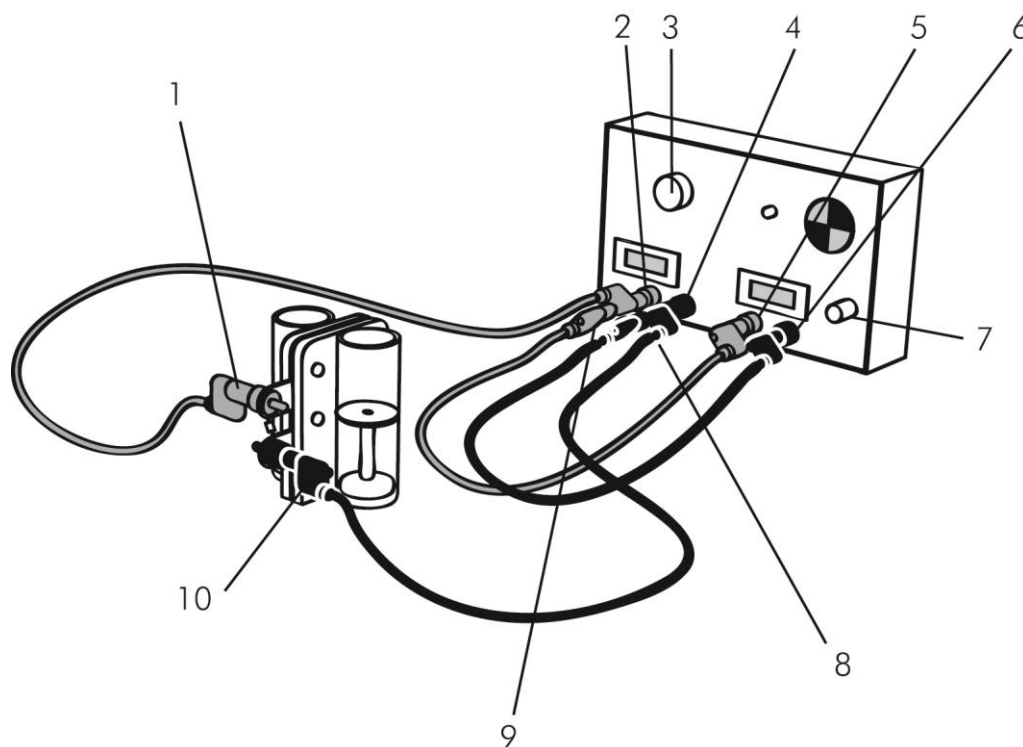


Fig. 8-13 Conexión de la pila de combustible reversible y la caja del medidor de carga

2. Gira la perilla de *LOAD* (3) a *OPEN*.

3. Conecta la terminal roja (positiva) de la pila de combustible reversible (1) a la terminal roja (positiva) del amperímetro que está en la caja del medidor de carga (2).
4. Conecta la terminal negra (negativa) de la pila de combustible reversible (10) a la terminal negra (negativa) del amperímetro que está en la caja del medidor de carga (4).
5. Conecta la terminal roja (positiva) del amperímetro que está en la caja del medidor de carga (9) con la terminal roja (positiva) del voltímetro (5) que está en la caja del medidor de carga.
6. Conecta la terminal negra (negativa) del amperímetro que está en la caja del medidor de carga (8) con la terminal negra (negativa) del voltímetro que está en la caja del medidor de carga (6).
7. Presiona el botón de encendido y apagado (7).
8. Gira la perilla de *LOAD* (3) a 10 Ω .



CONSEJO

Quizás veas que el voltaje comienza en un valor incluso mayor a 1,23 V (la teoría dice que ése es el voltaje máximo posible de una pila de combustible de oxígeno-hidrógeno) y luego va cayendo lentamente. Esto sucede por las capas de superficie que quedan en el catalizador tras la electrólisis.

9. Cuando la corriente y el voltaje parecen haberse asentado, escríbelos en la siguiente tabla.

Carga [Ω]	Corriente [A]	Voltaje [V]	Energía [W]
10			
5			
3			
1			

Tabla 8-6 Determinación de la producción de energía de la pila de combustible

10. Cambia la configuración de la carga a 5 Ω , 3 Ω y luego a 1 Ω y en cada punto y registra la corriente y el voltaje.
11. Calcula la producción de energía de la pila de combustible.
12. Desconecta la caja del medidor de carga y apágala.
13. Desmonta el equipo, guárdalo y quítate los anteojos protectores y regrésalos con cuidado.

8.3.2 Preguntas – alumnos

Utiliza una hoja extra para responder las preguntas.

1. ¿Por qué es importante tener el cilindro de gas de hidrógeno lleno con la misma cantidad cada vez que comenzamos a medir la longitud de tiempo que giran las ruedas por cada ml de gas?
2. ¿Qué sucede con el nivel de gas en el cilindro acumulador de hidrógeno mientras giran las ruedas? ¿Por qué sucede esto?
3. ¿Se podría accionar el motor eléctrico con electricidad producida por el panel solar? ¿Cuál es la ventaja de accionar un coche con combustible de hidrógeno en lugar de un panel solar conectado directamente al motor eléctrico?
4. ¿Cuál es la ventaja de que el hidrógeno se combine con el oxígeno de esta manera en lugar de que se queme y explote como lo hace en la prueba del hidrógeno?
5. Predice cuánto tiempo rotarían las ruedas por 20 ml de hidrógeno. Refiérete al gráfico y transfiere una respuesta.
6. ¿Cuál es la respuesta a la pregunta del comienzo de esta investigación: ¿Se puede utilizar hidrógeno almacenado para producir electricidad? Explica.
7. Cuando disminuiste la resistencia de 10 a 1 Ω , ¿qué sucedió con la corriente? ¿Qué sucedió con el voltaje? ¿Cuál es la producción máxima de energía de la pila de combustible que determinaste?
8. La dependencia de corriente y voltaje que determinaste también es típica de las baterías. ¿Se puede decir que la pila de combustible es una batería? Realiza un debate.