

Baterías

Introducción

Ya que se habla de pilas y baterías, los términos correctos son:

- **Pilas:** son las **no recargables**. No se consideran aquí, y en general no son utilizadas en automodlismo.
- **Baterías:** son las **recargables**, con generalidad de níquel-cadmio (**NiCd**) o níquel-metal (**NiMH**). El cadmio es contaminante, por lo que las baterías de **NiCd** deben desecharse en sitios adecuados.

Con dichas baterías construiremos paquetes, soldando las baterías **en serie** (positivo con negativo) e introduciéndolas en funda termo-retráctil (a poder ser transparente). Puede que el paquete nos venga ya construido, pero en todo caso podemos ver aquí diversas formas de hacer el paquete. Asimismo, el uso de baterías en coches R/C puede ser de:

- **Demanda baja:** emisora, receptor y servos convencionales. Las baterías usadas son de entre 500 y 1200 mAh en NiCd, y entre 750 y 2500 mAh en NiMH. Los paquetes son de 8 baterías en emisoras, y se recomiendan 5 para receptor y servos (los servos limitados a 4.8V de alimentación no son recomendables para coches R/C).
- **Demanda media:** servos (y receptor) en coches 1/5 y 1/4 (maxiservos), con elementos de entre 1.7 y 2 AH, asimismo en paquetes de cinco elementos.
- **Demanda alta:** tracción en eléctricos, que adicionalmente alimentan receptor, ESC y servo de dirección. Por reglamento, el paquete de baterías es de hasta 6 elementos de hasta 3600 mAh (NiMH). En Mini RC se suelen utilizar baterías de LiPo de entre 1600 y 2200 mAh.

Asimismo, se ha hecho general el chispómetro con batería de **NiCd** de entre 2 y 4 Ah. Y, como se ha explicado en las páginas sobre radio, los reguladores electrónicos de velocidad (**ESC** o "electronic speed controller") en coches eléctricos incorporan un regulador de tensión para a partir de la tensión del paquete de seis elementos generar la alimentación de receptor y servo (6V).

No se consideran aquí las baterías usadas en arrancadores de motores de explosión (sin tirador) para escalas de 1/8 y 1/10, de 3.5 a 2.1 cc. Aunque es posible usar baterías de coche escala 1/1, son suficientes las de plomo-ácido selladas ("sealed lead-acid" o SLA) con

capacidad de unos 7 Ah, similares a las de la figura, y de características:

- Constituidas por 6 elementos, cada uno de los cuales da 2.3V a plena carga, por lo que la tensión a máxima carga es de 13.8V.
- Capacidad aproximada 7 Ah según marca y modelo.
- Dimensiones 151x65x94 mm, sin incluir terminales.
- Peso 2.6 Kp.
- Terminales tipo "Faston".
- Se cargan con cargador de batería de coche, a intensidad aproximada de 1 A.
- Si no se usan, debido a su descarga natural, se recomienda se recarguen cada seis meses para evitar su sulfatación.



En todo lo anterior, la capacidad de la batería se mide en **mAh** (miliamperios-hora) o **AH** (amperios-hora). Por ejemplo, un elemento de 2 AH puede estar, idealmente y si se carga plenamente, 2 horas suministrando 1 amperio, ó 4 horas suministrando 0.5 amperios.

Los principales tamaños en baterías de **NiCd** son:

	Ancho (mm)	Alto (mm)
AAA (50)	10	15
AAA (110)	14	16,5
N (150)	11,5	28,5
AAA (200)	10	43,5
AE (225)	16,5	16,5
AA (270)	14	29,5
AE (600)	16,5	28
AA (600)	14	49,5

SC (650)	22	26
AAE (750)	14	49,5
AE (1000)	16,5	42
AE (1200)	16,5	48,5
SC (1300)	22	42
C (2000)	25	49
D (4400)	32	60
F (7000)	32	90

Los tamaños usuales en automodelismo son:

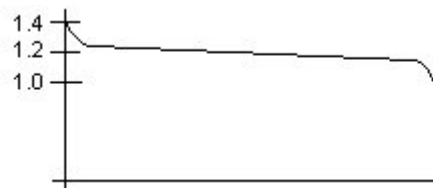
- **AAA** en NiMH en capacidades entre 600 y 900 mAh, para receptores y tracción en Mini RC. Pueden usarse, asimismo, para receptores y servos en general.
- **AA** en capacidades entre 500 y 1200 mAh en NiCd y hasta 2400 mAh en NiMH, para emisoras, receptores y servos.
- **SC** en capacidades entre 1300 y 2400 mAh en NiCd y hasta 3700 mAh en NiMH para tracción en eléctricos.
- **C, D y E** en chispómetros.

Los tamaños pequeños pueden tener uso en eliminatorias de coches de explosión, para reducir peso y mejorar tiempo.

Aparte de la tracción por baterías en coches escala 1/1, la tracción en coches eléctricos es, junto con los ordenadores personales, las cámaras de vídeo y los teléfonos móviles, uno de los campos que suponen mayor demanda para las baterías de **NiCd** y **NiMH** que llegan a ser muy especiales. En los otros campos se utilizan otros tipos de baterías recargables (litio-ión o Lilo etc), con más capacidad por volumen, pero estas tecnologías no tienen los requisitos suficientes para ser usadas en automodelismo, particularmente en tracción. Por contra, las baterías de **NiCd** sufren el "efecto memoria".

En general, la tensión de un elemento de **NiCd** o **NiMH** varía entre:

- 1.4V a plena carga, lo que sirve en carga para detectar su fin.
- Baja rápidamente a 1.2V tras iniciar su descarga.
- Se mantiene a 1.2V durante su descarga.
- Al alcanzar la descarga, su



tensión cae rápidamente.

Las baterías de **NiCd** y **NiMH** tienen características eléctricas interesantes:

- **Baja resistencia de salida**, lo que implica que suministren alta corriente al descargarse.
- **Buen rendimiento**: prácticamente, toda la energía suministrada hasta plena carga se recupera en la descarga.
- Es común su **fallo dando tensión nula, pero no circuito abierto**, por lo que en caso de este fallo el paquete de baterías seguirá alimentando su carga, pero con un elemento menos (no nos deja totalmente tirados).

Es importante la autodescarga que se produce en ambos tipos de baterías, lo que implica que deban cargarse justo antes de cada competición:

- 1% diario en NiCd, por lo que pueden descargarse completamente en unos 100 días.
- 1.5% diario en NiMH, por lo que pueden descargarse completamente en unos 75 días.

La vida útil de ambos tipos de baterías es de unos 1000 ciclos de carga-descarga, aunque depende mucho de si se abusa de la carga rápida, particularmente en NiMH.

Sin embargo, la potencia de un coche eléctrico, a pesar de sus buenas características de aceleración y velocidad, está, al igual que en coches escala 1/1, muy lejos de la alcanzada en coches de combustible líquido. Y aunque la autonomía de un paquete de baterías es comparable a la duración de un depósito en coches de metanol, la facilidad de repostaje no es comparable, y la necesidad del proceso de carga de las baterías no tiene concepto equipolente en los combustibles líquidos; compárese en coches eléctricos escala 1/1 la larga carga de baterías nocturna con la simple operación de llenar el depósito en un surtidor.

La carga puede ser:

- **Lenta**: también denominada **carga por goteo** o "**trickle charge**", es la carga a **C/10**; por ejemplo, un elemento de 600 mAh puede cargarse en unas 14 horas a 60 mA. En general, podemos dejar casi indefinidamente el elemento en carga lenta, aunque si el tiempo es excesivo puede finalizarse con tensión total ligeramente reducida, aunque esto se recupera al siguiente ciclo descarga-carga.

- **Rápida:** se controla con precisión el fin de la carga, y se detiene la misma antes de la sobrecarga. En general, se utilizan cargadores rápidos tipo "**delta peak**", que detectan la elevación de tensión e inmediata bajada que se produce antes de la sobrecarga. Son comunes los cargadores inteligentes, programables para cada tipo de batería (NiCd, NiMH, LiPo, Li-ion, Pb, etc).

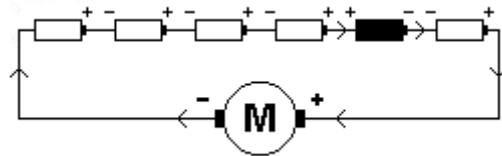
Asimismo, la forma de onda de la corriente de carga puede ser:

- Constante.
- Pulsante.
- Pulsante con descarga.

Recomendaciones generales de uso de baterías NiCd y NiMH

- **Utilizar si es posible sólo elementos con lengüeta**, que nos facilitarán su soldadura.
- **No cortocircuitar:** el exceso de corriente las daña.
- **Sólo utilizar paquetes sólidos y bien sujetos al coche.**
- **No sobrecargar:** un elemento no puede admitir más carga que aquélla para la que ha sido diseñado. El exceso se transformará en calor. En sobrecarga se produce oxígeno, que puede hacer que se abra una válvula de seguridad en el elemento y se pierda; si esto ocurre frecuentemente, el elemento perderá rendimiento. El oxígeno que permanece internamente puede ser recombinado tras un proceso lento (que explica, por ejemplo, el que el elemento se enfríe lentamente tras una sobrecarga). Los elementos de un paquete deben ser iguales y empezar su carga en el mismo estado de carga (en caso de duda deben descargarse el paquete).
- **Evitar su calentamiento.** La sobrecarga calentará el elemento, lo que puede dañar sus componentes internos. Además, un elemento caliente no admite toda su carga. Por tanto, un paquete recién utilizado en carrera, y por tanto caliente, debe ser enfriado antes de cargarlo (puede utilizarse hielo o un ventilador), aunque un exceso de frío no es recomendable pues la resistencia interna del elemento sube considerablemente.
- **Controlar el fin del proceso de carga**, a ser posible haciéndolo en frío (hielo o ventilador).
- Si se cargan baterías conectadas en serie (caso normal) **deben estar en similar estado de carga o descargadas.** Si no fuera así, deben descargarse, o cargarse a carga lenta.

- **No sobredescargar.** Si ello ocurre (descarga profunda) se debe hacer una carga lenta del elemento (0.1C) durante 14 horas. Se produce sobredescarga si la tensión del elemento baja hasta:
 - 0.85V en NiCd.
 - 1.0V en NiMH.
- **Usar sólo elementos iguales entre sí en el paquete.** Si un elemento se descarga antes que los demás, éstos continuarán forzando el paso de corriente, lo que produce una **sobredescarga** del elemento, que de hecho hace que el elemento invierta su tensión (**polarización inversa**) y puede destruirse fácilmente. En sobredescarga se desprende hidrógeno, pero éste no se recombina; sólo se libera en caso de apertura de válvula.



El elemento en negro, por sobredescarga, está en polarización inversa.

- Almacenar **descargadas.** La descarga del paquete debe evitar la polarización inversa, lo que puede hacerse por:
 - Descarga individual.
 - Controlando la tensión total del paquete. Muchos cargadores incluyen función de descarga programable, tal como cortarla a una determinada tensión por elemento. Por ejemplo, si se programa el corte a 1V por elemento en un paquete de 6 elementos, con seguridad ningún elemento llegará a polarización inversa.

Aspectos distintivos del cuidado de baterías de NiCd y NiMH		
	NiCd	NiMH
Carga	Poco sensibles	Sensibles. La corriente de carga lenta debe ser reducida.
Uso	Para tracción, debe limitarse a dos usos al día, con al menos 4 horas de intervalo para su completo enfriamiento antes de la carga previa al segundo uso.	Para tracción, debe limitarse a tres usos al día, con al menos 3 horas de intervalo para su completo enfriamiento antes cada carga.
Descarga	Debido al efecto	Después de su uso,

	memoria, deben descargarse después de su uso. Pueden descargarse individualmente indefinidamente con resistencia.	pueden descargarse individualmente con resistencia hasta alcanzar 1V, pero no conviene descargarlas indefinidamente.
Almacenamiento	Deben almacenarse completamente descargadas.	Pueden almacenarse completamente descargadas. Si no se han usado durante varias semanas, se recomienda un ciclo carga/descarga el día anterior a ser usadas nuevamente.

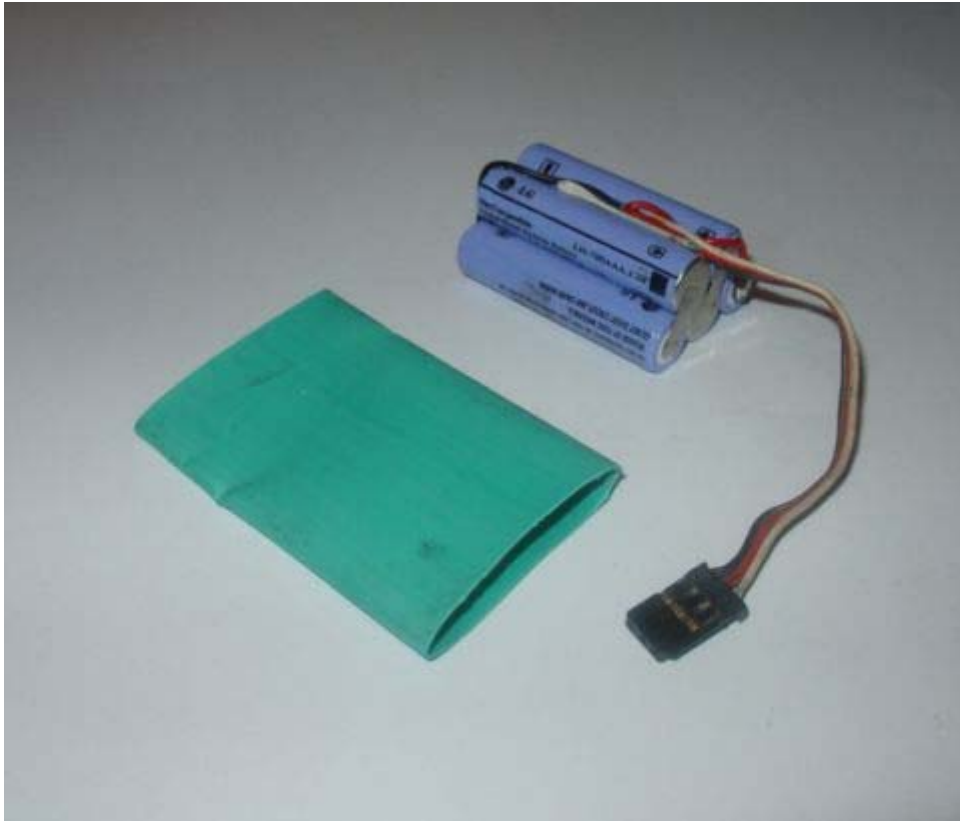
Excepto en el caso del chispómetro, los paquetes de baterías que usemos se dispondrán en general conectando baterías individuales en serie (el positivo de una se soldará al negativo de la siguiente; los polos no soldados de la primera y la última serán los polos del paquete), lo que sumará sus voltajes. Será difícil que las baterías son idénticas, y estén en el mismo estado de carga, por lo que deberemos tener en cuenta:

- El cargador debe detectar en el proceso de carga el "**delta peak**" en la suma de tensiones, lo cual no se producirá en todas las baterías a la vez. Por tanto, cuantos menos elementos en serie carguemos a la vez, mejor (aunque el cargador admita cargar 12 elementos, no cargaremos en serie dos paquetes de baterías usadas en tracción de coches eléctricos, por ejemplo).
- En la descarga deberemos evitar la **sobredescarga**, lo que puede destruir un elemento por **polarización inversa**, particularmente en los paquetes empleados en la emisora.

Preparación del paquete de baterías.

Como se ha dicho, es posible que adquiramos un paquete de baterías ya ensamblado; para tracción en eléctricos esto es lo común, ya que el fabricante selecciona y caracteriza individualmente cada batería. Podemos ver en la sección trucos, diversas formas de hacer el paquete. Los tamaños empleados en general son AAA, AA y AE en 1/10 y 1/8, y AA y SC en Gran Escala. Los paquetes son de cinco elementos conectados en serie, con tensión nominal de 6V, compatible con receptor y servos. Nótese que si alimentamos un "transponder" personal (PT), la tensión en ningún momento debe

bajar de 4V. Si nos construimos nosotros mismos el paquete, en general procederemos según las figuras:



En la imagen aparece un paquete soldado de cinco baterías de NiMH tamaño AAA, apropiadas para alimentar receptor y servos en escalas 1/10 y 1/8 con motor de explosión, que se envolverán con funda termorretráctil:

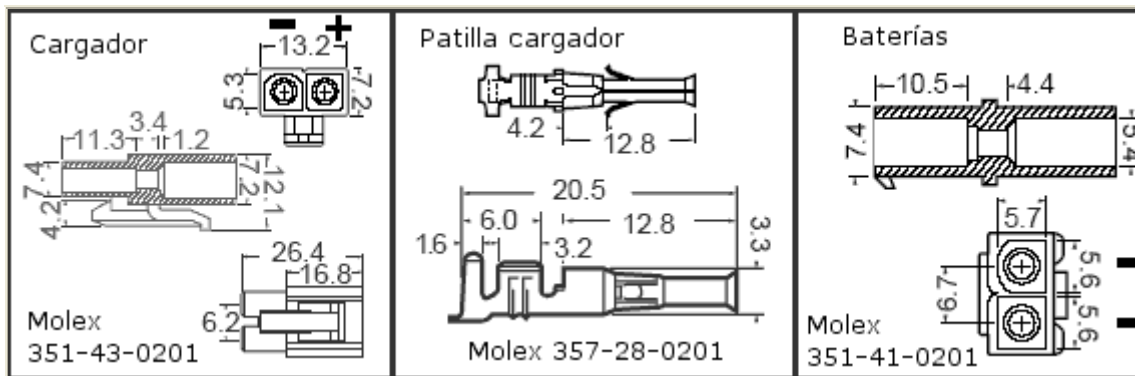
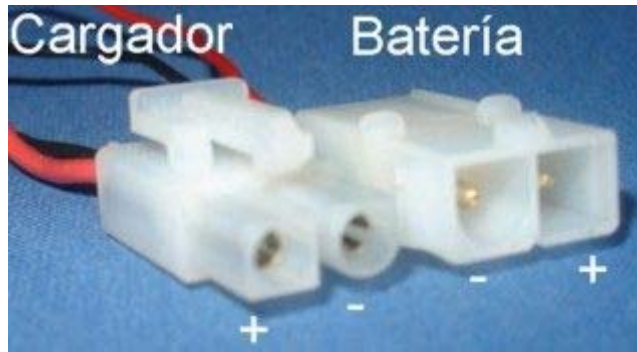
- Las baterías deben tener **lengüeta**, lo que facilitará la soldadura, evitando calentar en exceso las baterías al soldarlas entre sí.
- Las baterías se sueldan en serie, soldando positivo con negativo.
- El conector debe ser **hembra**, de modo que los terminales queden protegidos. En la figura se emplea un conector de servo, por lo que el cable blanco no se usa, aunque debe emplearse como protector de positivo y negativo, dando coca (sobrante) a éstos, y pegando el cable blanco con cianocrilato a una batería, de forma que sea él el quede tirante.
- Se seguirá la convención habitual: rojo positivo y negro (u otro color oscuro) negativo. La disposición depende del fabricante (en la figura Futaba).

Las baterías se pegarán entre sí con cianocrilato.

En el caso de baterías de tracción de coches eléctricos, las figuras indican los conectores y patillas Molex usados universalmente tanto en el cargador como en el paquete de baterías, y la polaridad de los terminales.

El polo positivo lleva cable rojo, y el negativo lleva cable negro.

Las referencias Molex de conectores y patillas se indican en la figura.





Basta un secapelo para calentar la funda y que se contraiga contra las baterías.



Finalmente, se cortará la funda sobrante y se sellará el paquete en ambos extremos con silicona.

Detección del fin de la carga

Puede hacerse por:

- **Tiempo:** método muy poco fiable.
- **Temperatura:** además del problema del sensor, requiere comenzar la carga con los elementos fríos (lo cual, como se ha dicho, se recomienda).
- **Por elevación de voltaje** (cargador "**delta peak**"). El cargador debe medir con precisión la tensión del paquete según la gráfica expuesta antes. El momento en que la tensión sufre una alta elevación y baja ligeramente marca el fin de la carga. Nótese que si se cargan baterías en serie en desigual estado de carga puede no detectarse el pico de tensión.

Efecto memoria

Se presenta en baterías de **NiCd**, y no en otras. Se manifiesta de tres formas:

- **Por sobrecarga:** si un elemento se ha sobrecargado, o sometido a carga lenta durante tiempo excesivo, da un voltaje menor al final del ciclo.
- **Si repetidamente no se agota su carga antes de la recarga del elemento.** El elemento "recuerda" que no está siendo agotado, y baja su tensión a alrededor de 1V en el punto en que se suele terminar de usar, aunque aún le quede carga. El efecto práctico se manifestaría haciendo repetidamente mangas de 5 minutos (no llegando a agotar la carga), con recarga entre mangas; si entonces intentamos una manga de 8 minutos, a los 5 minutos bajará considerablemente la tensión, que será baja en los últimos 3 minutos. La solución es una descarga completa (no más allá de donde pierda carga completamente el primer elemento en hacerlo) y cargar nuevamente.
- **Por carga reciente:** tras carga completa, el elemento da al inicio de la descarga una tensión ligeramente superior. Puede aprovecharse esto dejando el último minuto o dos de la carga para justo antes de empezar la carrera.

La recomendación general para evitar el efecto memoria es la descarga completa de las baterías. Lo ideal sería una descarga individual de cada elemento, sólo factible si en el paquete se han previsto accesos a los polos de todos ellos; en este caso, cada elemento podría descargarse con una resistencia, y se evitaría la

polarización inversa en todos ellos. Si no es así, debemos limitar el fin de la descarga cuando la tensión total haya bajado suficientemente (tal como a 1.1V por elemento). Existen **descargadores** especiales que realizan esta función, o incluso es programable la tensión a la que se interrumpe la descarga.

Nótese que en baterías de **NiMH** no se produce efecto memoria. No obstante, cada fabricante puede tener su propia recomendación sobre si conviene o no dejarlas cargadas, parcialmente cargadas o descargadas tras su uso; una recomendación con carácter general para NiMH es almacenarlas con algo de carga.

Baterías usadas para tracción de coches eléctricos

Las baterías usadas para tracción en automodelismo requieren un estudio aparte. En la práctica, sólo hay un fabricante (Sanyo), aunque Panasonic ha intentado suministrar elementos (baterías moradas). Sanyo selecciona los elementos que cumplen los requisitos para ser usados en tracción, y los que no cumplen se destinan a otros campos donde el uso es más convencional. Los paquetes son generalmente de 6 baterías en serie (agrupadas de tres en tres o juntas), lo que da una tensión total nominal de 7.2V (8.4V a plena carga), siendo las carreras a 5 minutos más última vuelta. En eléctricos pista escala 1/12 los paquetes son de cuatro baterías con 4.8V de tensión nominal, y las carreras son a 8 minutos más última vuelta.

El tamaño de estos elementos es **Sub-C**, por lo que en la denominación convencional de estas baterías aparece "**SC**". Asimismo, el color del elemento indica las prestaciones teóricas del mismo.

Los tipos principales en NiCd han sido:

- **SCR**: rojas, 1400 mAh, voltaje de descarga alto, baja resistencia ("**R**"), sólidas (admiten muchos ciclos carga/descarga).
- **SCE**: amarillas, 1700 mAh, mayor capacidad ("**E**" de energía), mayor resistencia interna, delicadas en cuanto a la carga/descarga (requieren un considerable tiempo de reposo antes de cargar nuevamente. En desuso).
- **SCRC**: negras, síntesis de SCR y SCE (baja resistencia de las SCR y alta capacidad y solidez de las SCE). "**RC**" significa adecuadas para radio-control.

- **SCRC-SP**: "special production", serie especial posterior a las SCRC.
- **SCRC-2000**: azul claro, 2000 mAH. Aparecieron hacia 1997 y se homologaron para competición poco después.

En los elementos que veamos seleccionados para competición de alto nivel, veremos por ejemplo indicados en etiqueta los segundos que dura con descarga a 20A, y corte a 0.9V, que debe superar la duración de una manga (5 minutos). Otras veces se parametriza a descarga de 25 ó 30A y corte a 0.85 ó 0.80V. Existen cargadores especializados tipo ordenador, donde los paquetes se pueden cargar óptimamente y comprobar si en descarga se siguen cumpliendo las características del elemento.

Los ensambladores de paquetes destinados a tracción en automodelismo **seleccionan y aparean elementos**, produciendo paquetes destinados a competición de alto nivel. Además, someten los elementos a ciclos de carga/descarga (normalmente cinco, descargando individualmente los elementos a 20A ó 30A según el ensamblador). Este ciclado asegura que los elementos "débiles" quedan apartados, particularmente con descargas a 30A. Incluso algunos ensambladores caracterizan los paquetes para todo terreno (mayor tensión media de descarga) o pista (mayor capacidad). Con todo ello, se explica la diferencia de precio de paquetes de baterías.

Los paquetes deben hacerse con funda termo-retráctil transparente de modo que podamos ver el elemento. Las lengüetas que unen en serie los elementos son asimismo especiales y de gran solidez, y son piezas separadas de la batería, soldadas con estaño. Puede preverse agujeros en el termo-retráctil para la descarga individual de los elementos. Y dado que las pletinas de conexión de elementos son muy sólidas, se suele prescindir de la funda termo-retráctil si el paquete es en dos partes (3+3).

Modernamente, existen elementos **NiMH-3000** y **NiMH-3300** (níquel-hidruro de metal, 3000 ó 3300 mAH) que se han popularizado para tracción en automodelismo, y las han sustituido en competición. Las ventajas que presentan frente a las de **NiCd** son:

- Mayor capacidad a igualdad de volumen, en torno al 50%.
- Sin efecto memoria.
- No son contaminantes.

Las desventajas son:

- Resistencia interna ligeramente mayor.

- Son más delicadas para cargar; por ejemplo, si la carga lenta en **NiCd** es como muy baja C/10, en **NiMH** es de C/20, y de hecho en muchos cargadores se avisa "**sólo NiCd**".

Aunque en **NiCd** los principales fabricantes han sido Sanyo y Panasonic, han aparecido más fabricantes en **NiMH**. Las baterías aprobadas por EFRA para tracción en eléctricos de **NiMH** de capacidad en torno a 3600-3700 mAh para 2005 son:

Fabricante	Modelo	Elemento
Gold Peak	GP370SCHR	
Gold Peak	GP370SCHC	
VTEC	SC-3700UP	
Sanyo	RC-3600HV	
Intellect	IB 3600	

Como se ha dicho, y si se las carga adecuadamente, las baterías de **NiMH** en formato **AAA** y **AA** y otros tienen aplicación en emisoras y receptores, por su mayor capacidad a igual volumen. La tensión de salida de elementos **NiMH** es equivalente a la obtenida con **NiCd**. La elevación de tensión indicada en **NiCd** también se produce en **NiMH**. El "efecto memoria" de los elementos de **NiCd** no se manifiesta en **NiMH**. Ello permite:

- En Mini RC se emplean baterías de NiMH en formato **AAA** para tracción , en capacidades de 750 a 900 mAh, (o bien baterías de LiPo).
- En escalas intermedias, podemos emplear baterías de NiMH en formato **AAA** para receptores y servos en capacidades de 750 a 1000 mAh, con considerable ahorro de peso y tamaño respecto a las de NiCd.
- En Gran Escala, podemos emplear baterías de NiMH en formato **AA** para receptores y servos en capacidades de 2000 a 2500 mAh, con considerable ahorro de peso y tamaño respecto a las de NiCd.
- En la emisora, podemos emplear baterías de NiMH en formato **AA** en capacidades de 2000 a 2500 mAh, con considerable ganancia en capacidad respecto a las de NiCd, o bien baterías de LiPo con un considerable ahorro de peso.

Una importante evolución a partir del año 2001 relacionada con las baterías es la aparición de los motores eléctricos de corriente continua sin colector, específicos de radiocontrol, que por su superior rendimiento al prescindir del colector darán lugar a un aumento de prestaciones y mayor autonomía en las baterías.

Baterías de polímero de litio (LiPo).

Aunque en otros campos son más comunes las baterías de litio-ión (**LiIo**), en automodelismo se han popularizado las baterías de tipo **LiPo**.

En el año 2000 una compañía coreana (Kokam) comienza a fabricar baterías de **polímero de litio (LiPo)**. Los elementos de LiPo tienen como características fundamentales:

- Tensión nominal: **3.7V**. Por tanto, un paquete de tracción para eléctricos se construirá con dos elementos LiPo, y un paquete destinado a la emisora con tres.
- **Gran ligereza**, lo que les hace ideales para el vuelo eléctrico y para Mini RC en las escalas 1/16 a 1/18, particularmente usando [motores sin colector](#).
- Pueden combinarse **en serie y paralelo**, aunque requieren acondicionamiento ([equilibrado](#)) para ello. Es posible que en la descripción de estas baterías veamos términos como **2S2P**, **3S2P**, que indican los elementos



Elemento LiPo

- en serie y paralelo en un paquete.
- **Impedancia baja**, similar a NiCd o NiMH, lo que las hace adecuadas para tracción
 - Admiten fuerte descarga (hasta 15-20C), lo que igualmente las hace apropiadas para tracción.
 - Sin [efecto memoria](#) de baterías de NiCd.
 - No son contaminantes como las baterías de NiCd. Si se van a desechar se recomienda una descarga completa con resistencia, lo que las destruye.
 - Forma **ortoédrica** con altura de pocos milímetros, lo que en coches permite bajar el centro de gravedad. Por ejemplo:
 - Elemento de C=340 mAh: mide 3x30x55 mm y pesa 10 pondios.
 - Elemento de C=1050 mAh: mide 5x35x62 mm y pesa 20 pondios.
 - Elemento de C=2100 mAh: mide 4.2x55x85 mm y pesa 40 pondios.
 - Elemento de C=2670 mAh: mide 4.55x64x95 mm y pesa 54 pondios.
 - Admite **carga rápida** (hasta **1C**; para C=1500 mAh ello supone 1.5A) y fuerte descarga (hasta 15C-20C).
 - Requieren **cargadores especiales**, caracterizados "**LiPo**". En el proceso de carga no se manifiesta el pico de tensión que aparece en baterías de NiCd o NiMH, por lo que los cargadores tipo "delta peak" son inútiles para LiPo. Son recomendables aquellos que permiten definir el número de elementos en serie (en general, 2 ó 3). En general, cargan rápidamente al principio, y terminan con carga lenta. Un elemento se supone completamente cargado cuando su tensión alcanza **4.235V**, por lo que la secuencia de carga, que supone que los elementos estén **equilibrados**, puede ser:
 - Cargar a 1C hasta que la tensión alcance el 90% de la carga máxima (unos **3.8V** por elemento).
 - Cargar a 0.1C hasta que se alcance la carga máxima (**4.235V** por elemento).
 - **Baja autodescarga**, en torno al 0.2% diario.
 - Vida útil de unos **500 ciclos** de carga-descarga.
 - En su uso no deben sobrepasar los **70°C**.
 - Se deben almacenar a **media carga** (**3.5 a 3.8V** por elemento) en sitio fresco.

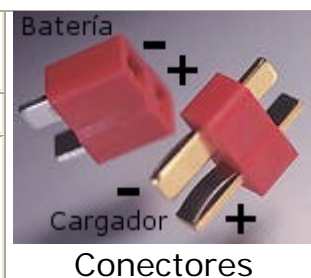
- La descarga por debajo de **3V (sin carga)** ó **2.5V (en carga)** puede dañarlas.


Este tipo de baterías tanto la carga como la descarga han de realizarse con gran cuidado:

- Si el paquete va a ser utilizado con tasas de descarga superiores a 2C (caso normal de tracción, no en paquetes para emisora), se recomienda hacer dos o tres ciclos de carga y descarga a 1C antes de utilizarlo, y asimismo si el paquete ha estado almacenado un largo tiempo.
- Se recomienda **equilibrar el paquete** antes de utilizarlo (posiblemente ya hecho por el ensamblador del paquete), y periódicamente. Básicamente, este proceso iguala tensiones de elementos o grupos de elementos dispuestos en serie, de forma que el cargador pueda detectar fin de carga simultáneo. Requiere que los terminales de los elementos estén accesibles. Aunque podemos hacerlo con precaución con una resistencia de unos 5 ohmios y 3W (midiendo la tensión de los elementos y descargando el que de el más alto valor hasta que la diferencia de tensiones entre elementos en serie sea de **0.1V** o menor), existen instrumentos adecuados a este fin.
- Existen balanceadores para LiPo que pueden ayudar a hacer más preciso el proceso el proceso de carga. Se conectan individualmente a cada elemento, y evitan su carga si su tensión se aproxima al máximo permitido.
- Un voltímetro digital y tener todos los terminales de los elementos individuales accesibles nos ayudarán en un mejor uso de este tipo de baterías. Como se ha dicho, debemos comprobar periódicamente el equilibrado.
- **Nunca sobredescargar.** Si el ESC lo permite, deberemos programar su tensión de corte a **3V** por elemento (6V para un paquete LiPo de dos elementos, 9V para uno de tres, etc).

Ejemplos de paquetes:

Capacidad (mAh)	Tensión (V)	Descarga	Masa (g)	Medidas (mm)
600	7.4	15C	24	11x37x55
1200	7.4	15C	48	19x37x55



					
1800	7.4	15C	72	27x37x55	
1800	11.1	15C	108	15x37x165	Paquete LiPo

Comprobaciones

Existen multitud de accesorios de Automodelismo para carga, descarga y comprobación de baterías, algunos muy sofisticados. El más elemental es el voltímetro de continua. Los principales parámetros que nos informarán sobre el estado de la batería son:

- **Tensión:** como se ha dicho, para NiCd o NiMH 1.2V (generalmente 1.4V a tope de carga). La tensión del paquete será 5 (receptor), 6 (tracción) u 8 veces superior (emisora), es decir, 5-7V, 7.2-8.4V ó 9.6-11.2V, según el caso.
- **Capacidad:** 500 a 3300 mA·h, según tipo. En baterías para tracción, se deben comprobar los segundos que mantiene tensión en condiciones de descarga determinadas, equivalentes a condiciones de carrera.
- **Resistencia interna,** importante en tracción. Se nota que un elemento envejece cuando aumenta su resistencia interna. Para estimar si ha aumentado la resistencia interna, podemos medir la tensión en bornes de batería haciendo girar el motor en vacío, y compararla con la de un paquete en buen estado, o mejor utilizar una **resistencia de potencia:**
 - Supongamos un paquete de 6 elementos (**7.2V**) para tracción, que vamos a probar sobre una resistencia de **0.5 ohm**. La corriente será de **14.4A**, cercana a condiciones de carrera.
 - La potencia de la resistencia debe ser de al menos $V^2/R = 103.68W$. Podemos sustituirla por **6 resistencias de 3 ohm y 20W en paralelo, 10 resistencias de 5 ohm/15W**, etc. Las resistencias deben soldarse firmemente.
 - Si en vacío la tensión es **7.2V** y en carga sobre dicha resistencia fuera de **6V**, habrá **1.2V** de caída en la resistencia interna del paquete. Como hay **6V** sobre la resistencia externa, la resistencia interna será $1.2 \cdot 0.5 / 6 = 0.1 \text{ ohm}$.
 - En todo caso, podemos comparar la tensión sobre la resistencia en un paquete en buen estado.

- Si consideramos que la resistencia interna ha aumentado excesivamente, podemos deshacer el paquete y medir individualmente las tensiones en descarga de los elementos, pues es posible que sea sólo uno de ellos el que presente dicho aumento de resistencia. Si ello es así, sustituiremos dicho elemento aprovechando el resto del paquete.
- Nótese que podemos utilizar esa misma resistencia para comprobar los reguladores electrónicos de velocidad. A plena aceleración podemos estimar la caída en el regulador restando la tensión del paquete de baterías y la medida en la resistencia.
- **Tensión media de descarga en condiciones de carrera**, importante en tracción. Este parámetro es importante, pues mide la adecuación para carrera, aunque requiere **cargador/descargador tipo ordenador** para su medida. No es lo mismo en carrera tener una tensión media de 1.15V que tener 1V.

Las baterías usadas en tracción, cuando se acaba su vida, lo van a manifestar por pérdida de prestaciones, o dificultad de carga (la elevación de tensión debida al aumento de resistencia interna confundirá al detector de pico de un cargador "delta peak", y la carga terminará antes de tiempo). Hay otros casos que pueden ocurrir, tal como el fin de un elemento, lo que se manifestará en la tensión total del paquete, que lógicamente será 1.2V inferior a su valor nominal. Sin embargo, un caso peligroso es la pérdida de capacidad, que puede dar lugar, por ejemplo en el paquete del receptor, a que empecemos una carrera normalmente, y notemos al cabo del tiempo que los servos no reaccionan con la rapidez esperada: un elemento se ha descargado, y la tensión del paquete ha bajado de 6V a 4.8V. Si el paquete por accidente ha sufrido un cortocircuito, debemos asimismo comprobarlo. Si carecemos de **cargador/descargador tipo ordenador**, podemos hacer una comprobación de la curva de descarga como sigue:

- Se hace una carga completa (si es preciso, tras descarga, sometiendo al paquete a carga lenta).
- Se inicia la descarga a través de una resistencia de valor tal que aquélla deba durar unas **dos horas** (aproximado al de la tabla).

Paquete de 5 elementos (6V, receptor)			Paquete de 6 elementos (7.2V, tracción)			Paquete de 8 elementos (9.6V, emisora)		
Capacidad (mAH)	Resistencia (ohm, 2)	Potencia mínima	Capacidad (mAH)	Resistencia (ohm, 2)	Potencia mínima	Capacidad (mAH)	Resistencia (ohm, 2)	Potencia mínima

	h)	a (W)		h)	a (W)		h)	a (W)
500	24,00	1,5	1700	8,47	6,12	500	38,40	2,4
600	20,00	1,8	1800	8,00	6,48	600	32,00	2,88
700	17,14	2,1	1900	7,58	6,84	700	27,43	3,36
800	15,00	2,4	2000	7,20	7,2	800	24,00	3,84
900	13,33	2,7	2100	6,86	7,56	900	21,33	4,32
1000	12,00	3	2200	6,55	7,92	1000	19,20	4,8

- Se toman lecturas de tensión cada 5-10 minutos (para no olvidarse, se recomienda usar el cronómetro decreciente). Se observa si la descarga se parece a la gráfica, o si hay un descenso brusco. Asimismo, a las dos horas debe aún medirse la tensión nominal del paquete. No conviene excederse en la descarga, pues algún elemento puede sufrir polarización inversa y destruirse; podemos, por ejemplo, dejar de descargar cuando la tensión total sea el número de elementos por 1.1V (respectivamente, 5.5V, 6.6V ó 9.9V).

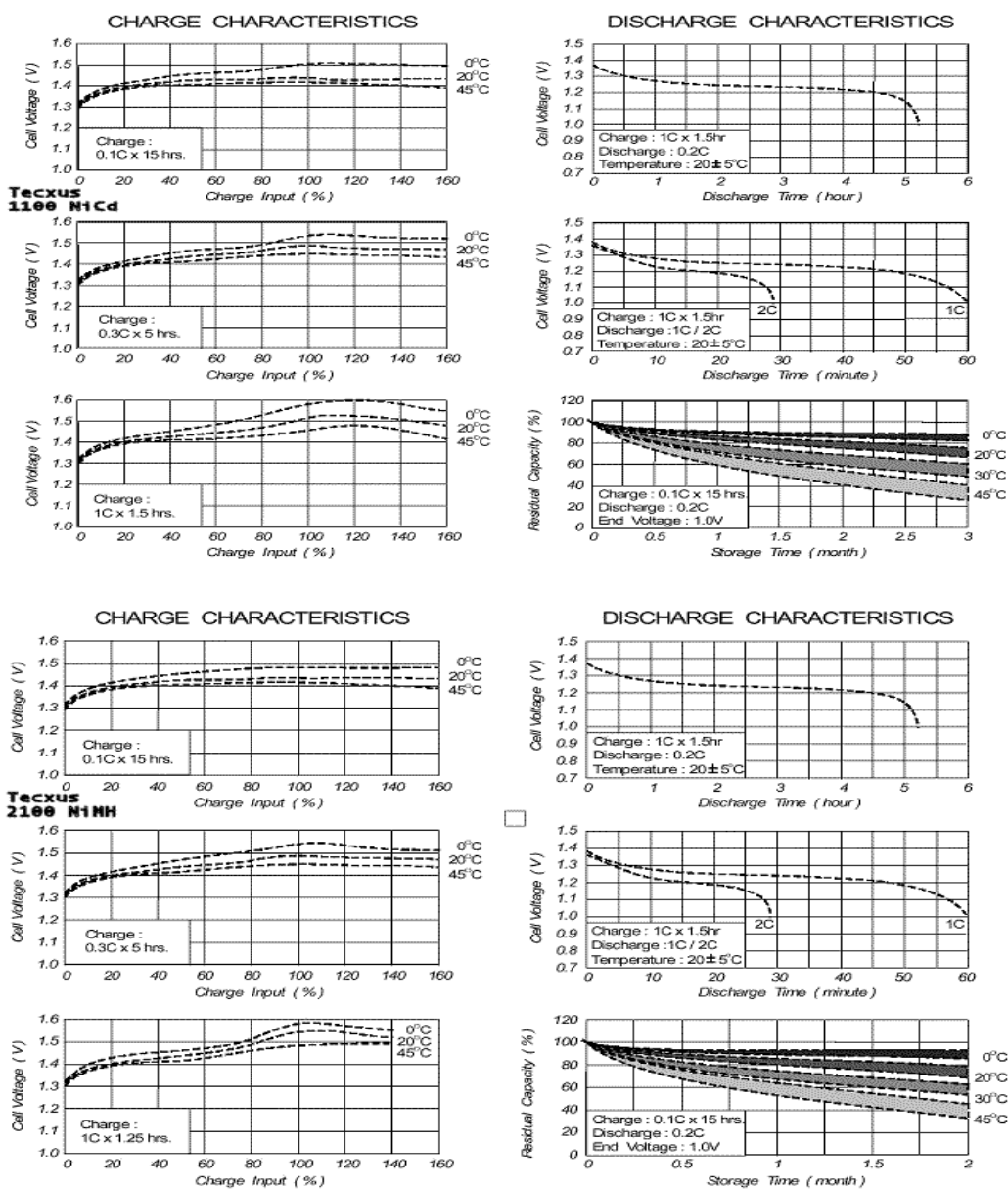
Nótese que, asimismo, con una simple resistencia podemos construir cargadores simples, conectados a una batería de 12V o a un cargador de baterías, cuyo valor calcularemos con la **ley de Ohm** ($I=V/R$), y cuya potencia de disipación mínima será $R \cdot I^2$. Supongamos que tenemos un chispómetro con batería de NiCd de 4Ah, que queremos cargar a C/3 desde una batería de 12V:

- La corriente será $C/3 = 4/3 = 1.33A$.
- La tensión del elemento será 1.2V, por lo que la resistencia debe ser $(12 - 1.2)/1.33 = 8.1 \text{ ohm}$. El valor más próximo superior disponible fácilmente será **8.2 ohm**.
- La potencia mínima de la resistencia será $R \cdot I^2$: $8.2 \cdot 1.33^2 = 14.6W$. Por tanto la resistencia debe ser de **8.2 ohm/15 W**.

Si nuestra fuente es de 12V, el método es aplicable a cualquier paquete excepto el de emisora, por ser de tensión total de valor muy próximo a dichos 12V. No obstante, por no terminar nunca la circulación de corriente, este método de carga sólo se usará en casos de urgencia o a corrientes pequeñas (C/10).

Es común para carga, descarga y comprobación de baterías utilizar un **cargador/descargador tipo ordenador**, que nos puede además indicar con precisión los diversos parámetros del paquete de baterías (resistencia interna, tensión media de descarga, duración predecible en condiciones de carrera, etc). Otra característica frecuente en estos y otros cargadores es la carga con corriente pulsante, de forma optimizable en función del uso del paquete de baterías.

Gráficas



En la figura se muestran gráficas de carga y descarga para baterías tamaño AA de NiCd (1100 mAh) y NiMH (2100 mAh) de un mismo fabricante (Tecxus); estas baterías serían apropiadas para emisora o receptor. Puede observarse que a baja temperatura ambas alcanzan tensión superior: de ahí la ventaja de la carga en hielo de elementos.

Otras características dadas por el fabricante serían:

- Peso: 24 pondios la de NiCd y 30 pondios la de NiMH.
- Resistencia interna: 16 miliohms la de NiCd y 20 miliohms la de NiMH.

- Carga indefinida: 0.05C para ambas (55 mA la de NiCd y 110 mA la de NiMH).

En general, las características, aparte de ser la capacidad casi el doble en NiMH para el mismo peso, son muy similares.

Comparativa de elementos para baterías												
Elemento	Tipo	Tensión (V)	Capacidad (mAh)	Resistencia (mohm)	Dimensiones (mm)	Masa (g)	Volumen neto (cm ³)	Volumen bruto (cm ³)	Energía (J)	Energía/masa (J/g)	Energía/volumen neto (J/cm ³)	Energía/volumen bruto (J/cm ³)
Sanyo RC-2400	NiCd	1.2	2300	3.5	23x43.5 (SC)	60	18.064	23.011	9936	165.6	550	432
Sanyo RC-3600	NiMh	1.2	3600	4	23x43.5 (SC)	60	18.064	23.011	15552	259.2	861	676
Kokam 340	LiPo	3.7	340	74	55x30x3	10	4.95	4.95	4529	453	915	915

En la tabla anterior, el volumen bruto se refiere al del ortoedro que encierra los elementos indicados tamaño SC, de forma cilíndrica; en LiPo el volumen bruto y neto prácticamente coinciden al ser la forma del elemento ortoédrica. La densidad de energía es superior en LiPo, aunque su resistencia interna es mayor.

Comparativa de paquetes								
Paquete	Tipo	Tensión (V)	Capacidad (mAh)	Resistencia (mohm)	Dimensiones (mm)	Masa (g)	Volumen bruto (cm ³)	Energía (J)
6 x Sanyo RC-2400	NiCd	7.2	2300	21	138x43.5x23	360	138	59616
6 x Sanyo RC-3600	NiMh	7.2	3600	24	138x43.5x23	360	138	93312
Kokam 340 2S4P	LiPo	8.4	1360	37	55x30x24	80	39.6	36232

Idealmente, en el caso de paquetes la energía por masa o volumen (bruto) coinciden con la de los elementos individuales. La resistencia interna de un paquete LiPo, al disponerse elementos en paralelo y necesitarse de sólo dos en serie para una tensión de paquete parecida, tiende a igualarse a la de un paquete NiCd o NiMH.

El futuro

Como se ha dicho, en automodelismo los principales usos de baterías son en el equipo de radio (emisora y receptor/servos), chispómetros y tracción en eléctricos.

La tracción en los coches eléctricos de competición, y similarmente el **vuelo eléctrico** (aviones y helicópteros), es uno de los campos en que se necesita una fuente de energía eléctrica recargable, ligera, barata, no contaminante y de alta capacidad, que los dote de suficientes **prestaciones y autonomía**. En muchos dispositivos electrónicos las pilas o baterías cumplen suficientemente su función (relojes, radios, etc), pero otros campos con la misma demanda que la tracción en eléctricos, y donde la demanda principal es la de **larga autonomía**, son:

- Ordenadores portátiles.
- Cámaras de vídeo.
- Teléfonos móviles.
- Satélites (disponen de energía solar).
- Y, cómo no, el coche eléctrico escala 1/1, sustituyendo a la gasolina y a otros combustibles.

Las baterías de **NiCd, NiMH, ión-litio** y otras tecnologías vienen a intentar responder a esa demanda. En automodelismo hoy por hoy, el coche eléctrico está lejos en **prestaciones y autonomía** del coche de explosión, pero más lejos aún lo está el coche eléctrico escala 1/1 del coche de gasolina escala 1/1.

Una solución distinta se puede encontrar con **células de combustible** ("**fuel cells**"), alimentadas por metanol y agua. Se anuncian para el futuro micro células ("micro fuel cells"), de las que se dice podrán alimentar un teléfono móvil durante un mes. Más información en:

- [Manhattan Scientifics](#)
- [Matshusita Electric Works](#)

En noviembre de 2004 **Toshiba** anunció un ordenador alimentado con célula de combustible de metanol. 100 cc de metanol y agua supondrán 10 horas de autonomía. El nombre de esta célula es "**Direct Methanol Fuel Cell**" (**DMFC**).

Opel está probando la **pila de combustible** de hidrógeno, que alimentada por hidrógeno (en estado líquido en un depósito de 68 litros, pesando sólo 4.6 Kp) y oxígeno (tomado del aire) produce energía eléctrica y agua, sin producción de CO₂ ni otros residuos. Esa energía eléctrica mueve el motor eléctrico de un coche eléctrico escala 1/1 (**Opel Zafira HydroGen3**). La potencia es de 82 CV y el peso del coche es de 1.590 Kp, con prestaciones de coche de calle:

- Aceleración 0-100 Km/h: 16 segundos.
- Velocidad máxima: 160 Km/h.
- Autonomía: 400 Km.

Dicho **Opel Zafira HydroGen3** ha realizado un maratón de 10.000 Km de Noruega a Portugal, que terminó el 09/06/04 cuya información puede consultarse en <http://www.marathon.gm.com/>; el coche puede verse en movimiento ingresando en <http://www.automodelismo.com/vueltas.htm#opelzafh3>

En una hipotética futura carrera de F1 de coches de hidrógeno, dada su ligereza (menos de una décima parte que la gasolina de hoy), tras un repostaje no se dirá "El coche ha cargado mucho hidrógeno y pierde varias décimas por vuelta".

¿Habrá en el futuro carreras en que veamos a los mecánicos repostar algún tipo de mezcla, pero los coches llevarán motor eléctrico, y casi no se oirá ruido?