

BATERÍAS: ESTADO DEL ARTE Y VIGILANCIA TECNOLÓGICA 2013

FERNANDO ANTONIO PADRÓN JABIB

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
MEDELLÍN
2013**

BATERÍAS: ESTADO DEL ARTE Y VIGILANCIA TECNOLÓGICA 2013

FERNANDO ANTONIO PADRÓN JABIB

DIRECTOR:

Dr. Ing. Manuel J. Betancur

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
MEDELLÍN**

2013

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma del Director de Facultad Ingeniería Eléctrica y Electrónica

Firma del Director de Facultad

Firma del Director de Tesis

Firma del jurado

Medellín, noviembre de 2013.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco primeramente a Dios por guiarme en todo momento en la realización y culminación del presente proyecto, a la Universidad Pontificia Bolivariana, por ser una institución ejemplo de valores y conocimientos; a MSc. Hugo Cardona, Director de facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, por permitirme culminar exitosamente este proyecto; al profesor Andrés Emiro Díez, por aceptar ser jurado del proyecto; a mi director, Dr. Ing. Manuel Betancur, por su incansable paciencia y ayuda en el proyecto de tesis. Finalmente, agradecer a mis padres y hermana, por siempre creer y apoyarme para conseguir esta meta.

DEDICATORIA

Por toda su comprensión, amor, apoyo, entendimiento y soporte, dedico la culminación de esta meta a mis padres, Nando y Norma, y a mi hermana, María Inés, quienes siempre creyeron en mí, a pesar de los tropiezos que tuve. A mi familia y amigos sinceros, que siempre aportaron a mi crecimiento personal y profesional.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	12
1.1 ANTECEDENTES	14
1.2 ESTADO DEL ARTE	14
1.3 OBJETIVOS	20
1.3.1 Objetivo general.....	20
1.3.2 Objetivos específicos.....	20
1.4 JUSTIFICACIÓN Y BENEFICIOS	21
2. CONCEPTUALIZACIÓN DE LAS BATERÍAS.....	22
2.1 GENERALIDADES	22
2.2 PILAS RECARGABLES	29
2.3 PARA VEHÍCULOS ELÉCTRICOS	30
2.4 PARA BICICLETAS ELÉCTRICAS	35
2.5 ACUMULADORES Y ENERGÍAS ALTERNATIVAS.....	36
3. FABRICACIÓN Y MANTENIMIENTO	38
3.1 MATERIALES EMPLEADOS	38
3.2 PROCESO DE FABRICACIÓN	40
3.3 INSTALACIÓN	42
3.4 MANTENIMIENTO (DEL ACUMULADOR Y DEL SISTEMA DE CARGA)	42
3.5 ACUMULADORES DE ENERGÍA SOLAR	46
3.6 IMPACTO AMBIENTAL.....	47

3.7	NORMATIVIDAD INTERNACIONAL DEL RECICLAJE	48
3.8	RIESGOS PROFESIONALES	49
3.9	UNINTERRUPTED POWER SOURCE (UPS)	50
3.10	VENTAJAS Y DESVENTAJAS	52
3.11	VIGILANCIA TECNOLÓGICA.....	54
3.11.1	PUBLICACIONES SOBRE BATERÍAS.	60
3.11.2	PATENTES INTERNACIONALES SOBRE BATERÍAS.	64
3.11.3	TENDENCIA DE INTERÉS.	65
3.11.4	CURSOS: BATERÍAS COMO TECNOLOGÍA EMERGENTE.....	66
	BIBLIOGRAFÍA.....	68

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Pila voltaica.....	23
Figura 2. Electrólisis.....	24
Figura 3. Acumulador de plomo-ácido	25
Figura 4. Pila seca de Níquel Cadmio.....	25
Figura 5. Esquema de funcionamiento	26
Figura 6. Generador y cargador de energía.....	27
Figura 7. Pilas recargables	28
Figura 8. Pilas planas	28
Figura 9. Batería para celular y para PC; UPS de un centro de cómputo	29
Figura 10. Energías renovables en vehículos eléctricos.....	33
Figura 11. Modelo de implantación de los vehículos eléctricos	34
Figura 12. Esquema típico de un sistema eólico de uso residencial.....	38
Figura 13. Proceso de Fabricación de Baterías (Plomo-ácido).....	41
Figura 14. Instalaciones de sistemas de producción de energía solar.....	46
Figura 15. Poste de recarga	55
Figura 16. Controlador experto de sistemas fotovoltaicos autónomos.....	56
Figura 17. Suministradores de carga a baterías de vehículos eléctricos	57
Figura 18. Evolución de publicaciones en bases de datos (Incluye IEEE).....	61
Figura 19. Tendencia de interés sobre baterías	66

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Materiales para la fabricación de los distintos tipos de batería	39
Tabla 2. Pasos para el mantenimiento preventivo de los equipos	43
Tabla 3. Usos de las baterías según el material de fabricación	45
Tabla 4. Ventajas del reciclaje de baterías usadas y desechos de plomo	48
Tabla 5. Ventajas y Desventajas de Algunos tipos de Baterías	52
Tabla 6. Resumen de aplicaciones de proyectos de energías renovables.	58
Tabla 7. Publicaciones científicas en bases de datos incluyendo IEEE.....	61
Tabla 8. Publicaciones citadas por otros autores de artículos científicos	62
Tabla 9. Publicaciones del IEEE entre 2010 y 2013 sobre batería y celdas de hidrógeno	63

RESUMEN

En el presente trabajo se pretende hacer un recorrido por medio del cual se recoge información actualizada en relación con la evolución tecnológica de los acumuladores de carga y las baterías. Se trata de un ejercicio sujeto a las limitaciones propias del secreto industrial con que es manejada esta información, dado el volumen de dinero comprometido en su investigación, desarrollo, producción y comercialización.

En el trabajo se revisa el concepto mismo que dio origen a la fabricación de las baterías, así como los diferentes diseños que existen en la actualidad dependiendo de su uso específico. Se incluye información sobre las pilas recargables, así como las que emplean los vehículos eléctricos y las bicicletas y las destinadas a la acumulación de carga generada por fuentes alternativas de energía eléctrica. Igualmente se presenta la información relacionada con su fabricación y mantenimiento, los materiales, el proceso mismo de fabricación y las consideraciones que se deben tener en cuenta en su instalación.

En el trabajo también se analiza el impacto ambiental de las baterías y acumuladores, la normatividad aplicable a su reciclaje, los riesgos profesionales asociados a su manipulación, al igual que las fuentes ininterrumpidas de energía que se utilizan en los centros de cómputo. Por último se presentan algunas ventajas y desventajas de estos dispositivos.

Palabras claves: acumuladores, baterías, estado del arte, vigilancia tecnológica.

ABSTRACT

In the present work it is pretended to take a tour through which current information is collected regarding the technological evolution of batteries and battery charging. It is an exercise subject to the limitations of trade secret involved in handling this information, given the amount of money committed to its research, development, production and marketing.

The paper reviews the concept that led to the manufacture of batteries, as well as the different designs that currently exist depending on specific use. Information includes rechargeable batteries, as well as the employed by electric vehicles and bicycles and those for charge accumulation generated by alternative sources of electricity. It also presents information related to their manufacture and maintenance, materials, the manufacturing process itself and considerations that must be taken into account in its installation.

The paper also examines the environmental impact of batteries and accumulators, the recycling regulations, the occupational risks associated with its handling, as well as uninterrupted power supplies used in data centers. Finally some advantages and disadvantages of these devices are presented.

Key words: accumulators, batteries, state of the art, technological surveillance.

INTRODUCCIÓN

La era de la tecnología se ha caracterizado por una variada oferta de productos electrónicos y eléctricos que suplen diferentes necesidades, incluyendo teléfonos celulares con múltiples aplicaciones, televisores inteligentes (Smart tv) capaces de conectarse a Internet, vehículos con sistemas de geo-posicionamiento satelital GPS, computadores cada vez más livianos, más rápidos y con mayor capacidad de almacenamiento, entre otros. Todos estos desarrollos tienen una característica en común y es la necesidad de contar con una fuente de energía que en la mayoría de los casos debe ser portátil y liviana.

Las baterías y las pilas son hasta ahora la fuente de energía que mejor se adapta a las necesidades de la era de la tecnología; sin embargo cada tipo de dispositivo electrónico requiere de un tipo de pila o batería que se adapte a sus necesidades de suministro y tamaño. Cada uno de los diferentes tipos de baterías tiene componentes y desempeños característicos; así mismo se requieren cuidados especiales en su selección, manejo y disposición final, dado que emplean con frecuencia materiales poco biodegradables y en algunos casos altamente tóxicos.

El aspecto ambiental también ha tenido una gran importancia e impacto en el desarrollo de nuevos sistemas acumuladores de carga; el creciente interés por la creación de fuentes de energía que mitiguen la dependencia de los combustibles fósiles abre un campo de aplicación cada vez más amplio para los acumuladores. Adicionalmente cada vez son menos aceptados los materiales empleados en la fabricación de baterías que pudieran contaminar el medio ambiente, especialmente por la generación de desechos tóxicos.

Así mismo, la necesidad de producir cada vez mayor cantidad de acumuladores capaces de abastecer la energía que requiere el creciente número de dispositivos móviles de todo tipo ha sido otro de los determinantes de la tendencia en el desarrollo de acumuladores que permitan cada vez acumular mayor energía con un peso menor y en diferentes formas de acuerdo con las necesidades de cada equipo. Una de las tendencias que también ha empezado a tener incidencia en esta industria es la computación en la nube (*cloud computing*), que está demandando menor capacidad de almacenamiento en los computadores portátiles, junto con la mayor dependencia del acceso a Internet así como la eliminación de los CD- ROM en estos equipos.

1. EL TEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 ANTECEDENTES

El presente proyecto, nace como una herramienta por medio de la cual se cree un punto de partida para futuras investigaciones y desarrollos tecnológicos. En éste se podrá vislumbrar una mirada inicial y global de conceptos generales, particulares e investigaciones acerca de las baterías, facilitando no sólo en la Facultad de Ingeniería Electrónica sino a las diversas Ingenierías en la Universidad Pontificia Bolivariana la posible ejecución de grandes proyectos ya sean investigativos o aplicaciones mediante las cuales se suplan y/o resuelvan necesidades existentes en el mercado Colombiano.

1.2 ESTADO DEL ARTE

Las baterías o también denominadas Pilas Eléctricas, son dispositivos que convierten energía química en energía eléctrica por un proceso químico transitorio, tras lo cual cesa su actividad y han de renovarse sus elementos constituyentes, puesto que sus características resultan alteradas durante el mismo. (1)

Como dato curioso, en el idioma castellano se ha tenido por costumbre denominar a estos dispositivos como *Pilas*, a diferencia de los elementos recargables o acumuladores de energía como Baterías. Ambos términos provienen de los

primeros estudios de la electricidad, en el cual se unían varios elementos o celdas, en primera instancia uno encima de otro, apilados, y en la segunda adosados lateralmente en “batería”. Cabe resaltar que la forma en “batería” se sigue utilizando actualmente, aumentando la magnitud de los fenómenos eléctricos y así estudiarlos en forma sistemática. Es por todo lo anterior, la costumbre de usar indistintamente ambos nombres para la identificación de estos elementos. (1)

Históricamente, la pila eléctrica fue diseñada por Alessandro Volta el 20 de Marzo de 1800. Seguidamente, en 1803 aparece Johann Wilhelm Ritter en 1803, con el diseño de un acumulador eléctrico de carácter teórico y experimental para el cual no se encontró en su momento aplicación práctica, dado que no existían aún los aparatos en los cuales se pudieran utilizar. En 1860, Gaston Planté se dio a la tarea de diseñar el primer modelo acumulador de plomo-ácido con miras a uso aplicativo, fallando en este intento. Posteriormente, en 1879 el modelo de Planté comenzó a tomar acogida, empezando un intenso proceso de mejoras y corrección de errores para dicho modelo hasta nuestros días. Por su parte, Thomas Alva Edison diseñó otro tipo de acumulador con electrodos de hierro y níquel, los cuales empezaron a comercializarse en 1908 y constituyen una base sólida a lo que son hoy en día los modelos alcalinos, ya sean recargables o no. Finalmente, en la época del 90 se diseñó el acumulador de níquel y cadmio; éste utiliza ánodos de Cadmio reemplazando a los de hierro. (1)

Desde otra óptica, se podría enfatizar de manera general, que el funcionamiento básico para todas las baterías y pilas, radica en que por medio de una reacción química producen en su terminal negativo, gran cantidad de electrones (carga negativa) y en su terminal positivo se produce gran ausencia de electrones, generando que este terminal sea de carga positiva. En caso tal, una batería alimente un circuito cualquiera, producirá que por éste circule una corriente de

electrones que saldrán del terminal negativo de la batería, y se dirijan al terminal positivo donde hay una carencia de electrones, pasando a través del circuito al que está conectado. De esta manera se produce la corriente eléctrica. (2)

Hoy en día se ha llegado a considerar el uso de las baterías como elementos de aplicación indispensables, por ejemplo, el uso masivo de celulares y automóviles en la sociedad. En primera instancia, se tiene el caso de los dispositivos móviles denominados “celulares”, para los cuales se emplea de igual manera las baterías. Dichas baterías poseen diferentes tamaños de acuerdo al dispositivo móvil, pero su clasificación básica es la misma. (2)

La clasificación básica de las baterías para dispositivos móviles en función del material es: (3)

- Níquel-Cadmio (Ni-Cd): Son de las más comunes en el mercado y actualmente son fáciles de encontrar en establecimientos tecnológicos. Se calcula que su duración máxima son de tres años aproximadamente. Su principal inconveniente es el “Efecto memoria”.
- Níquel-Metal Híbrido (Ni-MH): Este tipo de baterías surge alrededor de los años 70, pero sólo recientemente se descubrió su utilización para dispositivos móviles. Las baterías Ni-MH, permiten el almacenamiento de mucha más energía, aproximadamente un 30% más que sus predecesoras las baterías de Ni-Cd.
- Tipo Litio: Son las baterías más recientes en el mercado de teléfonos móviles, consiguen un nivel más alto de almacenamiento de energía y a pesar de su elevado costo han copado gran parte del mercado tecnológico.

- Tipo Alcalina: Este tipo de baterías para teléfonos móviles se encuentran descontinuadas.

Actualmente, se ha desarrollado un tipo de baterías para dispositivos móviles de Polímeros de Litio, difundidas en primera instancia por Ericsson S.A y ahora por casi todos los fabricantes, proporcionan más densidad energética que las baterías de níquel, lo que da lugar a una mayor autonomía de batería en un diseño más ligero, ya que el litio es el metal más liviano que existe. Además, las baterías de polímero de iones de litio permiten hacer recargas cuando sea más cómodo, sin tener que esperar a que acabe el ciclo completo de carga o descarga que exigen las baterías de níquel para funcionar a pleno rendimiento. (4)

En un futuro, se tiene como tendencia el desarrollo de baterías de papel, que están compuestas en un 90% por celulosa y el 10% restante conformado por nano-tubos de carbono. Dichas baterías serán extremadamente flexibles, livianas y delgadas. (5) De la misma manera, se desarrollarán baterías cuyo elemento de composición básico sería el Flúor, que en teoría la densidad energética de este material puede ser hasta 8 veces la de los iones de litio. (5)

En segunda instancia, se presentan los automóviles o vehículos de uso cotidiano, para los cuales las baterías deben suplir necesidades de alimentación que aumentan sin cesar. Dichos retos pueden ser caracterizados como: mayor consumo de corriente a temperaturas extremas, alta capacidad de carga a bajas revoluciones, alimentación segura de todos los sistemas de regulación para el control del motor, manejo sin problemas aún en caso de solicitud extrema. (6)

De igual forma, se presenta el hecho de la presencia de vehículos eléctricos, también dotados de baterías. Generalmente se piensa que para estos vehículos eléctricos o híbridos, se debería tener un tipo de batería mucho más grande, consumo menor de gasolina y una mayor autonomía; pero en un estudio reciente elaborado por la Universidad de Carnegie Mellon, ha desmentido este hecho, debido a que son más ineficientes. (7)

Es cierto que las baterías más grandes, proveen al coche de una autonomía mayor, al menos potencialmente, pero son más ineficientes que las otras. Sobre todo, la culpa la tiene el peso extra que suponen estas baterías, por no hablar de los costes de producción, y que también, como es lógico, requiere una mayor cantidad de energía para recargarlas. El estudio también ha concluido que estas baterías más grandes, producen más emisiones de CO₂, durante el proceso de fabricación de éstas. (8)

Mirando hacia adelante, se encuentra con que grandes empresas del mundo mecánico, automovilístico e investigativo están diariamente en la búsqueda de nuevos avances relacionados a mejoras de baterías vehiculares. Caso particular se tiene el de Cegasa, que desarrollará dos tipos de baterías: Pilas de combustible de membrana polimérica (PEMFC) y pilas de óxido sólido (SOFC). (9)

Según Cegasa, empresa Española cuya actividad principal es la fabricación de pilas, baterías, acumuladores y sistemas de alimentación, la tecnología de la PEMFC es, probablemente, la que más esfuerzo en inversiones está recibiendo a nivel internacional, pero tienen una serie de dificultades técnicas y económicas. Las ventajas de este tipo de baterías, radican en el incremento de durabilidad y mejora de las prestaciones específicas. En cuanto a las pilas SOFC, proporcionan

los mejores rendimientos energéticos pero presentan retos tecnológicos incluso superiores a los de las anteriores. (9)

Por su parte, IBM de la misma manera invierte en la investigación de baterías, específicamente en las de litio metal-aire. Éstas serían capaces de almacenar una enorme cantidad de energía. En teoría, más de 5.000 (W*h/kg). Eso supone un rendimiento diez veces mayor que las baterías de litio-ion actuales, y superior a otro tipo de dispositivo de almacenamiento de energía: las células de combustible. En vez de contener un segundo reactante dentro de la células, estas baterías reaccionan con el oxígeno del aire, que se introduce según sea necesario, haciendo que sean ligeras de peso y compactas. (10)

Finalmente, y como punto de gran interés para el mercado existente, ABB y General Motors, tienen pensado trabajar en un proyecto que estudiará el potencial de reutilización de baterías de ión-litio gastadas, con el coche eléctrico. Se trata de encontrar una posibilidad de bajo coste de almacenar energía, para mejorar así la eficiencia de los sistemas eléctricos a medida que evolucionan hacia las redes inteligentes. (10)

En conclusión, “los estudios de desarrollo de las baterías se centran en la alta capacidad, además de la posibilidad de recargarlas lo más rápidamente posible. O traducido en términos prácticos, lo ideal sería una batería que contenga la energía equivalente de un depósito de combustible, y que se pudiera recargar en el mismo tiempo que se tarda en llenar el depósito”. (11)

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo general.

Elaborar un manual de consulta rápida para la selección de acumuladores de carga eléctrica de acuerdo a especificaciones externas que incluya la revisión del estado del arte y la vigilancia tecnológica del tema.

1.3.2 Objetivos específicos.

- Revisar el estado actual de la técnica y el conocimiento en acumuladores de carga eléctrica mediante el uso de bases de datos especializadas e información dedicada.
- Identificar los requerimientos más usuales para dispositivos electrónicos y electromecánicos de uso doméstico.
- Clasificar los diferentes acumuladores en función de sus características técnicas y aplicaciones.
- Identificar las características técnicas de los acumuladores más usados en labores domésticas.
- Elaborar un manual para la selección de acumuladores de acuerdo con los requerimientos específicos.
- Sostenibilidad (Reciclaje, contaminación, proyectos de conservación, entre otros).

1.4 JUSTIFICACIÓN Y BENEFICIOS

Con el presente proyecto, se pretende crear una mirada inicial a un tópico de interés para futuras investigaciones, posibles soluciones y previstas implementaciones tecnológicas.

Por otro lado, al poseer una documentación organizada de este tipo, se facilitará que estudiantes de otras carreras interesados en el desarrollo exhaustivo de este tópico, puedan hacer uso de esta investigación para llevar a cabo ya sea por motivos académicos, profesionales o empíricos posibles aplicaciones o diversos proyectos.

De igual forma, la presente investigación puede ser una guía básica, clara y concisa para realizar futuras investigaciones en diferentes tópicos de interés.

2. CONCEPTUALIZACIÓN DE LAS BATERÍAS

2.1 GENERALIDADES

A lo largo de su evolución, el hombre ha inventado diferentes herramientas y máquinas que le permiten hacer procesos que no puede hacer con sus propias manos; esos aparatos y máquinas inventados por el hombre requieren de una fuente de energía que genere movimiento, calefacción, refrigeración, comunicación, transporte y en fin diferentes funciones que han hecho más fácil y cómoda la vida del ser humano, lo que a su vez ha hecho necesario desarrollar diferentes sistemas de producción y acumulación de energía eléctrica. La electricidad es la forma de energía más usada debido a su facilidad de transformación en otras formas de energía, lo que facilita su utilización (12); las baterías pueden encontrarse en muchas de las cosas que rodean al hombre en la actualidad como linternas, vehículos, computadores portátiles y teléfonos celulares por mencionar algunos elementos.

La batería es un arreglo de celdas electroquímicas capaz de almacenar energía eléctrica mediante una reacción química que, durante la descarga se revierte espontáneamente en los electrodos cuando ellos están conectados a través de un circuito externo produciendo así una corriente eléctrica (12). En la Figura 1 se muestra una pila voltaica básica como la que fue creada por Alessandro Volta en 1800, en la que se intercalaban placas de cobre y cinc, separadas por papel humedecido con agua y sal de cocina (NaCl).

El origen del fenómeno de la corriente electro-química se dio cuando Luigi Galvani (médico y físico italiano) logró generar contracciones de los músculos de ancas de

rana fijando un extremo del anca un hilo de hierro, y el otro extremo a un hilo de plata (12). De este experimento, surgió la idea de que la corriente eléctrica era electricidad metálica, cuya fuente eran las sondas de diferentes metales insertadas en las piernas de la rana usada por Volta, inventor de la batería.

Figura 1. Pila voltaica.

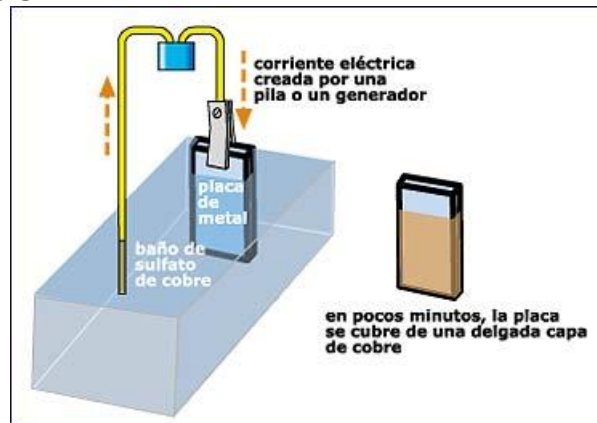


Fuente: Tomado de (13)

La Batería eléctrica inventada el 20 de marzo de 1800 por el físico italiano Alessandro Giuseppe Volta (1745-1827) es un dispositivo que almacena energía eléctrica por procedimientos electroquímicos y que la devuelve posteriormente casi en su totalidad. Volta descubrió que se generaba energía eléctrica poniendo en contacto dos metales, cobre y cinc o cobre y estaño, sumergidos en una solución salina. Dos meses después del descubrimiento de Volta, el químico inglés William Nicholson logró establecer una corriente eléctrica a través de agua ligeramente acidulada, produciendo burbujas de Hidrógeno y de Oxígeno, fenómeno que se conoció como *electrólisis* (Ver Figura 2). Por su parte, el primer acumulador de eléctrico fue construido por el físico alemán Johann Wilhelm Ritter en 1803, mediante un modelo experimental llamado la “pila Ritter”. Más adelante, en 1836 el físico y químico inglés Daniell Frederic da un paso importante en la

evolución de las baterías, al reemplazar la reacción de desprendimiento de hidrogeno por el depósito de cobre, usando una solución saturada de sulfato de cobre como electrolito, un electrodo de cobre y otro de ácido sulfúrico en reemplazo del zinc.

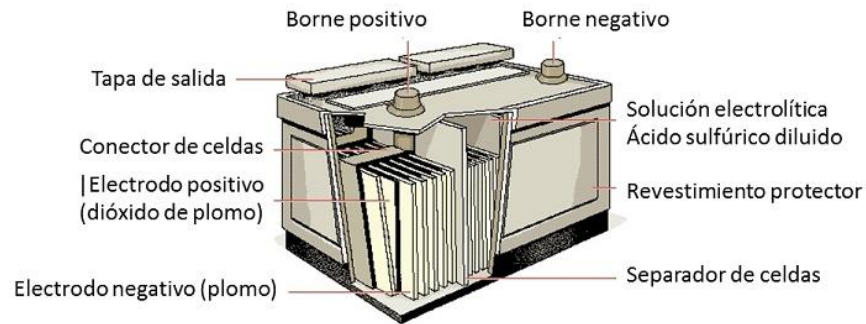
Figura 2. Electrólisis.



Fuente: Tomado de (14)

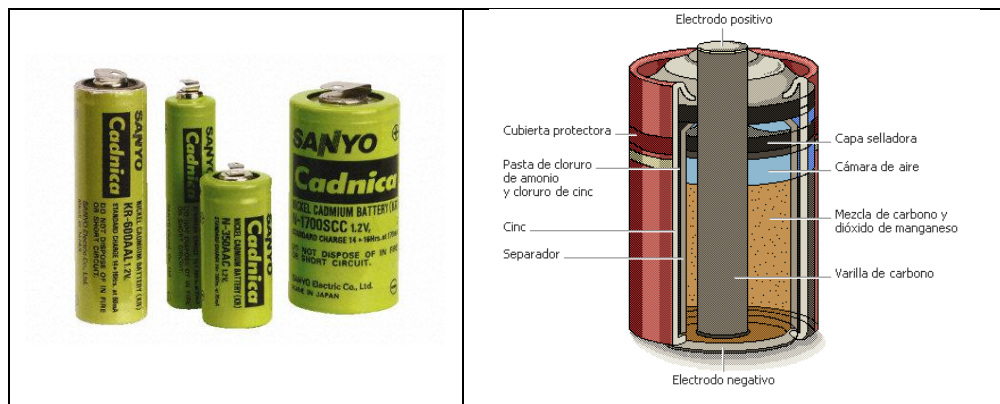
En 1860 Gaston Planté creó el primer acumulador de plomo-acido (Ver Figura 3), el cual podía ser usado y recargable y aunque no tuvo éxito inicialmente, en 1879 se empezó a fabricar y a usar en forma cotidiana. En 1900 Thomas Alva Edison inventó otro tipo de acumulador, usando Hierro (Fe) y Níquel (Ni) en los electrodos y la potasa caustica (KOH) como electrolito, modelo que se usa aún en el presente. En el mismo año Junger y Berg crearon un acumulador similar al de Edison, pero con electrodos de Níquel y Cadmio, que fue patentada por Junger. George Leclanché, en 1866 inventa la “pila seca” compuesta por Zinc, Cloruro de Amonio y Dióxido de Magnesio (Ver Figura 4).

Figura 3. Acumulador de plomo-ácido



Fuente: Tomado de (15)

Figura 4. Pila seca de Níquel Cadmio



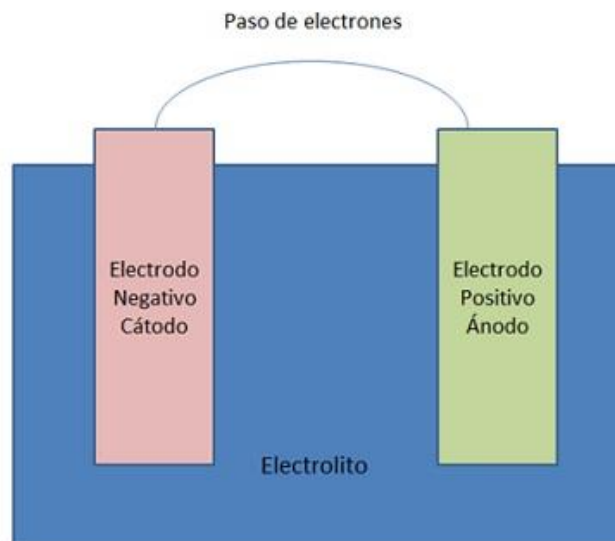
Fuente: tomado de (16)

Otro de los avances importantes en materia de baterías es la creación de la “construcción hermética” de baterías de níquel-cadmio, lo que permitió el uso de aparatos portátiles. En los años 70 del siglo XX se desarrolló la batería Níquel-Hidrógeno, que cada vez se usan más en los satélites.

Por su parte la *Pila* es un generador de energía no recargable. Este término; así como *batería*, se usan en el castellano, debido a los orígenes del dispositivo en los que se juntaban varios elementos o celdas, uno encima de otro, apilados, y en el segundo adosados lateralmente, en batería como se sigue haciendo actualmente.

El funcionamiento se basa en un proceso reversible, por lo que la *electrolisis* es el proceso utilizado por los acumuladores de energía eléctrica. En esta interacción los componentes no resultan consumidos ni se pierden, sino que meramente se transforman en otros, que a su vez puedan retornar al estado primero en las circunstancias adecuadas.

Figura 5. Esquema de funcionamiento



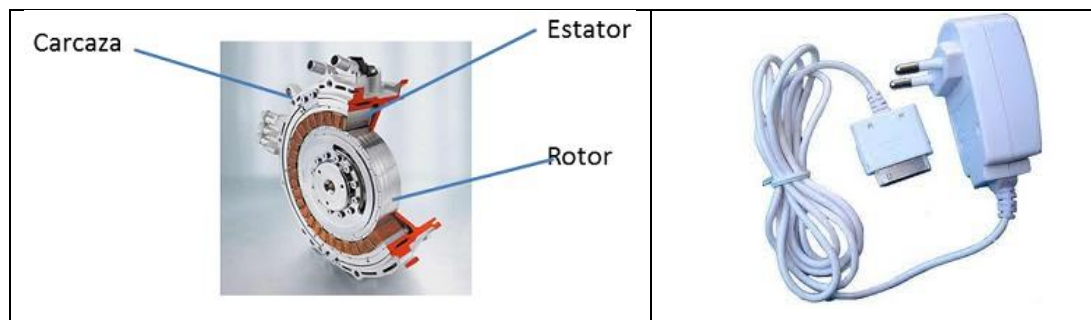
Fuente: elaboración propia.

La celda es considerada la unidad básica de las baterías o acumuladores. Y la unión de dos o más celdas en serie o paralelo, conforman una batería. Dos electrodos, el electrolito y los separadores, son los elementos que constituyen las celdas. Los electrodos pueden ser del mismo o de distinto material y están sumergidos en el electrolito. Los separadores aíslan las placas de diferente polaridad, evitando un corto circuito en el interior de la celda. Entre las propiedades de los separadores es importante resaltar la buena resistencia mecánica, alta resistencia a la oxidación, un elevado poder aislante, una buena porosidad y permeabilidad y alto nivel de pureza, entre otras.

La función del electrolito es servir de conductor eléctrico entre el electrodo positivo (ánodo) y el electrodo negativo (cátodo). El electrolito es, normalmente, una solución acuosa, que permite la transferencia de electrones; existen varias características importantes al momento de escoger la solución, entre las cuales se encuentran: la estabilidad térmica, alta conductividad iónica, bajo efecto corrosivo en los electrodos y alta pureza.

Los electrodos pueden estar constituidos por cualquier variedad de metal; sin embargo cada metal, permite acumular mayor o menor cantidad de energía, por lo que se busca el de mayor capacidad, que permita hacer del proceso rentable industrialmente; el electrodo negativo, o cátodo, es el que se oxida durante la descarga. Se puede decir, que cuando la batería está cargada, el electrodo negativo está formado por metales; el ánodo, o electrodo positivo, es el que se reduce, recibiendo los electrones liberados por el ánodo. La función básica de una celda es la producción de energía eléctrica durante la descarga; si el proceso es reversible, entonces se debe considerar el proceso de carga, que normalmente es hecho por un generador (para el caso de las baterías de estado líquido) o por un cargador que se conecta a la fuente de energía (para el caso de las baterías secas).

Figura 6. Generador y cargador de energía



Fuente: tomado de (17)

Además existen pilas recargables, que normalmente suministran energía a artefactos pequeños como radios, cámaras y otros dispositivos que consumen bajos niveles de energía (Ver Figura 7).

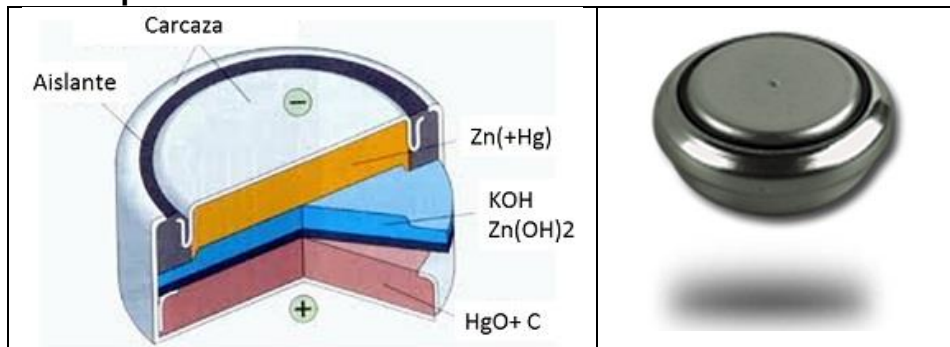
Figura 7. Pilas recargables



Fuente: Tomado de (18)

Existen baterías y pilas para múltiples aplicaciones y pueden ir desde las planas muy pequeñas que emplean usualmente los relojes de pulso (Ver Figura 8), para teléfonos celulares, baterías para computadores portátiles, hasta grandes arreglos de baterías para suministro de energía en centros de cómputo, conocidas como UPS (*unit of power supply*) como se muestra en la Figura 9.

Figura 8. Pilas planas



Fuente: (19)

Figura 9. Batería para celular y para PC; UPS de un centro de cómputo



Fuente: Tomado de (20)

Como puede verse en este capítulo, existen diferentes evoluciones y usos del principio que dio origen a la invención de las baterías, a comienzos del siglo XIX.

2.2 PILAS RECARGABLES

Actualmente se ofrecen en el mercado las “pilas recargables”, que aparentemente generan un menor impacto ambiental, pero existe poca literatura respecto a su funcionamiento y la mayoría esta generada por los fabricantes (21). Dentro de las pilas más comunes se encuentran las pilas AA, de las cuales también se encuentra la versión recargable; estas pilas se componen de Níquel-Hidruro metálico (Ni-MH), Ion Litio o Níquel Cadmio (Ni-Cd) (22)

Las de pilas recargables de “NiCd, en tamaño AA y AAA, ya están casi en desuso; tienen la gran desventaja de que, si son recargadas sin respetar el tiempo necesario para cargarlas totalmente o cuando aún tienen carga, con el tiempo exhiben un efecto llamado de “memoria”, el cual les impide paulatinamente cargarse por completo y en pocos meses ofrecen menos energía que cuando nuevas. Las de Ni-MH presentan el mismo efecto memoria que las anteriores, pero no es tan marcado; además, ofrecen una mayor capacidad de

almacenamiento de energía (de dos a tres veces mayor que las de NiCd). Las de Li-ion, por su parte, almacenan más energía en menos espacio y se usan principalmente en equipos como teléfonos celulares y computadoras portátiles. No presentan el efecto memoria” (22 pág. 70).

Otra variable que es importante determinar de las baterías recargables es que su capacidad de carga no varié mucho a lo largo de la vida útil de la batería. Pues los cambios pueden llevar a un pobre desempeño de la misma (22).

2.3 PARA VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

Los vehículos eléctricos han surgido como respuesta a la necesidad de disminuir el consumo de petróleo así como los efectos que el consumo de combustibles fósiles genera en el medio ambiente (23). Según Guillén en la Guía del Vehículo Eléctrico (23 pág. 39) “la historia del vehículo eléctrico se remonta a principios del siglo XIX intentándose de nuevo su lanzamiento a mediados de los años 90, el Vehículo Eléctrico (VE) retorna en la primera década del siglo XXI”.

Actualmente, ante el aumento del precio del petróleo y las iniciativas de regulación que fomenta la mejora de eficiencia de los vehículos (menos emisiones de CO₂ por cantidad de combustible), es un reto para los fabricantes de coches, ya que difícilmente van a poder cumplir con los vehículos de combustión interna. Se propone como alternativa los vehículos híbridos y eléctricos (23 pág. 39).

Con respecto a la dependencia energética, en los últimos años los precios del petróleo han presentado una tendencia a la alza con una fluctuación muy volátil

registrada en 2008. Para abordar los retos anteriormente citados, los gobiernos están tomando medidas para reducir las emisiones de CO₂ (23 pág. 40).

Para permitir la implementación masiva de los vehículos eléctricos es necesario superar los siguientes retos:

- La mejora de la tecnología de las baterías para asegurar mayor densidad energética, durabilidad, seguridad y menor coste-disminución de riesgo tecnológico
- El desarrollo de la infraestructura
- La disminución del diferencial coste del Vehículo eléctrico con respecto al vehículo convencional
- Desarrollo de gama de vehículos. (23 pág. 45)

Las baterías requeridas para los vehículos eléctricos deben proveer suficiente energía (determina la autonomía o distancia recorrida), ser de peso y tamaño reducido, tener ciclo de vida prolongado y ciclo de carga profundo (admite muchas recargas profundas con poco deterioro), así como ser segura y de bajo coste” (23 pág. 46).

Otro de los retos es el tiempo de carga, pues las personas que usan vehículos, están acostumbradas a tenerlos disponibles todo el tiempo; así como en algunos casos la disponibilidad permanente del vehículos es indispensable (23). El tiempo de recarga “oscila entre aproximadamente 2 y 8 horas, dependiendo del tipo de voltaje empleado” (23 pág. 46). Actualmente existe la tecnología PBP, que permite hacer recargas en cuestión de minutos (23).

Actualmente los vehículos híbridos (que combinan motor de combustión interna con motor eléctrico) usan generalmente baterías de Níquel-Hidruro Metálico; entre las ventajas de estas baterías se encuentran: una mayor duración, respecto a las Baterías Plomo-ácido y más energía (23). Dentro de las ventajas que existen de los vehículos eléctricos se encuentra: la no emisión de gases (con efecto invernadero) durante el funcionamiento, así como la amplia gama de vehículos disponibles (incluyendo las bicicletas) para diferentes usos (23).

La necesidad de usar movilidad eléctrica está influenciada por distintos tipos de factores como son: medioambientales, económicos y estratégicos. Según Guillén (23) dentro de los factores medioambientales se encuentran: el efecto invernadero que se presenta, debido a las emisiones de CO₂, en que el 35% de las emisiones es aportado por el parque automotor. Lo que ha generado un marcado interés a nivel global, evidente en las distintas políticas nacionales e internacionales que tiene como objetivo restringir la contaminación atmosférica (23). Es relevante mencionar que un futuro muy interesante para los vehículos eléctricos, es que pueden llegar a tomar la carga eléctrica de las redes de energía que a su vez se pueden abastecer de fuentes de energía renovable como la energía fotovoltaica y la energía eólica. En la Figura 10 se describe que la energía eólica puede abastecer 700 vehículos por año, una estadística presentada por la Fundación de energía de la Comunidad de Madrid y la *Energy Management Agency* (23).

Figura 10. Energías renovables en vehículos eléctricos

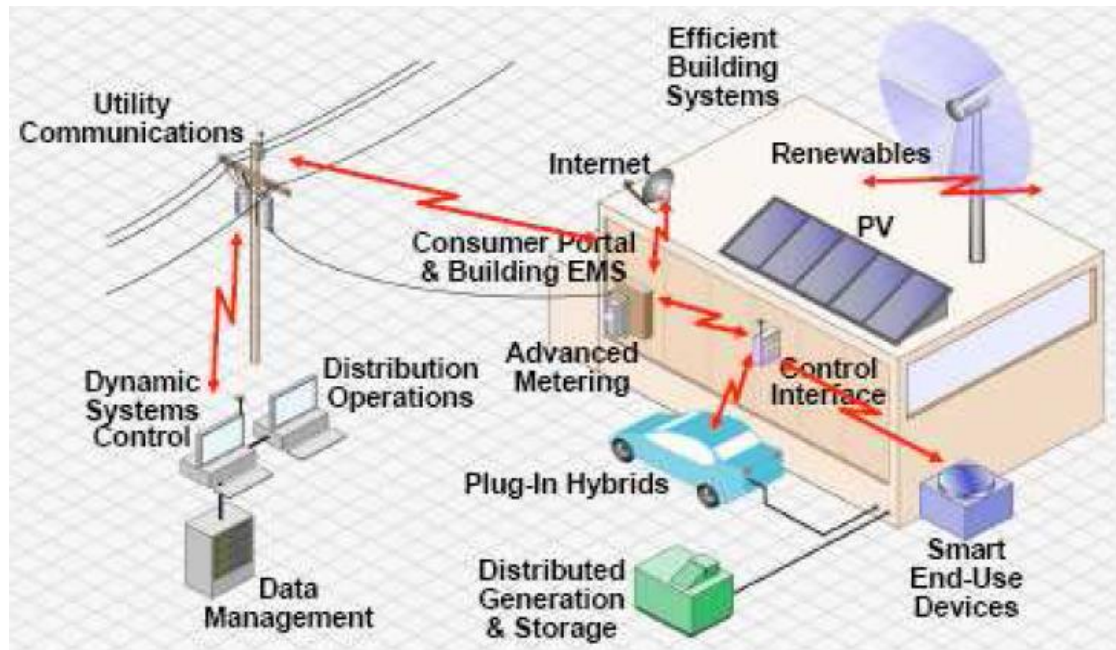


Fuente: Energy Management Agency (23 pág. 24)

La independencia en cuanto a fuentes energéticas es otro de los factores (económicos) que impulsa el desarrollo e implementación de la movilidad eléctrica. Pues “la inestabilidad de los diversos aspectos geopolíticos” (23 pág. 100) y el precio de los combustibles fósiles, aumenta el costo de los productos además de generar nocivos efectos medioambientales.

En la Figura 11 se muestra un modelo de implementación de los vehículos eléctricos en un entorno urbano. La energía para recargar la batería del vehículo proviene de fuentes de energía renovable como son energía eólica y fotovoltaica. La propuesta fue planteada para España (23).

Figura 11. Modelo de implantación de los vehículos eléctricos



Fuente: Energy Management Agency. (23 pág. 109)

A nivel internacional se encuentran regulados los sistemas de carga lenta, semi-rápida y rápida; los modos de carga así como los conectores; de los distintos vehículos eléctricos (24).

En Colombia existen normas que regulan el uso de vehículos eléctricos. Dentro de las leyes se encuentran normas “referentes a los equipos para sistemas de carga externos a los vehículos eléctricos, ubicación de los cargadores para las baterías y disposición de los conectores” (24 pág. 2). Está regulado el lugar donde deben estar ubicados los cargadores, así como todo el equipo complementario. Es importante tener en cuenta que el gobierno está fomentado el uso de vehículos eléctricos, a través de políticas de beneficios tributarios para las empresas que usen este tipo de vehículos (24).

2.4 PARA BICICLETAS ELÉCTRICAS

Las bicicletas eléctricas forman parte de los vehículos eléctricos. En el mercado se encuentran una gran variedad de bicicletas eléctricas que pueden ser cargadas usando un sistema que se conecta a la red de electricidad, o mediante el pedaleo del conductor (25). El uso de estos vehículos se está popularizando, por lo que actualmente existen leyes que regulan el uso de la bicicletas eléctricas (25). Se han planteado propuestas para implantar un sistema público de bicicletas eléctricas (26). Como conclusiones del estudio de viabilidad del proyecto, se plantea la necesidad de evaluar el precio que se ofrecería a los consumidores, para permitir la rentabilidad del sistema. También se hace evidente la necesidad de educar a la población con el fin de maximizar el uso de transporte público y del impacto que genera actualmente el consumo de combustibles fósiles en los vehículos convencionales (26).

En Colombia se está fomentando el uso de vehículos eléctricos tanto para transporte privado como para transporte público, con el fin de disminuir las emisiones de gases con efecto invernadero y de la misma forma el consumo de combustibles fósiles (27), por parte de empresas como Codensa y Endesa (28).

Parte del fomento de uso de vehículos eléctricos, se evidencia en el proyecto emprendido por Codensa y Emgesa, fomentando el uso de bicicletas eléctricas por parte de sus empleados (29). El proyecto fue propuesto con planteamientos como: Facilidad y rapidez de desplazamiento; Ahorro de tiempo; Ahorro de dinero, Posibilidad de hacer ejercicio y mantenerse saludable; Disminución de la contaminación auditiva en las calles y Disminución de la contaminación y por lo tanto cuidado del medio ambiente (29 pág. 2).

2.5 ACUMULADORES Y ENERGÍAS ALTERNATIVAS

Alrededor del mundo la forma de generar energía eléctrica está cambiando las fuentes energías renovables están aumento de forma exponencial. Dentro de las energías renovables se encuentran la geotérmica, la mareomotriz, la hídrica, la eólica, la energía solar, energía de la biomasa y los biocarburantes. El cambio se está dando, debido a que están aumentando de manera importante las inversiones que se hacen en el sector, de la mano están aumentando las políticas que apoyan los proyectos de energías renovables (30 pág. 2). El uso de baterías en conjunto con las fuentes de energía renovable, permiten mejorar el flujo de energía eléctrica en los lugares apartados de las redes eléctricas (31).

Uno de los retos importantes de las energías renovables, es el desarrollo de baterías que permitan mantener el flujo de energía, pues este tipo de energía no se produce constantemente. Ejemplo de ello es la energía fotovoltaica que no se produce durante la noche y las instalaciones de energía eólica aisladas de las redes de electricidad (32).

Las baterías deben cumplir unas funciones importantes:

- Energía siempre disponible
- Ajustes de potencia
- Estabilidad en la red

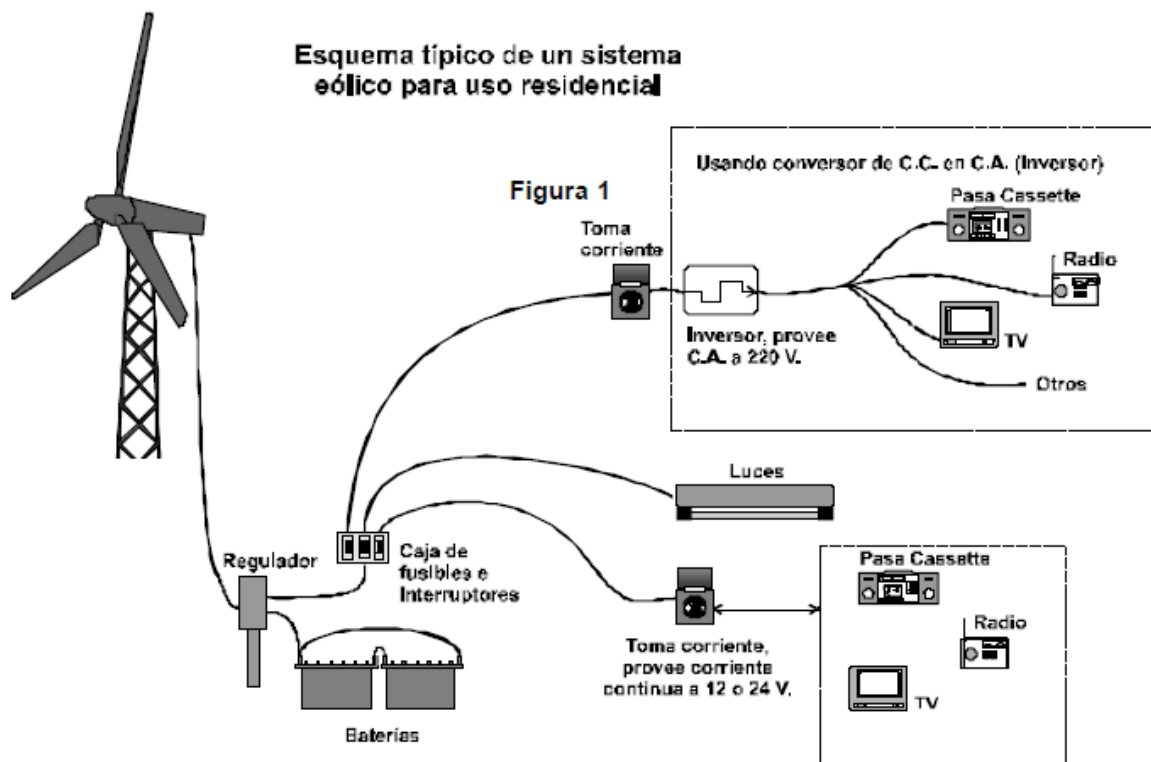
Las instalaciones eólicas tiene las capacidad de ser de “corriente continua (dínamos) o de corriente alterna, existiendo en este último caso dos tipos: generadores sincrónicos o alternadores y generadores asincrónicos o de

inducción. Las dínamos tienen el inconveniente de utilizar escobillas, que exigen mantenimiento periódico, y son más pesadas y caras que los generadores de corriente alterna (C.A.) de igual potencia; aunque tienen la ventaja de no necesitar de sistemas especiales para cargar baterías, su uso se ha ido abandonando reemplazándolos por los generadores de C.A., con la excepción de algunos equipos para proveer muy bajas potencias, de construcción artesanal” (32 pág. 17).

Según Moragues y Rapallini (32 pág. 17) debido a que el flujo de viento no es constante es necesario “acumular energía en baterías y desde ellas alimentar la demanda. En estos casos la frecuencia no tiene ninguna importancia pues habrá rectificadores que transformaran la C.A. en corriente continua (C.C.). Es obvio entonces que la utilización de alternadores responde en estos casos a la búsqueda de menores costos y mejores rendimientos y no a una característica del servicio”. En la Figura 12 se muestra un esquema de instalación típica de un sistema eólico para uso residencial.

Como se mencionó anteriormente, la batería permite ajustar la potencia de la energía producida. Esto permite el flujo de electricidad mientras no se está produciendo energía así como el almacenamiento de energía cuando se produce una cantidad mayor a la que es consumida. (33).

Figura 12. Esquema típico de un sistema eólico de uso residencial.



Fuente: Moragues y Rapallini. (32 pág. 18)

3. FABRICACIÓN Y MANTENIMIENTO

3.1 MATERIALES EMPLEADOS

Dependiendo del tipo de batería que se desea producir, cambian los materiales que se usan. En la Tabla 1 se presentan los distintos tipos de baterías y sus principales componentes.

Tabla 1. Materiales para la fabricación de los distintos tipos de batería

Tipo de acumulador	Materiales
Plomo-ácido	Electrodos de plomo (PbSO_4) Matriz de plomo metálico (Pb) Disolución de Ácido Sulfúrico Caja de polipropileno
Níquel-Hierro (Ni-Fe)	Cátodos de Níquel Ánodos Cajas delgadas perforadas de acero niquelado que contienen polvo de óxido ferroso (FeO) y óxido de bario (BaO). Potasa Cáustica (KOH) diluida en agua destilada
Pila Alcalina	Cloruro de Sodio y Dióxido de Manganeso
Alcalinas de Manganeso (Mn)	Mercurio Recipiente de Acero Hidróxido de Potasio
Níquel-Cadmio (Ni-Cd)	Cátodo de hidróxido de Níquel Ánodo de Cadmio Electrolito es hidróxido de Potasio
Níquel-Hidruro metálico (Ni-MH)	Ánodo de hidróxido de Níquel Cátodo de Aleación de hidruro Metálico
Iones de Litio (Li-ion)	Ánodo de grafito Cátodo de óxido de cobalto trifilina (LiFePO_4) u óxido de Manganeso
Polímero de Litio (LiPo)	Similares a las de Li-ion
Pilas de Combustible	No es un acumulador, pero convierte energía química en eléctrica y se puede recargar.
Pila Oxido de Mercurio	Cátodo es una mezcla de óxido de Mercurio y grafito Envase de Acero El electrolito es una solución de Hidróxido de potasio y óxido de Zinc

Pila de Óxido de Plata	Pila Botón Cátodo óxido de Plata Ánodo es polvo de Zinc
Pila Zinc-Aire	Cátodo O ₂ del aire

Fuentes: Baterías y Pilas. Leonelli (34) y Seminario de Investigación en Energía, Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible Castro, Melo, Martínez, Beltrán, & Bonilla (35)

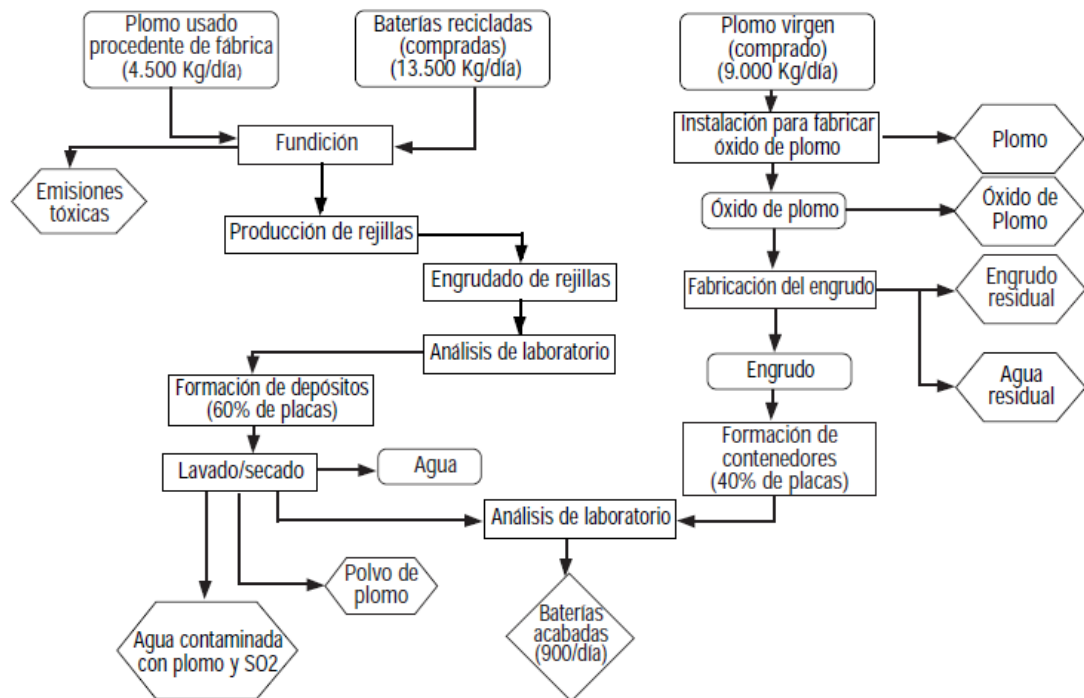
Para el futuro se están desarrollando baterías “compuestas en un 90% por celulosa y el 10% restante está conformado por nano-tubos de carbono”. Lo que las hará biodegradables (36).

3.2 PROCESO DE FABRICACIÓN

La mayoría de las materias primas empleadas en la fabricación de o baterías “suelen ser transformadas por terceros antes de su utilización en montaje” (37 pág. 2). En la

Figura 13 se muestra un diagrama de flujo para la fabricación de baterías de Plomo-ácido; como ejemplo de los procedimientos de fabricación.

Figura 13. Proceso de Fabricación de Baterías (Plomo-ácido)



Fuente: Diagnóstico de prevención de la contaminación en un fabricante de baterías para coches. (Ministerio de Medio Ambiente España (38 pág. 1)

Según Smith (37 pág. 5) “existen claras diferencias en la fabricación de los diferentes tipos de baterías, tienen en común los procesos de pesaje, trituración,

mezcla, compresión y secado de los ingredientes. En las modernas fábricas de baterías, muchas de estas operaciones se hacen en recintos aislados (con equipos herméticos) y están muy automatizadas. Por consiguiente, puede producirse exposición de los trabajadores a los diversos ingredientes durante su pesaje y carga y durante la limpieza de los equipos”.

Aunque Smith también menciona que “en las fábricas más antiguas, muchas de las operaciones de trituración, mezcla y otras, o bien el paso de los ingredientes de una etapa a otra del proceso, se realizan manualmente” (37 pág. 5).

3.3 INSTALACIÓN

Para clasificar las instalaciones se deben tener en cuenta algunos criterios:

- La configuración, definida por sus componentes y la conexión entre los mismos
- La aplicación a que vaya a ser destinada
- El carácter público, doméstico, industrial o recreativo de la utilización de la instalación
- Tensión de trabajo de la instalación (39 pág. 2).

3.4 MANTENIMIENTO (DEL ACUMULADOR Y DEL SISTEMA DE CARGA)

Las baterías presentan deterioro por varias razones, dentro de las que se encuentran el tiempo de uso y el pobre mantenimiento.

El deterioro generado por el tiempo de uso se debe a que “la repetición del ciclo de carga y descarga desgasta lentamente el material activo de las placas, hasta que se llega al punto en que la superficie de la placa disponible para que se lleve a cabo la reacción con el electrólito no es suficiente para restaurar al acumulador su capacidad total”. (40 pág. 14).

El Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (41) propone un esquema que permite realizar un mantenimiento preventivo de los equipos con el fin de minimizar los costos y los riesgos; que se presenta en la Tabla 2.

Tabla 2. Pasos para el mantenimiento preventivo de los equipos

Pasos	Procedimiento
1	Asignación de responsable Designe una persona responsable del mantenimiento de todos los equipos y maquinaria de la empresa, que será el encargado de velar por el cumplimiento de los estándares de mantenimiento.
2	Inventario Realice un inventario de máquinas y equipos y asignar un código de identificación con el fin de reconocerla y unificar nombres en los registros de mantenimiento.
3	Revisión de fichas técnicas o catálogo Consulte la ficha técnica o catálogo de cada equipo para conocer sus necesidades y periodicidad de mantenimiento.
4	Hoja de vida Realice una hoja de vida de cada equipo
5	Programa y cronograma Diseñe un programa y un cronograma para el mantenimiento de cada equipo

Fuente: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (41 pág. 41)

Por otro lado, es importante tener en cuenta algunas recomendaciones que son útiles para prevenir el deterioro de las baterías

- Mantener el lugar donde se coloquen las baterías entre 15 y 25 grados. El frío ralentiza las operaciones tanto de carga como de descarga. El calor por su parte, aumenta la evaporación del agua del electrolito, y promueve la oxidación de las placas positivas.
- Siempre que sea posible, fijar bien las baterías, evitando su movimiento.
- Mantener los terminales de conexión, limpios, apretados (no en exceso) y seca la carcasa de la batería.
- Mantener el nivel del electrolito adecuado, añadiendo agua destilada en caso de necesidad, evitando tanto dejar las placas al aire como el llenado excesivo que provoque el desbordamiento del electrolito.
- Evitar la descarga completa de las baterías.
- Calcular adecuadamente las baterías que se necesitan en la instalación, para evitar darles un uso excesivo que límite su vida útil.
- Comprobar el funcionamiento del Cargador de la Batería; las cargas excesivas o insuficientes pueden disminuir su vida útil.
- Evitar siempre que se pueda las CARGAS RAPIDAS DE LAS BATERIAS, las hacen sufrir mucho.
- Comprobar que no hay diferencias de carga entre las distintas celdas de la batería, y si fuera así, efectúe una carga de nivelación (42 págs. 40-41).

Adicionalmente la mayoría de los fabricantes de baterías, tienen *Guías de Usuario* que normalmente incluyen guías de instalación, mantenimiento preventivo, almacenamiento, reciclaje y en algunos casos “Problemas y soluciones” específicos de los equipos que comercializan (43) y (44).

El diagnóstico del funcionamiento de las baterías se recomienda:

- Comprobación visual exterior de las conexiones, cargador, etc.

- Comprobación de fugas al exterior del electrolito
- Comprobación del nivel del electrolito. (No dejar al aire parte de las placas)
- Comprobación de la densidad del electrolito. Debe comprobarse tanto el valor de cada celda, como que los valores entre celdas no sean dispares.
- Comprobación de partículas de suciedad u otras en el electrolito.
- Efectuar una pequeña prueba de descarga y voltaje (42 pág. 44)

Es importante tener en cuenta que existen variaciones del procedimiento, dependiendo el tipo específico de batería que se va evaluar. En cuanto a los usos de las baterías, de acuerdo con los materiales con los cuales están fabricadas se pueden clasificar como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3. Usos de las baterías según el material de fabricación

Materiales	Usos
Plomo-ácido	-Automoción (batería de arranque) -Tracción -Industriales (energía fotovoltaica)
Níquel-Hierro (Ni-Fe)	-Juguetes -Equipos estéreos -Cámaras fotográficas
Pila Alcalina	-Equipos electrónicos
Alcalinas de Manganeso (Mn)	-Grabadoras portátiles -Juguetes con motor -Flashes electrónicos
Níquel-Cadmio (Ni-Cd)	-Computadores y celulares
Níquel-Hidruro metálico (Ni-MH)	-Vehículos de propulsión totalmente eléctrica -Vehículos híbridos

Iones de Litio (Li-ion)	-Teléfonos móviles, agendas electrónicas, ordenadores portátiles y lectores de música
Polímero de Litio (LiPo)	-Productos de la marca Apple®
Pila Oxido de Mercurio	-Prótesis de oído
Pila de Óxido de Plata	
Pila Zinc-Aire	

Fuente: Universidad Técnica Federico Santa María. (45)

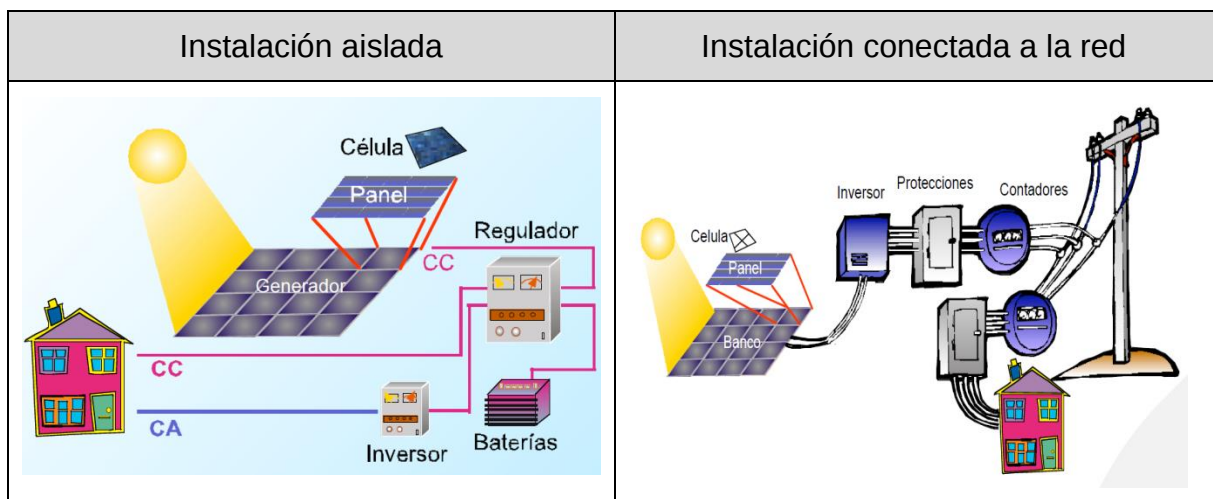
3.5 ACUMULADORES DE ENERGÍA SOLAR

El uso de la energía solar ha surgido como una de las respuestas a las necesidades de la humanidad de disminuir las emisiones de gases (de efecto invernadero) y a llevar energía eléctrica (principalmente) a los lugares que no tienen conexión a las redes de electricidad (46 pág. 33).

Los sistemas de energía fotovoltaica, comúnmente se encuentran en lugares aislados que no tiene conexión a las redes de electricidad, lo que determina una de las formas de instalación. Pero actualmente existe la posibilidad de suministrar la energía producida por los paneles solares a las redes de electricidad (47 pág. 6).

Es necesario poder acumular parte de la energía solar producida durante las horas de insolación, pues el consumo de energía varía a través de las horas del día. Los acumuladores de energía solar, permiten suministrar energía en baja insolación (periodos de lluvia o nubosidad) o nula insolación (noche) (47).

Figura 14. Instalaciones de sistemas de producción de energía solar



Fuente: Solarízate. Profesor. Energía Solar en nuestra vida Cotidiana. (Ministerio de Industria, Turismo y Comercio; IDAE; GREENPEACE (47 págs. 6-7)

3.6 IMPACTO AMBIENTAL

Las baterías están “compuestas por sustancias altamente contaminantes y tóxicas como son los metales pesados: Zinc, Cadmio, Mercurio, Plomo, Níquel, etc. Los metales pesados son sustancias muy persistentes en el medio ambiente al no ser degradables ni química ni biológicamente, por lo que permanecen en el medio, incorporándose a las cadenas tróficas y acumulándose en los tejidos de los seres vivos hasta alcanzar niveles tóxicos. Los residuos de las pilas y acumuladores se clasifican, por tanto, como residuos peligrosos para la salud y el medio ambiente” (35 pág. 187).

El problema de contaminación se inicia cuando las baterías son descartadas de forma inadecuada, enterradas, en predios baldíos, en los ríos, etc. (48). Esto se debe al desconocimiento por parte de las personas acerca de los riesgos que esto implica. Estas razones hacen importante los programa de recolección de baterías en desuso y de ser posible reciclarlas (48).

Según Castro, Melo, Martínez, Beltrán, & Bonilla (35 pág. 187) el proceso de reciclaje de pilas y baterías consiste en trituración de las baterías (excepto las pilas de botón). De la trituración se obtienen: “escoria férrica y no férrica, papel, plástico y polvo de pila”. El material triturado “se introduce en un destilador que se calienta hasta la temperatura adecuada para su posterior condensación, permitiendo la obtención del mercurio con un elevado grado de pureza (96%)” (35 pág. 187).

El polvo de pila, sigue un proceso que permite recuperar los metales que contiene. Mientras las pilas de botón, también sufre un proceso de destilación para obtener el mercurio. Los otros componentes de las pilas pueden ser aprovechados por la industria metalúrgica; pero las pilas que van a tener este destino deben contener menos de 5ppm de mercurio (35).

Tabla 4. Ventajas del reciclaje de baterías usadas y desechos de plomo

Ventaja	Descripción
Protección de recursos naturales	Al fabricar productos con materiales reciclados, y no con materiales vírgenes, se puede conservar la tierra y disminuir las explotaciones mineras
Economía de energía	La fabricación de una batería reciclada exige menos energía.
Conservación de agua y aire limpios	En la mayoría de los casos, la fabricación de productos con materiales reciclados produce menos contaminación del aire y agua que la fabricación a partir de materiales vírgenes
Conservación de la capacidad de vertederos sanitarios	Se conserva la capacidad de vertederos sanitarios, ya que estos no son eliminados en vertederos o incineradores
Ahorro de dinero y creación de trabajos	La industria de reciclaje y los procesos afines crean muchas más oportunidades laborales. Además el reciclaje suele ser la opción de manejo de residuos menos costosa para las ciudades y poblados.

Fuente: Manejo Ambientalmente Adecuado de Baterías Ácido-plomo Usadas en Centroamérica y el Caribe. Diagnóstico de El Salvador (49 pág. 10)

3.7 NORMATIVIDAD INTERNACIONAL DEL RECICLAJE

Alrededor del mundo existen distintas leyes que regulan, la fabricación y reciclaje de las baterías. Estas leyes buscan disminuir el impacto ambiental generado por los materiales usados en la fabricación y la contaminación producida por el mal manejo de las baterías como desechos. Otros de los puntos que se busca regular con las leyes son los problemas de salud profesional, que tiene las personas que trabajan con las baterías., pues están expuestas a los metales pesados (42) En Colombia también existe normatividad respecto a las baterías (50).

3.8 RIESGOS PROFESIONALES

Es importante tener en cuenta que no solo disponer de forma inadecuada de las baterías genera inconvenientes. También el proceso de fabricación de las baterías puede generar problemas. En la fabricación los problemas más importantes son para las personas que manipulan los distintos materiales de fabricación de las baterías (37).

Según Smith (37 pág. 5) que “En las fábricas más antiguas, muchas de las operaciones de trituración, mezcla y otras, o bien el paso de los ingredientes de una etapa a otra del proceso, se realizan manualmente. En estos casos, el riesgo de inhalación de polvo o de contacto cutáneo con sustancias corrosivas es alto. Entre las precauciones que deben tomarse en las operaciones que producen polvo cabe citar el aislamiento total y la mecanización de la manipulación y el pesaje de

los distintos tipos de polvo, el empleo de ventilación aspirante local, la limpieza diaria (fregar y/o aspirar) de los suelos y la utilización de mascarillas respiratorias y otros equipos de protección individual durante las operaciones de mantenimiento”.

El ruido es otro de los riesgos a los que están expuestas las personas que trabajan en el proceso de fabricación de baterías, “ya que las máquinas de compresión y empaquetado lo producen. Es esencial que existan métodos de control del ruido y programas de conservación de la capacidad auditiva” (37 pág. 5).

Como en la mayoría de los procesos industriales el aislamiento y los distintos dispositivos de protección cutánea y ocular son muy importantes. Pues “Los electrolitos que se utilizan en muchas baterías contienen hidróxido de potasio, que es un material corrosivo (...) También puede haber exposición a las partículas de metales tóxicos, como el óxido de cadmio, el mercurio, el óxido de mercurio, el níquel y sus compuestos y el litio y sus compuestos, que se utilizan como ánodos o cátodos en determinados tipos de baterías” (37 pág. 5).

Smith (37 pág. 5) también menciona que “El litio es un metal muy reactivo, por lo que el montaje de pilas de litio ha de realizarse en un ambiente seco a fin de evitar que el litio reaccione con el vapor de agua. El dióxido de azufre y el cloruro de tionilo, utilizados en algunas pilas de litio, comportan riesgos respiratorios. El hidrógeno, gas utilizado en las pilas de níquel-hidrógeno, comporta riesgos de incendio y explosión. Estos materiales, así como los que se utilicen en las pilas de nuevo diseño, requerirán precauciones especiales”.

3.9 UNINTERRUPTED POWER SOURCE (UPS)

Las UPS consisten en una batería y un circuito, que cuando se va la corriente, mantiene prendidos durante un tiempo los equipos que están conectados a ella (51). Dependiendo del tamaño de la batería que usa la UPS, varía el tiempo que pueden mantener prendidos los equipos. Existen UPS que pueden durar 20 minutos y otras que pueden durar días (51).

En el mercado existen distintos tipos de UPS con distintas ventajas. Dentro de los tipos de UPS más comunes están: (52)

- Standby
- Línea interactiva
- Standby-Ferro
- On line de doble conversión
- On line de conversión delta

Tipo de UPS	Ventajas	Desventajas	Usos
Standby	-Bajo costo -Alta eficiencia -Compacta	Funciona a batería durante bajadas de tensión, impráctica para más de 2 kVA	Estaciones de trabajo personal
Línea interactiva	-Alta confiabilidad -Alta eficiencia -Buen acondicionamiento de tensión	Impráctica para más de 5 kVA.	El tipo de UPS más popular en existencia debido a su alta confiabilidad, ideal para servidores en rack o distribuidos y/o entornos de energía hostiles
Standby-Ferro	Excelente acondicionamiento de la tensión, -Alta confiabilidad	Baja eficiencia, inestable en combinación con algunas cargas y generadores	Aplicación limitada debido a que la baja eficiencia e inestabilidad son un problema, y el diseño N+1 on line

			ofrece aun mayor confiabilidad
On line de doble conversión	Excelente acondicionamiento de tensión, facilidad de conexión en paralelo	Baja eficiencia, costosa por debajo de 5 kVA	Adecuada para diseños N+1
On line de conversión delta	Excelente acondicionamiento de la tensión, alta eficiencia	Impráctica por debajo de 5 kVA	La alta eficiencia reduce el costo de energía esencial durante el ciclo de vida en grandes instalaciones

Fuente: Diferentes tipos de sistemas UPS. Neil Rasmussen. (52 pág. 10)

Debido a que existen en el mercado varias opciones de UPS, es importante determinar cuál sistema tiene las mejores características dependiendo de los requerimientos.

3.10 VENTAJAS Y DESVENTAJAS

En la Tabla 5 se presentan las ventajas y desventajas de los distintos tipos de baterías.

Tabla 5. Ventajas y Desventajas de Algunos tipos de Baterías

Batería	Ventajas	Desventajas
Plomo-ácido	-Bajo costo -Fácil fabricación	-No admiten sobrecargas ni descargas profundas, lo que reduce su vida útil -Altamente contaminantes -Baja densidad de energía: 30Wh/kg -Peso excesivo
Níquel- Hierro (Ni-Fe)	-Bajo costo -Fácil fabricación -Permite sobrecargas, descargas totales en repetidas ocasiones e incluso cortocircuitos -No es contaminante (no contiene metales pesados) -Muy larga vida útil -Funciona en un rango amplio de temperatura (-40°C a 46°C)	-Demasiado duradera -Baja densidad de energía 40Wh/kg
Pila Alcalina	-Se comercializa en varias	-Dificultad para impedir la salida de los

	versiones: 1,5 voltios, 6 voltios y 12 voltios.	constituyentes.
Alcalinas de Manganese (Mn)		-Contienen mercurio (que es muy contaminante). Una batería de estas puede contaminar 175.000 litros de agua.
Níquel-Cadmio	-Permite ser recargada -Admite sobrecargas -Amplio rango de temperatura de funcionamiento	-Baja densidad de energía 50Wh/kg -Alto efecto memoria
Níquel-Hidruro metálico (Ni-MH)	-Muy poco afectada por el efecto memoria -Densidad de energía 80Wh/kg	-No trabaja muy bien en bajas temperaturas
Iones de Litio (Li-ion)	-Muy poco efecto memoria -Se pueden cargar sin estar totalmente descargadas -Densidad de energía 115Wh/kg	-No admite descargas totales ni sobrecargas -No toleran muy bien los cambios de temperatura
Polímero de Litio (LiPo)	-Permiten mayor densidad de energía -Tamaño reducido en comparación con otras	
Pilas de Combustible	-Se pueden usar biocombustibles para obtener el Hidrogeno (Metanol o Metano)	
Pila Oxido de Mercurio	-Ciclo de descarga constante -Funciona correctamente en altas temperaturas -Tamaño reducido -Voltaje constante durante toda su vida útil	-Alto costo -Altamente contaminante
Pila de Óxido de Plata	-Alta capacidad de Carga -Tamaño reducido	-Alto costo
Pila Zinc-Aire	-Vida útil de 1-3 meses -Mayor densidad de energía	-Bajo costo

Fuentes: Baterías y Pilas. Leonelli (34) y Seminario de Investigación en Energía, Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible Castro, Melo, Martínez, Beltrán, & Bonilla (35)

El efecto memoria es “un efecto en el que cada recarga se limita el voltaje o la capacidad (a causa de un tiempo largo, una alta temperatura, o una corriente elevada), reduciendo la capacidad de almacenar energía, al crearse cristales en el interior de la batería”. (34 pág. 10)

Aunque no estaba previsto dentro del alcance inicial del presente trabajo, también se hizo una búsqueda de información sobre la densidad volumétrica de los

diferentes tipos de batería. Esta variable es importante dado que permite medir la cantidad de energía que una batería puede acumular en relación con su peso o con su volumen, por lo que debe ser tomada en cuenta en aquellas aplicaciones en las que el peso o el espacio que ocupa la batería son críticos, tal como sucede en los equipos portátiles o en los vehículos, por ejemplo.

Sin embargo, pocos fabricantes publican este indicador; así, de acuerdo con Rodríguez, las baterías de sulfuro de sodio, diseñadas para operar bajo condiciones de altas temperaturas “presentan altos valores de eficiencia y densidad volumétrica de energía con lo que se gana en compacidad, ciclo de vida elevado” (53 pág. 46), aunque no presenta la cifra. A su vez Estévez, Varela y Iturritxa, indican que las baterías de matriz de absorción¹ de tipo industrial ofrecen una densidad volumétrica de energía de 800 Wh/l, mientras que las baterías de Níquel presentan una densidad de 300 Wh/l y las de litio-ion una densidad de 250 a 530 Wh/l. (54).

3.11 VIGILANCIA TECNOLÓGICA

La revisión de bases de datos de publicaciones científicas y académicas permitió identificar que dentro de los recientes desarrollos relacionados con las baterías se destaca el diseño del poste de recarga para acumuladores de vehículos eléctricos, creado y patentado por la firma ADIF en España, cuyo prototipo se observa en la Figura 15.

¹ De acuerdo con Estévez, Varela y Iturritxa, en los trenes se pueden emplear diferentes tipos de baterías, incluyendo baterías selladas o VRL, baterías con electrolito-gel y baterías con matriz de absorción o AGM. (54 pág. 9)

Figura 15. Poste de recarga



Fuente: ADIF (2012) (55)

El poste de carga es denominado ferrolineras, y obtendrán la energía de las subestaciones eléctricas que alimentan las catenarias, además de que la podrán tomar de las desaceleraciones de los trenes y de placas fotovoltaicas que se instalan en las marquesinas de los parqueaderos. (55)

Así mismo, fue desarrollado un sistema fotovoltaico autónomo que incluye reguladores con el objetivo de aumentar el tiempo de vida útil de dichas baterías, como se muestra en la Figura 16. (56)

Figura 16. Controlador experto de sistemas fotovoltaicos autónomos



Los reguladores impiden la sobrecarga de las baterías, a la vez que controlan su descarga, interrumpiendo el circuito de salida cuando el nivel de carga de la batería alcanza un valor mínimo preestablecido, previniendo descargas excesivas que acortan drásticamente su vida útil.

Igualmente, la firma de herramientas Ingersoll Rand ha difundido información publicitaria relacionada con un nuevo sistema de fijación de las baterías de sus herramientas neumáticas cuya patente aún se encuentra en trámite y que ofrece

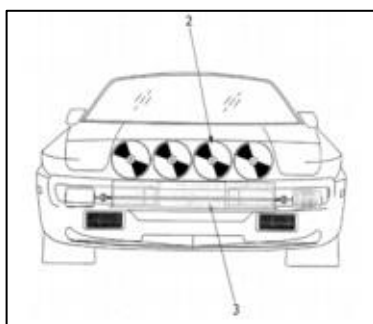
como beneficio el hecho de que la batería ofrece una durabilidad mayor que la de la herramienta misma. (57)

Por su parte, la Universidad de Sevilla registró una patente de baterías submarinas de par ajustado; la invención presenta sistemas de almacenamiento de energía mediante la compresión/descompresión de un gas y su almacenamiento en baterías submarinas en las que se ajusta el par provocado por las fuerzas de flotación del gas y del peso del contrapeso, incluyendo sus procedimientos de fabricación, teniendo presente que resultan ser de grandes dimensiones (58)

En cuanto a inventos registrados en Colombia relacionados con baterías, la Superintendencia de Industria y Comercio publicó en su Gaceta número 661 de febrero de 2013 una solicitud de patente de un sistema de control de tráfico inalámbrico alimentado por energía solar caracterizado porque uno o varios semáforos comunicados entre sí por medio de una interface de comunicación inalámbrica, a una tarjeta controladora; cada semáforo está alimentado por celdas fotovoltaicas, que tiene un sistema de respaldo de energía compuesto por un banco de baterías. Esta patente no ofrece una novedad tecnológica en cuanto al diseño de las baterías sino en cuanto a una forma de uso de las mismas.

Igualmente, en la Gaceta número 672 de julio de 2013 se registró un sistema de suministradores de carga a baterías de vehículos eléctricos, cuya principal característica es que los aparatos suministradores constan de hélices que al chocar contra el aire, al estar el vehículo en movimiento, hacen girar unos pequeños generadores eléctricos.

Figura 17. Suministradores de carga a baterías de vehículos eléctricos



Fuente (59)

En cuanto a los trabajos de origen académico y científico sobre energías alternativas que dan cuenta de la evolución de evolución tecnológica sobre baterías y fuentes alternativas de energía, se debe mencionar el realizado por Moreno y Vargas (32) en relación con el uso de la tecnología del hidrógeno como opción para la perdurabilidad del sector energético en Colombia. En el trabajo se describen las experiencias mundiales de mayor trascendencia con hidrógeno como vector energético, se determinan las variables relevantes que caracterizan la dinámica del sistema y se contrastan las experiencias mundiales con el análisis situacional de esa tecnología en el contexto colombiano. Los autores concluyen que la tecnología del hidrógeno en Suramérica está siendo tomada en serio solo Brasil y Argentina, mientras que Chile y Colombia han tomado una postura sesgada hacia la producción de biocombustibles.

Por otro lado, de acuerdo con el Ministerio de Minas, en la actualidad las zonas no interconectadas, conocidas como ZNI generan un consumo de energía eléctrica de 163 MW y en la actualidad se abastecen aproximadamente en un 10% de energías alternativas; la proyección de esa cifra es que para 2015 el porcentaje sea de 20% y de 30% para 2020 (60). Los proyectos actualmente en curso para alcanzar este porcentaje son los que se presentan en la Tabla 6.

Tabla 6. Resumen de aplicaciones de proyectos de energías renovables.

Departamento	Localidad	Tipo de solución
Guajira	Nazareth	Solar fotovoltaica
	Cerro de la Teta	Híbrida Solar-eólica
	Flor del Paraíso	Híbrida Solar-eólica
Chocó	Titumate	Híbrida Solar – diésel
	Escuelas	Solar fotovoltaica
	Bahía Solando	PCH*
Bolívar	Isla Fuerte	Híbrida Solar – diésel
Guainía	Pueblo Nuevo	Híbrida Solar – diésel
	Raudal de Mapiripán	Híbrida Solar – diésel
Amazonas	La Chorrera	Híbrida Solar – diésel
Antioquia	El Salado	PCH
San Andrés	San Andrés	Residuos sólidos urbanos

Fuente: Ministerio de Minas y Energía (60)

Como se observa, los proyectos en curso son especialmente basados en sistemas híbridos solar y diésel, y se desarrollan en regiones apartadas. Es importante resaltar, la forma en que ha cambiado el tipo de energía que se consume en el mundo. En un lapso de un siglo (inicios del siglo XIX, a inicios del siglo XX), el consumo de energía de origen renovable paso de un 95% a un 38%. Y en el presente siglo solo un 16% de la energía consumida proviene de origen renovable (30). También hay que resaltar que actualmente, se está revirtiendo nuevamente esta tendencia “ya que en muchos países industrializados la proporción de uso, de energías renovables, ha crecido de manera considerable en las dos últimas décadas” (30 pág. 1). Esto se debe a que está aumentando, de manera exponencial, la inversión que se hace a este sector, Así como también están aumentando las políticas que apoyan este tipo de proyectos.

Entre el 2000 y el 2004; la industria de la energía solar tuvo un crecimiento aproximado del 60% anual; “durante el mismo período, la energía eólica creció a una media de 29% anual, el biodiesel a una media de 25% y el agua caliente y la

* PCH: pequeñas centrales hidroeléctricas.

calefacción a partir de la energía solar a una media de 17%, muy superiores a los incrementos anuales medios de 3 a 4% en la capacidad de las centrales eléctricas que utilizan combustibles fósiles y de 1,6% en la de las centrales nucleares” (31).

El crecimiento de la industria de energías renovables no es solo económico, sino funcional; Werner y Lins (61), reportan que “las energías renovables continúan creciendo con fuerza en todos los sectores de uso final – generación de energía, calefacción, refrigeración y transporte. Las fuentes renovables han crecido para abastecer el 16,7% del consumo final de energía a nivel global. De este porcentaje, la participación tradicional de la biomasa ha disminuido ligeramente, mientras que la cuota de energía renovable moderna ha aumentado. En 2011, las tecnologías de energía renovable continuó expandiéndose en nuevos mercados: alrededor de 50 países de la capacidad instalada de energía eólica y solar se ha expandido rápidamente a nuevas regiones y países. Los colectores solares de agua caliente son utilizados por más de 200 millones de hogares, así como en muchos edificios públicos y comerciales en todo el mundo” (61 pág. 1). Dentro de las fuentes de energía renovable se encuentran: la energía geotérmica, la energía proveniente de la biomasa; la energía solar, la energía eólica, los biocarburantes, la energía hídrica y la energía mareomotriz.

3.11.1 PUBLICACIONES SOBRE BATERÍAS

En cuanto a la evolución de las publicaciones científicas y académicas en bases de datos, se realizó la búsqueda en las bases de datos Proquest, Science-Direct, Ovid, Ebsco e ISI en idiomas inglés y español. Las palabras claves empleadas en la búsqueda fueron “celdas de hidrógeno” (*hydrogen cells*), “baterías” (*battery*), y “acumulador de energía” (*energy accumulator*). Además se consultó la base de

datos del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (*Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE*).

La búsqueda se hizo para documentos publicados entre los años 2010 y 2013 y en total se encontraron 13.275 publicaciones, tal como se muestra en la Tabla 7. Puede verse que la tendencia que presenta el número anual de publicaciones relacionadas con celdas de hidrógeno es creciente, igual que sucede en el caso de las publicaciones relacionadas con baterías; en cambio las publicaciones sobre acumuladores de energía presentan una tendencia constante.

Tabla 7. Publicaciones científicas en bases de datos incluyendo IEEE.

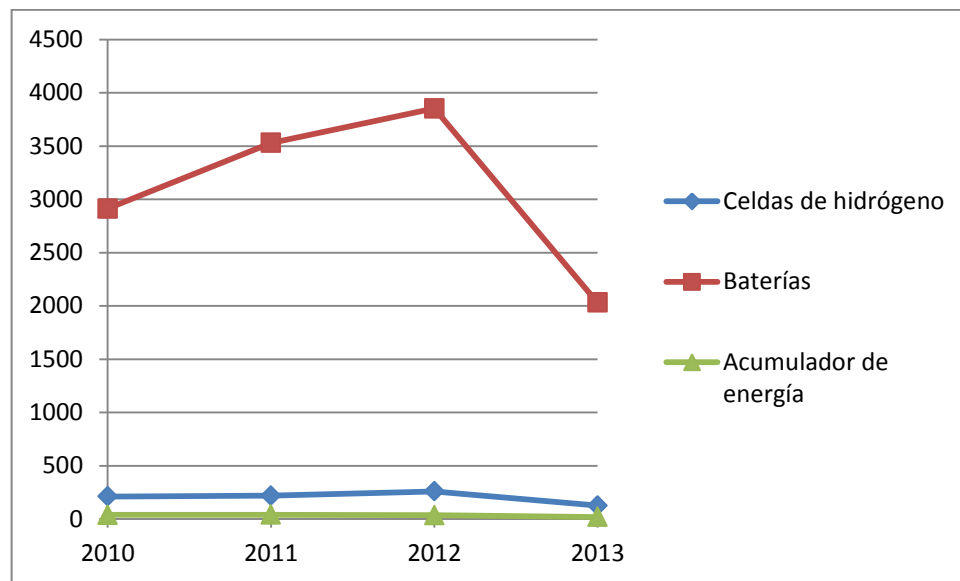
	2010	2011	2012	2013
Celdas de hidrógeno	211	219	259	126
Baterías	2.912	3.529	3.853	2.031
Acumulador de energía	39	41	36	19
Total	3.162	3.789	4.148	2.176

Fuente: elaboración propia.

En todos los tres tópicos se presenta decrecimiento en el año 2013, lo que puede explicarse por el hecho de que el año aún no ha terminado. Igualmente se observa que las publicaciones relacionadas con baterías son mucho más numerosas que las relacionadas con celdas de hidrógeno o acumuladores de energía.

La evolución se presenta en la Figura 18 (Consulta Junio - 2013).

Figura 18. Evolución de publicaciones en bases de datos (Incluye IEEE)



Fuente: elaboración propia.

La evolución de esas cifras sobre publicaciones relacionadas con estos temas muestra además que el total de publicaciones se incrementó anualmente durante el período analizado, lo que puede interpretarse como un reflejo del creciente interés por los temas relacionados con sistemas de almacenamiento de energía y sus diferentes aplicaciones.

También se buscó identificar cuáles autores están siendo citados por otros autores que publican artículos científicos sobre estos temas; esta revisión permitió identificar los trabajos que se presentan en la Tabla 8.

Tabla 8. Publicaciones citadas por otros autores de artículos científicos

Publicación citada	Número de veces
J. Chen, B. Lim, E. P. Lee, Y. Xia; Nano Today; (2010) 4	3
K. J. J. Mayrhofer, D. Strmcnik, B. B. Blizanac, V. Stamenkovic, M. Arenz, N. M. Markovic; Electrochim. Acta.; 53 (2008) 3181	3
B.L. Garcia-Brenda, J.R., J.W. Weidner, J. Fuel Cell Sci. Tech. 9	2

(2012) 011012-01-12.	
K.T. Jeng, N.Y. Hsu, C.C. Chien; Int. J. Hydrogen Energ.; 36 (2011)	2
ACEA, Bruselas. ACEA position and recommendations for the tandardization of the charging of electrically- chargeable vehicles, Septiembre 2011.	2
L. Zhou, J. Watts, M. Sase, and A. Miyata. Charging ahead: Battery Electric Vehicles and the Transformation of an Industry, 2010.	3

Fuente: elaboración propia.

Como se observa en esa tabla, estos trabajos han sido citados entre 2 y 3 veces por otros autores, por lo que no puede afirmarse que existan claros líderes en esas investigaciones.

Los autores más citados en las bases de datos del IEEE entre 2010 y 2013 fueron Hoffmann y Dorgan con 15 publicaciones cada uno, Ballif con 9 publicaciones y Guha y Yan con 8. (62)

En esa misma base de datos del IEEE aparecen también publicaciones sobre celdas de hidrógeno y acumuladores de energía, aunque la cantidad de tales publicaciones es notoriamente inferior, como se observa en la Tabla 9.

Tabla 9. Publicaciones del IEEE entre 2010 y 2013 sobre batería y celdas de hidrógeno

Año	Baterías	Celdas de hidrógeno
2013	2.026	40
2012	3.846	29
2011	3.521	74
2010	2.902	65

Fuente: elaboración propia con base en consultas del IEEE

Como se observa, durante el período analizado por cada publicación sobre celdas de hidrógeno aparecen 59 publicaciones relacionadas con baterías. Esta situación

puede explicarse en parte por el hecho de que las baterías tienen ya tal número de aplicaciones, que cada vez son más los artículos y publicaciones en general en los cuales se menciona la palabra, mientras que las celdas de hidrógeno aún se hallan en fase de experimentación y por lo tanto no se utilizan y no son mencionadas más que por los investigadores que participan de su desarrollo.

En cuanto a los autores que más publicaciones figuran en la base de datos del IEEE, están Sharma y Mittal, cada uno con 4 publicaciones, así como otros 9 autores cada uno con tres publicaciones.

3.11.2 PATENTES INTERNACIONALES SOBRE BATERÍAS

La vigilancia tecnológica incluyó la búsqueda de patentes relacionadas con baterías; la búsqueda mostró una gran cantidad de patentes sobre diseños, usos, materiales, sistemas de control, y diferentes asuntos relacionados con baterías, lo que dificulta seleccionar las más importantes.

Sin embargo, dentro de las que llaman la atención por su potencial se pueden mencionar a continuación algunas de ellas.

- Un sistema de doble fuente para los vehículos eléctricos: Proporciona un método de optimización de la operación de la fuente de energía de un vehículo eléctrico, en donde la fuente de alimentación se compone de un primer paquete de baterías (por ejemplo, un paquete de baterías no-metal-aire) y un segundo

paquete de la batería (por ejemplo, una batería metal aire). La fuente de alimentación está optimizada para reducir al mínimo el uso de la batería menos eficiente (por ejemplo, el segundo paquete de baterías), asegurando al mismo tiempo que el vehículo eléctrico tenga potencia suficiente para atravesar la distancia de viaje esperada antes del siguiente ciclo de carga de la batería (63).

- Una batería auto-luminosa. Una batería de auto-iluminación que incluye una o más películas de diodos emisores de luz que se ubica adyacente a la superficie interior de la carcasa de la batería. Los diodos se conectan a los polos positivo y negativo a través de un conductor. La batería puede incluir también uno o más diodos miniatura emisores de luz. (64)

- Técnicas de ahorro de energía para los dispositivos informáticos con pilas. Se trata de un sistema que se puede instalar en el computador para que el usuario defina la forma de operación a partir de la energía restante que tiene la batería. (65)

- Un sistema de optimización de la descarga. Bajo el nombre de “Batería de todos los electrodos con área ampliada”, este sistema promete mejorar el sistema de almacenamiento mediante la explotación de dos fenómenos físicos combinados. (66)

- Un sistema de refrigeración para aumentar la duración de la carga de una batería. El sistema consta de unas aletas de refrigeración que contribuyen a controlar el nivel de temperatura durante la operación de la batería. (67)

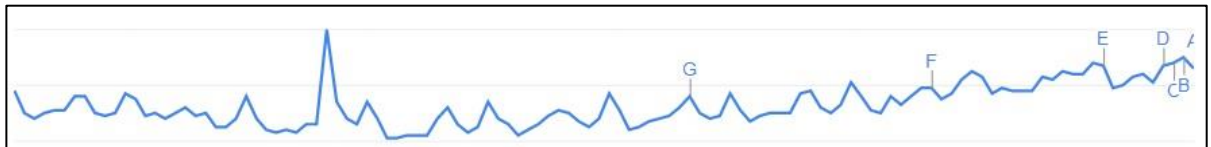
- Un nuevo sistema de sellamiento de las baterías para evitar que se vea afectada por las condiciones de humedad del ambiente. (68)

- Una batería con electrodo positivo de alta conductividad, que favorece el buen funcionamiento y la vida útil de ésta. (69)

3.11.3 TENDENCIA DE INTERÉS

Como parte de la vigilancia tecnológica en relación con las baterías, se realizó el análisis de la tendencia de interés en las búsquedas que realizan las personas que visitan el sitio google.com, para lo cual se utilizó la herramienta *google trend*. En la Figura 19, se muestra la evolución desde 2004 hasta 2013.

Figura 19. Tendencia de interés sobre baterías



Fuente: Googletrend (70)

De acuerdo con la Figura 19, el término “batería” tuvo un nivel de consulta de 78 en febrero de 2004 y de 86 en octubre de 2013. El máximo nivel de búsqueda se presentó en agosto de 2006, cuando alcanzó la cifra de 100; a partir de febrero de 2007 se presentó una tendencia de crecimiento notoria, dado que pasó de 61 en ese mes, hasta 86 en septiembre de 2013, con un máximo para ese período de 90 en el mes de septiembre de 2013. Al comparar esa tendencia de interés sobre el tema con la tendencia en el número publicaciones sobre el tema que se mostró previamente, se puede notar que las dos presentan el mismo comportamiento de crecimiento en los años recientes.

3.11.4 CURSOS: BATERÍAS COMO TECNOLOGÍA EMERGENTE

Finalmente, se puede encontrar en la *IEE e-Learning library*, cursos ofrecidos por este instituto, relacionados al tema investigativo de baterías. Entre los cuales se pueden encontrar: (71)

- ***Introduction to Batteries:*** Introducción a Baterías. Este tutorial es una de las cinco de una serie desarrollada por Robert Spotnitz, Presidente de Diseño de la batería, LLC. En este primer tutorial, Dr. Spotnitz proporciona una visión general de las baterías, incluyendo una breve historia del desarrollo de la batería. El interés en las baterías de iones de litio se centra alrededor de sus aplicaciones vehiculares. y el Dr. Spotnitz revisa los tipos de pilas que se utilizan actualmente en los vehículos eléctricos híbridos (HEV), los híbridos enchufables (PHEV) y los vehículos totalmente alimentados por baterías (vehículos eléctricos de batería o BEV).
- ***Battery Design Principles:*** Principios de diseño de baterías. En este segundo tutorial, Dr. Spotnitz ofrece un panorama detallado de los principios de diseño de la batería y considera el comportamiento eléctrico, diferentes geometrías celulares y diseños, y comportamiento térmico. Él también se ocupa de los sistemas de gestión de la batería.
- ***Lithium-Ion Batteries:*** Baterías de Iones de Litio. En este tercer tutorial, Dr. Spotnitz mira a los diferentes tipos de baterías de iones de litio en términos de mercado, los componentes y procesos de fabricación asociados a cada tipo. El autor analiza los siguientes componentes: materiales activos positivos y activos negativos, separadores, electrolitos, aditivos y envases.

- ***Modeling of Lithium-Ion Batteries:*** Modelado de baterías de iones de Litio. En este cuarto tutorial, Dr. Spotnitz ofrece una revisión detallada de los tipos de modelos actualmente en uso (composición química internacional, empírica y basada en la física para el diseño de ingeniería). También aborda el uso de modelos de baterías para mejorar el diseño y el impacto de la temperatura sobre la vida de la batería.
- ***Next Generation Batteries:*** Próxima generación de baterías. En este quinto tutorial, Dr. Spotnitz habla de posibles mejoras en los materiales y el diseño de baterías de iones de litio. Baterías de iones de litio de ultra-alta energía de nueva generación tendrán una vida más larga y una mejor seguridad de los productos.

BIBLIOGRAFÍA

1. **Willmeyer, W. Fred.** *Ciencia de los Polímeros*. s.l. : Editorial Reverté, 1975.
2. **Granados Porcel, Francisco.** *Desarrollo tecnológico en la historia de la Humanidad: Inventores e Inventos. Alessandro Volta y La Pila – “Batería”*. s.l. : Innovación y Experiencias Educativas, 2009.
3. **Unicrom, Electrónica.** Unicrom. [En línea] <http://www.unicrom.com>.
4. **Medellin Celular.** Medellin Celular. [En línea]. <http://www.unicrom.com>.
5. **Apple.** Apple. [En línea]. <http://www.apple.com/la/batteries/>.
6. **Taringa.** Taringa. [En línea]. <https://www.taringa.net>.
7. **Horst, Bauer.** *Sistemas eléctricos y electrónicos para automóviles - Baterías Bosch*. 2000.

8. **Ramírez, Daniel.** Curioso estudio sobre las baterías en los coches ecológicos. [En línea] Septiembre de 2011. <http://motorfull.com/2011/09/curioso-estudio-sobre-las-baterias-en-los-coches-ecologicos>.
9. **Motor Full.** Motorfull. [En línea] [Citado el: 12 de Noviembre de 2011.] <http://www.motorfull.com>.
10. **Technology.** IBM invierte en la investigación de baterías. *Technology Review*. [En línea] 11 de Junio de 2009. <http://www.technologyreview.es/>
11. **Crowe, Paul.** Quick Charge Battery Developments. *The Kneeslider*. [En línea] 24 de Marzo de 2011. <http://thekneeslider.com/archives/2011/03/24/quick-charge-battery-developments/>.
12. **EPEC.** *La historia de la electricidad. Alejandro Volta, inventor de la pila.* Buenos Aires : EPEC.
13. **Hernández, Lorenzo.** Física (III): s.XIX, tecnología industrial. *Ciencia on line*. [En línea] 26 de Julio de 2007. <http://www.cienciaonline.com/2007/07/26/siglo-xix-fisica-y-tecnologia-industrial/>.
14. **Unesa.** Electricidad. *Conversión de la electricidad en energía química: electrólisis*. [En línea] 2010. <http://www.unesa.net/>
15. **Renobat.** Renobat. *Artículos de baterías - Principales tipos de baterías en el mercado*. [En línea] 2010. http://www.expertosenbaterias.com/Articles/Articulos_de_baterias-158/Principales_tipos_de_baterias_en_el_mercado-33.htm.
16. **COTF - NASA.** Electricity and power in space. *Voltaje DC*. [En línea] 2010. <http://198.185.178.104/iss/spanish/physicalscience/spanelectricity/pages/b12.xml>.
17. **Híbridos Eléctricos.** La tecnología híbrida paralela de Bosch. *www.hibridoselectricos.com*. [En línea] 23 de Octubre de 2012. <http://www.hibridosyelectricos.com/articulo/tecnologia/la-tecnologia-hibrida-paralela-de-bosch/20100804232712001130.html>.

18. **Lebrija, José y Güemes, Donet.** *Reactivador de pilas*. México : Universidad de México, 2010.
19. **Relojistas.** Testeo del reloj electrónico parte 5. *www.relojistas.com*. [En línea] 17 de Julio de 2011. [http://www.relojistas.com/threads/11887-Testeo-del-reloj-electr%C3%B3nico-parte-5-\(exclusivo-de-relojistas-com\)](http://www.relojistas.com/threads/11887-Testeo-del-reloj-electr%C3%B3nico-parte-5-(exclusivo-de-relojistas-com)).
20. **Neo Productos.** Bateria Para Blackberry 9300, 8520, 8700 7100. *www.neoproductos.com*. [En línea] 2012. <http://www.neoproductos.com/uy/bateria-para-blackberry-9300-8520-8700-7100-407683178.html>.
21. **Hanse, E., Glatke, T. y Stewart, M.** La eficiencia de la energía solar Baterías recargables para audífonos. *http://www.solarear.com.br/*. [En línea] 2008. <http://www.solarear.com.br/solar/downloads/resumenespanhol.pdf>.
22. **Laboratorio Profeco.** ¿Cuánto dura tu pila? *http://revistadelconsumidor.gob.mx/*. [En línea] 2011. <http://revistadelconsumidor.gob.mx/wp-content/uploads/2011/11/pilas.pdf>.
23. **Energy Management Agency.** Guía del Vehículo Eléctrico. *www.cleanvehicle.eu*. [En línea] 2011. <http://www.cleanvehicle.eu/fileadmin/downloads/Spain/Guida%20del%20vehiculo%20Electrico.pdf>.
24. **Álvarez, C.** Normatividad sobre Vehículos Eléctricos. *http://www.cidet.org.co/*. [En línea] http://www.cidet.org.co/sites/default/files/documentos/uiet/normatividad_sobre_vehiculos_electricos.pdf.
25. **MATRA Manufacturing & Services.** PREGUNTAS Y RESPUESTAS MÁS FRECUENTES BICICLETAS ELÉCTRICAS: MATRA. *www.iberdrola.es*. [En línea] 2004. https://www.iberdrola.es/webibd/gc/prod/es/doc/preguntas_bicicleta.pdf.
26. **Nuñez, I.** Implantación de un Sistema Público de Bicicletas Eléctricas en la Ciudad de Madrid. *www.iit.upcomillas.es*. [En línea] Mayo de 2012. <http://www.iit.upcomillas.es/pfc/resumenes/4fcbd821d1ca8.pdf>.

27. **Velandia, E.** Energía Eléctrica. Alternativa energética para un transporte urbano sustentable en Colombia. <http://www.andesco.org.co/>. [En línea] Marzo de 2010.http://www.andesco.org.co/site/assets/media/camara/energia/Documentos/CODENSA_Traccion_Electrica_ANDESCO.pdf.
28. **Endesa.** Movilidad Eléctrica. Una Apuesta de futuro para el país. www.energiamayorista.com.co. [En línea] 2 de Noviembre de 2011. http://www.energiamayorista.com.co/memorias2011/miercoles/Movilidad_Electrica_Endesa.pdf.
29. **Codensa; Emgesa.** CODENSA Y EMGESA: EMPRESAS PIONERAS EN EL USO DE BICICLETAS ELÉCTRICAS EN COLOMBIA. www.andesco.org.co. [En línea].http://www.andesco.org.co/site/assets/media/Boletin_Codensa_001.pdf.
30. **André, Francisco; Castro, Luis y Cerdá, Emilio.** Las energías renovables en el ámbito internacional. www.revistasice.com. [En línea] 2012. http://www.revistasice.com/CachePDF/CICE_83___810091ECBB9FFCF682FD12C77FAB6D.pdf.
31. **Patterson, P, y otros, y otros.** Nuestro Planeta (La revista del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Tomo 16 No 4). www.unep.org. [En línea] 2006. http://www.unep.org/PDF/OurPlanet/op_spanish_16v4.pdf.
32. **Moragues, J. y Rapallini, A.** Energía Eólica. <http://www.iae.org.ar/>. [En línea] 2003. http://www.iae.org.ar/renovables/ren_eolica.pdf.
33. **Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid; Energy Management Agency.** Guía del Vehículo Eléctrico. www.cleanvehicle.eu. [En línea]2011.<http://www.cleanvehicle.eu/fileadmin/downloads/Spain/Guida%20del%20vehiculo%20Electrico.pdf>.
34. **Leonelli, A.** Baterías y Pilas. www.tvgroup.com.ar. [En línea] 2011. <http://www.tvgroup.com.ar/pdf/10.pdf>.

35. **Castro, E., y otros, y otros.** Seminario de investigación en Eenergía, Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible. *www.uis.edu.co.* [En línea] 2012. https://www.google.com.co/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CDsQFjAA&url=http%3A%2F%2Frepositorio.uis.edu.co%2Fjspui%2Fbitstream%2F123456789%2F6072%2F2%2F143284.pdf&ei=DlyeUYWqMJLm9gS_kICgDQ&usg=AFQjCNF6KjYrAHXhL46S8W1NVgetEjMHsg&sig2=NM3pgRAR.
36. **ENERXIA.** Blog Enerxia.net "energías renovables". *http://enerxia.wordpress.com.* [En línea] Agosto de 2007. <http://enerxia.wordpress.com/2007/08/page/2/>.
37. **Smith, N.A.** Aparatos y Equipos Electronicos. *http://www.insht.es/.* [En línea] 1998.<http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/tomo3/81.pdf>.
38. **Ministerio de Medio Ambiente España.** Diagnóstico de prevención de la contaminación en un fabricante de baterías para coches. *http://www.istas.net/.* [En línea] 2012. http://www.istas.net/risctox/gestion/estructuras/_3497.pdf.
39. **Medina, J.** Capitulo 4 Calculo de Instalaciones Fotovoltaicas. *www.fpbollullos.es.*[Enlínea]2010.http://www.fpbollullos.es/jmgelectronika/TEMARIO/Instalaciones_Solares_Fotovoltaicas_cap4.pdf.
40. **Gonher Autopartes.** Manual técnico de Acumuladores. *www.pro-one.com.mx.* [En línea] 2010. http://images/descargables/tips/bat_causas.pdf.
41. **Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial .** PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA Y BUENAS PRÁCTICAS AMBIENTALES -Fabricación y reciclaje de baterías. *http://www.aredigital.gov.co/.* [En línea] 2009. http://www.aredigital.gov.co/ProduccionLimpia/Documents/CI%20Bater%20Transporte/Manual_PL_Fabricacion_Reciclaje_Baterias.pdf.

42. **Aviram, S.** USO DE BATERÍAS EN COSTA RICA. *http://eie.ucr.ac.cr*. [En línea] http://eie.ucr.ac.cr/uploads/file/proybach/pb07_II/pb0706t.pdf.
43. **Trojan Battery Company.** GUÍA PARA EL USUARIO DE BATERÍAS TROJAN.*www.trojanbattery.com*. [En línea] 2008. http://www.trojanbattery.com/techsupport/documents/usersguide_spanish_0708.pdf.
44. Guía para Prueba de Baterías. *www.megger.com*. [En línea] 2004. http://www.unitronics-electric.com/pdf/articulos/Battery_AG_es_V01.pdf.
45. **Universidad Técnica Federico Santa María.** Tecnología de las Baterías. *www2.elo.utfsm.cl*. [En línea] 2010. <http://www2.elo.utfsm.cl/~elo383/apuntes/PresentacionBaterias.pdf>.
46. **Llopis, Guillermo y Rodrigo, Vicente.** Guía de la Energía Geotérmica. *www.uclm.es*. [En línea] 2008. http://www.uclm.es/cr/EUP-ALMADEN/aaaeupa/boletin_informativo/pdf/boletines/17/9.pdf.
47. **Ministerio de Industria, Turismo y Comercio; IDAE; GREENPEACE.** Solarízate Profesor. Energía solar para nuestra vida cotidiana. *www.solarizate.org*. [En línea] 2010. <http://www.solarizate.org/pdf/castellano/profesor/PROFESOR.pdf>.
48. **Rey, Javier.** Diagnóstico Ambiental de las Baterías usadas em Vehículos terrestres en el municipio de Bucaramanga. *Tesis para optar al título de Especialista en Ingeniería Ambiental*. Bucaramanga, Santander, Colombia : Universidad Industrial de Santander, 2004.
49. **Hernández, R.** Manejo Ambientalemente Adecuado de Baterías Ácido-plomo Usadas en Centroamérica y el Caribe Diagnóstico de El Salvador. *www.ilmc.org*. [En línea] http://www.ilmc.org/Basel%20Project/El%20Salvador/Project%20Reports/Spanish/m15_PROYECTO%20BATER%CDAS%20ACIDO%20PLOMO_es2.pdf.
50. **Secretaría Distrital de Ambiente.** Manual e buenas prácticas ambientales para el manejo de baterías usadas de plomo-ácido.

<http://acercar.ambientebogota.gov.co/>. [En línea] Octubre de 2008.
<http://acercar.ambientebogota.gov.co/industria/biblioteca/MANUAL-DE-BUENAS-PRACTICAS/Manual%20de%20buenas%20pr%C3%A1cticas%20para%20el%20manejo%20de%20baterias%20usadas%20de%20plomo%20acido.pdf>.

51. **Ferro, R. y Pinares, O.** La UPS. *www.vitral.org*. [En línea] Agosto de 2004.
<http://www.vitral.org/vitral/pdfs/info/info76.pdf>.

52. **Rasmussen, N.** Diferentes tipos de sistemas UPS. *http://www.fasor.com.sv/*. [En línea] 2004.
http://www.fasor.com.sv/whitepapers/whitepapers/Whitepapers%20del%202010/Diferentes_tipos_de_sistemas_de_UPS.pdf.

53. **Rodríguez, Emilio.** *Tecnologías para el almacenamiento de energía. Aplicaciones industriales de distribución*. Sevilla : Universidad de Sevilla, 2012.

54. **Estévez, Pedro, Varela, Maider y Iturritxa, Egoitz.** *Sistemas de almacenamiento de energía eléctrica embarcados en los trenes*. Madrid : Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas, 2012.

55. **ADIF.** *Una estación para ponerse las pilas*. Málaga, España : ADIF, 2012.

56. **Universidad de Jaen.** Controlador experto de sistemas fotovoltaicos autónomos. *Universidad de Jaen*. [En línea] 2013.
http://vicinv.ujaen.es/files_vicinv/Ficha_controladorfotov.pdf.

57. **Ingersoll Rand.** Herramientas sin cable de la serie IQV. *Ingersoll Rand*. [En línea] 2013.
http://www.ingersollrand.pl/download/Vehicle%20Services%20Solutions/cordless_tools/32535-SP-cordless.pdf.

58. **Sevilla, Universidad de.** Patente. Baterías submarinas de par ajustado. *Universidad de Sevilla*. [En línea] 2013.

59. **Superintendencia de Industria y Comercio.** *Gaceta de Propiedad Industrial Número 672*. Bogotá : Superintendencia de Industria y Comercio, 2013.

60. **Ministerio de Minas y Energía.** *Energías Renovables en las ZNI.* Bogotá : Minimas, 2013.
61. **Werner, Angelika y Lins, Christine.** La inversión mundial en energías renovables aumentará a un récord de USD 257 billones. *fs-unep-centre.org*. [En línea] 2012. http://fsunepcentre.org/sites/default/files/media/gsr2012_press_release_short_spanish.pdf.
62. **IEEE.** IEEEXplore Digital Library. *ieeexplore.ieee.org*. [En línea] 2013. <http://ieeexplore.ieee.org/>
63. **Russell, Kurt, Haresh, Vineet y Straubel, Jeffrey.** Sistema eficiente de doble fuente para la batería de un vehículo eléctrico. *Google patentes*. [En línea] 2012. <https://www.google.com/patents/US8543270?dq=battery&hl=en&sa=X&ei=tDNtUqbWPljKkAeTjYHoDw&ved=0CEEQ6AEwAQ>.
64. **Lu, Yi.** Batería autoluminosa. *Google patentes*. [En línea] 2012. <https://www.google.com/patents/US8545042?dq=battery&hl=en&sa=X&ei=tDNtUqbWPljKkAeTjYHoDw&ved=0CE8Q6AEwAw>.
65. **Guy, Romain P. y Agopian, Mathias Marc.** Técnicas de ahorro de potencia para aparatos de cómputo abastecidos por batería. *Google patentes*. [En línea] 2012. <https://www.google.com/patents/US8407502?dq=battery&hl=en&sa=X&ei=tDNtUqbWPljKkAeTjYHoDw&ved=0CFYQ6AEwBA>.
66. **Home, Timothy, Prinza, Friedrich y Usui, Takane.** All-electron battery having area-enhanced electrodes. *Google Patentes*. [En línea] 2012. <https://www.google.com/patents/US8524398?dq=battery&hl=en&sa=X&ei=tDNtUqbWPljKkAeTjYHoDw&ved=0CGQQ6AEwBg>.
67. **Koetting, William y Payne, Josh.** Battery module and method for cooling the battery module. *Google patentes*. [En línea] 2012.

<https://www.google.com/patents/US8399119?dq=battery&hl=en&sa=X&ei=tDNtUqbwPljKkAeTjYHoDw&ved=0CGsQ6AEwBw>.

68. **Visco, Steven J., y otros, y otros.** Bateria de litio azufre con ánodo herméticamente sellado. *Google patentes*. [En línea] 2012. <https://www.google.com/patents/US8445136?dq=battery&hl=en&sa=X&ei=tDNtUqbwPljKkAeTjYHoDw&ved=0CHIQ6AEwCA>.

69. **Han, Seung-Hun, y otros, y otros.** Batería con electrodo positivo de litio. *Googlepatentes*. [En línea] 2012. <https://www.google.com/patents/US20130177812?dq=battery&hl=es419&sa=X&ei=m0ppUofdMoTu8QSWjIDgDQ&ved=0CIMBEOgBMAg>.

70. **Google Trend.** Google Trend Battery. *Google.com*. [En línea] 26 de Octubre de 2013. <http://www.google.com/trends/explore?q=battery#q=battery&cmpt=q>.

71. **IEEE eLearning Library.** [En línea] 07 de Noviembre de 2013. <http://ieee-elearning.org>