



## Vitecfv # 26 ACTUALIZACIÓN SOBRE BATERÍAS DE NIQUEL-HIERRO

DR.C. DANIEL STOLIK

MARZO 21 2021

En **abril** del año **2016** expusimos la SEÑAL FV # 11 sobre CUBA: NIQUEL, FOTOVOLTAICA (FV), ALMACENAMIENTO ELÉCTRICO, LINEAS ELÉCTRICAS, TRANSPORTE, donde argumentábamos la gran oportunidad de acometer la producción nacional de baterías eléctricas en función del aumento de la generación eléctrica y del transporte. En este vitecfv # 26 rememoramos al respecto parte de lo planteado en la Señal FV # 11 y a continuación el estado del arte actual con respecto a las baterías de níquel-hierro.

### CONTENIDOS TEXTUALES DE LA SEÑAL FV 11 DE ABRIL 2016

Son conocidas las múltiples aplicaciones que tienen las baterías de almacenamiento eléctrico, desde pequeñas hasta gigantescas. En ese gran espectro de posibilidades abordaremos dos importantísimas aplicaciones, que están en función de:

- 1.- Aumento de la generación eléctrica de las fuentes renovables de energía (FRE).
- 2.- Transporte eléctrico.

..... hay más oportunidades, concretamente se trata de la existencia de baterías de almacenamientos fijos de electricidad en la que tenemos los minerales en Cuba, sobre todo el níquel, se trata de dos tipos de baterías:

- **La de Ni-MH (níquel – hidruro metálico)**
- **La de Ni-Fe (níquel-hierro).**
- 

..... Las baterías de Ni-MH(níquel – hidruro metálico) se pintan más para el transporte y el de Ni-Fe para almacenamiento de la red eléctrica a partir de la FV, aunque ambas se pudieran utilizar indistintamente.

### BATERÍA DE NIQUEL E HIDRURO METÁLICO (Ni-MH)

Cada pila de Ni-MH puede proporcionar un voltaje de 1,2 voltios y una capacidad entre 0,8 y 2,9 amperio-hora. Su densidad de energía llega hasta los 100 Wh/kg, y los ciclos de carga de estas pilas oscilan entre las 500 y 2000 cargas. Este tipo de baterías se encuentran menos afectadas por el llamado efecto memoria, en el que en cada recarga se limita el voltaje o la capacidad (a causa de un tiempo largo, una alta temperatura, o una corriente elevada), imposibilitando el uso de toda su energía.

En 2005 se desarrolló una variante de baja auto descarga (*low self-discharge*, LSD) para estas pilas. Las baterías LSD-NiMH presentan una tasa de auto descarga mucho menor, lo que permite almacenarlas durante largos periodos de tiempo sin dañar la batería por desuso y pudiendo utilizarse de forma inmediata cuando sea requerido. La batería de Ni-MH cuya patente (Ovchinsky) terminó en el 2014 y de la cual ya se habla que hará un espectacular regreso en los autos eléctricos, actualmente (era en 2016) incluyen todos los vehículos de propulsión totalmente eléctrica como el General Motors EV1, Honda EV Plus, Ford Ranger EV y el scooter Vectrix. Vehículos híbridos como el Toyota Prius, Honda Insight o las versiones híbridas de los Ford Escape, Chevrolet Malibu y Honda Civic Hybrid también las utilizan. El transporte público de la ciudad de Niza (Francia) cuenta con el tranvía de piso bajo Alstom Citadis.

### BATERÍA DE NIQUEL-HIERRO (Ni-Fe)

Fueron hechas con grandes ganancias desde 1903 hasta 1972, hasta 1920 la se usó en coches eléctricos, su gran durabilidad y fiabilidad hizo que en los años siguientes fuera **muy utilizada en el transporte por ferrocarril, en la minería y en otras industrias**, los trenes norteamericanos desde 1910 hasta 1965 usaron las baterías de níquel - hierro para la iluminación de todo el tren. En 1970 la compañía *Eagle Picher* de el Reino Unido hizo una

campana publicitaria de una batería Ni-Fe para auto que **"duraría tanto como el todos los autos que pudiera llegar a poseer en su tiempo de vida", o sea, que esta sería la definitiva y única.** Que jamás tendría que volver a comprar una batería para su auto,

Cuando los que manufacturan baterías de ácido plomo se dieron cuenta de que un acumulador para auto tendría décadas de uso sin tener que cambiarse procedieron a desaparecer la tecnología de la faz de la tierra cosa que lograron en EEUU. La corporación de baterías Exide las descontinuó en 1975. El conocimiento de las baterías Ni-Fe lo desaparecieron de los libros técnicos en la materia para el final de la Segunda Guerra Mundial,

Actualmente existen fabricantes de baterías Ni-Fe en EEUU, China, India y Rusia, los chinos tienen ya 20 años de hacerlas y las han perfeccionado, existe una especial para los autos. Las baterías de Ni-Fe se fabrican con capacidades de 5Ah hasta 1000 Ah, no tienen ni plomo ni cadmio que son dañinos a la salud humana. Es una batería muy robusta, tolerante al abuso, (sobrecarga, descarga profunda y cortocircuitos), puede tener muy larga vida, incluso maltratada, se mantiene cargada cuando no está en uso, permite que la batería retenga el 70%-85% de su capacidad.

Dada que duran toda una vida son ideales para usarse en la energía renovable y perfecta para los paneles FV que también duran por lo menos 25 años. Este tipo de baterías debe de ser conocido y debe de ser de uso popular en las aplicaciones de energía renovable.

El electrolito (el agua de la batería) es hidróxido de potasio que es cáustico pero que puede ser re utilizado para fertilizar cuando se diluye en tierras ácidas, el hidróxido de potasio es la sosa cáustica que se usa para destapar cañerías.

Estas alternativas se basan en la de la existencia de baterías que se mueven junto con el transporte específico. Energía/peso 30-50Wh/kilo. Energía/Tamaño 30Wh/l, poder/peso 100w/kilo. eficiencia en Carga/descarga 65% - 85%. Precio al consumidor 1.5 - 6.6Wh / 1 dólar USA. Descarga sin uso 10 - 15% mensual. Durabilidad de 30 a 100 años.

Durabilidad de ciclo (el llenarla y vaciarla) no reduce la vida de la batería significativamente.

Carga nominal por cada celda 1.2Volts. Temperatura de cargado mínima -40 grados máxima 46 grados centígrados.

A continuación una síntesis de las características de distintos tipos de baterías:

Tipo	Energía/ peso Wh/kg	Tensión por elemento (V)	Duración (número de recargas)	Tiempo de carga horas	Auto-descarga por mes (% del total)
Plomo	30-40	2	1000	8-16	5 %
Ni-Fe	30-55	1,2	+ de 10 000	4-8	10 %
Ni-Cd	48-80	1,25	500	10-14	30 %
Ni-Mh	60-120	1,25	1000	2-4	20 %
Li-ion	110-160	3,7	4000	2-4	25 %
Li-Po	100-130	3,7	5000	1-1,5	10 %

## EL GRAFENO Y LA BATERÍA DE NI-FE

En la actualidad algunas empresas fabrican las baterías de Ni-Fe, sobre todo, para almacenar los excedentes de electricidad generada por paneles solares y aerogeneradores eólicos.

Los investigadores han vuelto a poner sus ojos en estas baterías. Un grupo de científicos de la Universidad de Stanford (EEUU) ha creado una batería ultrarrápida de Ni-Fe que se recarga en dos minutos y se descarga en 30 segundos con la utilización de las posibilidades del grafeno.

La desventaja fundamental de la batería de Ni-Fe esta que posee una eficiencia del 65 %.

Pero con una gran cantidad de ventajas , entre las que están:

- Compuesta por elementos abundantes (níquel, hierro, potasio)
- Cuba tiene níquel que lo explotaría con mayor valor agregado..
- Bajo costo.
- Fácil fabricación.
- Admite sobrecargas, repetidas descargas totales e incluso cortocircuitos con poca pérdida de capacidad.

- No contamina, no contiene metales pesados y el electrolito diluido se puede usar en aplicaciones agrícolas
- Muy larga vida útil, algunos fabricantes plantean de > 100 años de esperanza de vida en los electrodos y 1000 ciclos de descarga 100 % en el electrolito.
- El electrolito se cambia cada 20 años.
- Funciona en un mayor rango de temperaturas, entre -40 °C y 46 °C

### CONCLUSIÓN (de la Señal # 11 de 2016)

La FV es una gran fuente para la carga de las baterías en distintas variantes, desde redes en líneas eléctricas hasta todo tipo de transporte.....

Una gigantesca oportunidad para Cuba está en la posibilidad producir en un futuro baterías de Ni MH (níquel-hidruro metálico) y las delas baterías de Ni-Fe

Todo lo anterior con vistas a contribuir, juntas con otras soluciones que escapen del marco de este trabajo, a dos tremendos problemas del país:

1. transporte y 2. Electricidad.

El análisis sobre el estado del arte de estos tipos de baterías y sus posibilidades lo continuaremos brindando en próximas Señales FV.

### HASTA Aquí parte de lo expuesto en la Señal FV 11

#### NUEVAS OPORTUNIDADES DE LA BATERÍA DE NIQUEL-HIERRO.

(Tomado en partes de la publicación de ayer 21 de marzo por [BBC Future](#))

El sueco Ernst Waldemar Jungner patentó por primera vez una batería de níquel-hierro en 1899 y Edison promovió su uso en autos, quien afirmó que la batería de níquel-hierro era increíblemente resistente y podía cargarse dos veces más rápido que las baterías de plomo y ácido. Incluso tenía un acuerdo con la automotriz Ford Motors para producir este vehículo eléctrico supuestamente más eficiente. Pero la batería de níquel-hierro tenía algunos problemas.

Era más grande que las baterías de plomo y ácido que se utilizaban y también era más cara. Además, cuando se cargaba, liberaba **hidrógeno**, que en ese momento se consideraba una preocupación y podía ser peligroso.

Desafortunadamente, para el momento en que Edison logró construir un prototipo, los vehículos eléctricos estaban desapareciendo y los autos propulsados por combustibles fósiles ganaban terreno, ya que podían recorrer distancias más largas en vez de tener que detenerse para recargar energía.

El trato de Edison con Ford Motors quedó inconcluso, aunque su batería continuó usándose en ciertos nichos como la señalización de ferrocarriles, donde su voluminoso tamaño no fue un obstáculo.

Más de un siglo después, **los ingenieros redescubrieron la batería de níquel-hierro como una especie de diamante en bruto**. Ahora se está estudiando como una respuesta al desafío permanente de generar energías renovables y complementar las fuentes de energía limpia como la eólica y la solar. Y el hidrógeno, que alguna vez fue considerado preocupante, podría convertirse en uno de los elementos más útiles de estas baterías.

### ELECTRÓLISIS

A mediados de la década de 2010, un equipo de investigación de la Universidad Tecnológica de Delft en los Países Bajos descubrió un uso de la batería de níquel-hierro basada en el hidrógeno producido. Edison creía que su auto eléctrico dominaría las calles de la época, pero no fue así. Cuando la electricidad pasa a través de la batería mientras se recarga, sufre una reacción química que libera hidrógeno y oxígeno. El equipo reconoció que la reacción se asemeja a la utilizada para liberar hidrógeno del agua, conocida como **electrólisis**.

Fokko Mulder, líder del equipo de investigación de la Universidad de Delft, comentó . "... que la química era la misma", que esta reacción de división del agua es una forma en que se produce hidrógeno para su uso como combustible y uno completamente limpio, siempre que la energía utilizada para impulsar la reacción sea de una **fuentes renovable**.

Si bien Mulder y su equipo sabían que los electrodos de la batería de níquel-hierro eran capaces de dividir el agua, se sorprendieron al ver que los electrodos comenzaron a tener un mayor almacenamiento de energía que antes de que se produjera el hidrógeno. En otras palabras, se convirtió en **una mejor batería** cuando también se usó como electrolizador. También se asombraron al ver lo bien que los electrodos resistieron la electrólisis, que puede degradar excesivamente las baterías más tradicionales. "Y, por supuesto, dice Mulder, estábamos contentos de que la eficiencia energética pareciera ser buena durante todo esto", alcanzando niveles del 80% a 90%. Mulder nombró a su creación el **"battolyser"** y espera que el descubrimiento pueda ayudar a resolver dos desafíos importantes para la energía renovable: el almacenamiento de energía y, cuando las baterías están llenas, la producción de combustible limpio.

## VALOR RENOVABLE

Las baterías convencionales, como las basadas en litio, pueden almacenar energía a corto plazo, pero cuando están completamente cargadas tienen que liberar cualquier exceso o podrían sobrecalentarse y degradarse.

Sin embargo, el "battolyser" de níquel-hierro permanece estable cuando está completamente cargado, momento en el que puede pasar a producir hidrógeno. **"(Las baterías de níquel-hierro) son resistentes y pueden tolerar la carga insuficiente y la sobrecarga mejor que otras baterías"**, dice John Barton, investigador asociado de la Escuela de Ingeniería Mecánica, Eléctrica y de Fabricación de la Universidad de Loughborough en Reino Unido, que también investiga el "battolyser". "Con la producción de hidrógeno, el 'battolyser' agrega almacenamiento de energía de varios días e incluso entre estaciones" del año, añade. El "battolyser" puede ser una forma de ayudar a equilibrar la oferta y la demanda de energía renovable de fuentes como la solar y la eólica.

Además de crear hidrógeno, las baterías de níquel-hierro tienen otras características útiles. En primer lugar, que requieren un **mantenimiento excepcionalmente bajo**. Son **extremadamente duraderas**, como lo demostró Edison en su primer auto eléctrico y se sabe que algunas duran más de 40 años.

.....el "battolyser" podría tener otro papel para la energía renovable: ayudarla a ser **más rentable**. Como cualquier otra industria, los precios de las energías renovables fluctúan según la oferta y la demanda.

Los electrolizadores alcalinos más tradicionales acoplados a baterías también pueden realizar esta función y están muy extendidos en la industria de producción de hidrógeno.

Mulder cree que el "battolyser" puede hacer lo mismo **por menos dinero y por más tiempo** gracias a la durabilidad del sistema. Es algo que está dando esperanzas a los partidarios del nuevo descubrimiento.

Y aunque el hidrógeno es el producto directo del "battolyser", también se pueden generar otras sustancias útiles, como el amoníaco o el metanol, que suelen ser más fáciles de almacenar y transportar.

El laboratorio de Edison en Nueva Jersey fue el lugar de nacimiento de muchos de sus inventos, tanto los que ganaron popularidad en su vida como los que no lo hicieron.

"Con un 'battolyser' instalado, (una) planta de amoníaco funcionaría de manera más constante y (necesitaría) menos mano de obra, lo que reduciría los costos operativos y de mantenimiento", dice Hans Vrijenhoef, director ejecutivo de Proton Ventures, que invirtió en el "battolyser" de Mulder.

"Así produciría amoníaco de la manera más barata, sostenible y ecológica", añade.

## ESCALANDO

En este momento, el "battolyser" más grande que existe es de 15 kW / 15 kW h y tiene suficiente capacidad de batería y almacenamiento de hidrógeno a largo plazo para alimentar 1,5 hogares.

Se está trabajando en una versión más grande de un "battolyser" de 30 kW / 30 kW h en la central eléctrica Magnum en Eemshaven en los Países Bajos, donde proporcionará suficiente hidrógeno para satisfacer las necesidades de la central. Una vez que se haya sometido a pruebas rigurosas allí, el objetivo es **ampliar y distribuir el "battolyser" a los productores de energía verde**, como los parques solares y eólicos.

En última instancia, los defensores del "battolyser" esperan que alcance una escala de gigavatios, equivalente a la energía generada por alrededor de 400 turbinas eólicas a escala de servicios públicos.

Aunque además de la ampliación, Barton ve un papel para los "battolyser" más pequeños, que podrían ayudar a suministrar energía a las mini-redes utilizadas por comunidades remotas que no son parte de las redes eléctricas principales.

El hecho de que los electrodos del "battolyser" estén hechos de metales comunes y relativamente baratos puede ayudar. Y a diferencia del litio, el níquel y el hierro no generan grandes cantidades de desechos de agua cuando se extraen, ni están vinculados a una degradación ambiental significativa.

La batería de níquel-hierro adaptada que desarrolló Thomas Edison puede tener una nueva oportunidad en el siglo XXI.

Aún así, tanto Mulder como Barton ven obstáculos que superar en términos de eficiencia y capacidad.

"El 'battolyser' se beneficiaría mucho de una mayor capacidad de potencia como batería o de una resistencia interna reducida", dice Barton. La resistencia interna es la oposición al flujo de corriente en una batería. Cuanto mayor sea la resistencia interna, menor será la eficiencia. Mejorar eso es algo en lo que Mulder y su equipo están trabajando.

Gran parte del potencial del "battolyser" estaba escondido a plena vista, desde que Thomas Edison comenzó a experimentar con su batería de níquel-hierro a principios del siglo XX.

**Hasta aquí secciones del artículo de la BBC de 21 de marzo 2020,**

### **IMPORTANCIA PARA CUBA**

La oportunidad no está en el corto plazo sino para dentro de algunos años, cuando el aumento de las instalaciones de FRE así lo requerirán, en primera instancia como aplicación de almacenamiento eléctrico en baterías estacionarias donde el peso y el volumen de las mismas son menos importantes que para el transporte eléctrico móvil. Para Cuba evidentemente es importante ya que cuenta con buenas reservas de níquel y las baterías de este tipo pueden convertirse en un gran encadenamiento productivo, para aumentar la generación de electricidad vía FRE, sobre todo FV y Eólica e inclusive con posibilidades exportables. Las posibilidades para el transporte dependen de la competencia establecida en las distintas variantes de baterías, como por ejemplo las de litio, que también requieren una gran cantidad de níquel.

Con gran agrado vemos que se están planteando proyectos de investigaciones nacionales al respecto. Recalco que entre los encadenamientos posibles para el desarrollo de la generación de electricidad y para el transporte eléctrico, la batería eléctrica está entre los primeros lugares.

Dr.C. Daniel Stolik

[stolik@imre.uh.cu](mailto:stolik@imre.uh.cu)

[danielstolikhov@gmail.com](mailto:danielstolikhov@gmail.com)