



# CTSCAFE PARA CIUDADANOS.....

<http://www.ctscafe.pe>

ISSN 2521-8093



Volumen V- N° 13 Marzo 2021

<http://www.ctscafe.pe>

Lima - Perú

## Nueva materia: Batería de estado sólido



Bach. Ronnie Osmar Oliva Moya  
Universidad Nacional Mayor de San Marcos  
Correo Electrónico: ronnie.oliva@unmsm.edu.pe



Bach. Michelle Ailyn Carrera Cutti  
Universidad Nacional Mayor de San Marcos  
Correo Electrónico: michelle.carrera@unmsm.edu.pe

**Resumen:** En el presente trabajo se explicará qué son, cómo funcionan, cuándo van a llegar y qué ventajas tiene esta nueva tecnología llamada batería de estado sólido que será la gran revolución para el futuro de los autos eléctricos y también en todo el ámbito electrónico (informática y telefonía móvil) Actualmente se proyecta como la mejor alternativa de cara al futuro para la energía en nuestros aparatos. Proponen más capacidad en el mismo espacio, son más seguras, más baratas de producir y tienen más durabilidad. A pesar de ello, todavía quedan algunos cabos sueltos.

**Palabras claves:** Tecnología/ Futuro/ Energía/ Autonomía/ Seguridad/ Durabilidad/ Barato

**Abstract:** In this paper, we will explain what they are, how they work, when they will arrive and what advantages this new technology called solid-state battery has that will be the great revolution for the future of electric cars and also in the entire electronic field (computing and mobile telephony) It is currently projected as the best alternative for the future for energy in our devices. They propose more capacity in the same space, are safer, cheaper to produce and have more durability. Despite this, there are still some loose ends.

**Keywords:** Technology / Future / Energy / Autonomy / Safety / Durability / Cheap

**Résumé :** Dans le présent travail, nous expliquerons ce qu'elles sont, comment elles fonctionnent, quand elles arriveront et quels sont les avantages de cette nouvelle technologie appelée batterie à semi-conducteurs, qui sera la grande révolution pour l'avenir des voitures électriques et aussi dans tout le domaine électronique. (informatique et téléphonie mobile) Il est actuellement projeté comme la meilleure alternative pour l'avenir pour l'énergie de nos appareils. Ils offrent plus de capacité dans le même espace, sont plus sûrs, moins chers à produire et ont plus de durabilité. Malgré cela, il reste encore quelques détails à régler.

**Mots-clés:** Technologie / Futur / Énergie / Autonomie / Sécurité / Durabilité / Bon marché

## 1. Introducción

Recientemente, las baterías de estado sólido han aparecido en las noticias científicas. Las baterías recargables de litio suelen emplear un separador físico y emplean electrolito líquido, lo cual incrementa la probabilidad de que las pilas desarrollen dendritas, unas estructuras con forma de agujas hechas de deposiciones de litio que eventualmente pueden perforar el separador y crear un cortocircuito en el sistema (usualmente genera explosiones porque es inflamable). Los electrolitos sólidos pueden evitar este problema ya que esta nueva tecnología lo sustituye por un polímero cerámico en estado sólido que evita los problemas de incendios en caso de sobrecalentamiento, al eliminar el material inflamable (Inés Dawson, 2017)

Hoy en día se necesita baterías de mayor capacidad, durabilidad y seguridad. Ya sea para los aparatos móviles o los autos eléctricos, la necesidad de mejores baterías es indudable. Algunas marcas como Tesla han logrado mejorar la autonomía de las baterías de litio de sus modelos sin necesidad de cambiarlas. Pero aún se requiere más. Si en el auto eléctrico se plantea reemplazar al motor térmico, las baterías deberán ofrecer mayor autonomía, mayor durabilidad y por supuesto, seguridad. Y es algo que se busca obtener con las baterías de estado sólido. (Daniel Murias, 2019)

### 1.1. Conceptos Generales

#### 1.1.1. Batería

La batería es un dispositivo que almacena energía en forma electroquímica y es el más ampliamente usado para almacenar energía en una variedad de aplicaciones. Existen dos tipos básicos de baterías:

- Batería primaria: su reacción electroquímica es irreversible, es decir, después de que la batería se ha descargado no puede volver a cargarse.
- Batería secundaria: su reacción electroquímica es reversible, es decir después de que la batería se ha descargado puede ser cargada inyectándole corriente continua desde una fuente externa. Su eficiencia en un ciclo de carga y descarga está entre el 70% y 80%. (María, s.f.)

#### 1.1.2. Batería de ion-litio

También llamada batería Li-Ion, está diseñada para almacenar energía eléctrica empleando como electrolito una sal de litio que capta los iones necesarios para la reacción electroquímica entre el cátodo y el ánodo.

Desde su distribución basada en la tecnología Li-ion en los años 1990, se usa en todos los dispositivos tales como teléfonos móviles, tabletas, laptops y otros equipos inalámbricos.

Sin embargo, se degenera rápidamente y es sensible a las altas temperaturas, lo que provocaría su destrucción por inflamación y resultar en explosión. (wikipedia, 2019)

## 1.2. Antecedentes

Esta idea fue descrita hace más de dos siglos por el físico italiano Alessandro Volta que presentó esta tecnología en la Royal Society de Londres en marzo de 1800, pero solo como un dispositivo teórico y desde entonces los científicos han optimizado y mejorado el diseño original de Volta.

Sesenta años después, el científico francés Gastón Planté creó la primera batería, mediante una reacción del ácido sulfúrico con el plomo. Esta combinación fue tan oportuna y sencilla de controlar que sigue siendo la base de las baterías que se utiliza en la mayoría de los autos, encargadas de mantener el arranque del motor, la radio o las luces.

El estudio de las distintas aplicaciones de la electricidad en el siglo XIX y principios del XX ayudó al desarrollo de diseños innovadores de baterías, con mayor capacidad de almacenamiento, por ejemplo. Por otro lado, en 1899, el científico sueco Waldemar Jungner construyó la primera batería de níquel y cadmio; y en 1955 Lewis Urry obtuvo la fórmula de las actuales pilas alcalinas, cuyo nombre proviene de sus elementos clave, el electrólito, hecho de un compuesto alcalino, el KOH (hidróxido potásico). (Ignacio Martil, 2019)

Más tarde, debido a una crisis de energía en los años 70, a inicios de esa década, Michael Stanley Whittingham, investigador de la compañía petrolera Exxon, creó la primera batería de iones de litio. La pila usaba como uno de los electrodos sulfato de titanio, material muy costoso y además muy inestable, por lo que se prescindió de esta comercialmente.

Para hacer comercial la batería se empleó materiales sin litio metálico lo que incrementó la seguridad en las baterías que utilizaban el litio metal. El óxido de litio cobalto facilitó que se logre la producción a escala industrial. (ecured, 2015)

La persona que hizo posible este sueño de las baterías de litio fue el físico norteamericano John B. Goodenough, que a sus 97 años es profesor en la Universidad de Texas. “No quiero dejar este mundo sin haber diseñado una mejor batería, y a mi edad todavía me quedan ganas”, manifestó en una entrevista. (Ángel Jiménez de Luis, s.f.)

## 1.3. Origen de las baterías de litio

Como tantas otras cosas, las baterías de litio surgieron por causa de la crisis del petróleo de principios de la década de 1970. Alarmada por el cariz que estaban tomando los acontecimientos a raíz de la guerra de Yom Kipur, Exxon reclutó a varios científicos de prestigio para que investigaran en tecnologías energéticas que no dependieran de los combustibles fósiles. Uno de ellos era Whittingham, que comenzó a trabajar en superconductores y descubrió un material anormalmente rico en energía que empleó para crear un cátodo innovador en una batería de litio. Su novedad consistía en estar hecho de disulfuro de titanio, un compuesto químico que, a nivel molecular, deja espacios que pueden albergar iones de litio.

El problema de este invento residía en que el ánodo de la batería estaba formado parcialmente por litio metálico, capaz de liberar electrones y producir, en este caso, más de dos voltios de potencia, pero muy reactivo y poco seguro, hasta el punto de que los bomberos tuvieron que acudir más de una vez al laboratorio del británico a sofocar incendios.

En este punto de la historia aparece John Goodenough, casi 20 años mayor que Whittingham y nacido en Jena (Alemania) aunque a esas alturas ya vivía en Estados Unidos y trabajaba en el Laboratorio Lincoln del prestigioso Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT). Goodenough había sido un niño con tantas dificultades para aprender a leer como facilidad para las matemáticas y, luego, para la física. Mientras estuvo en el MIT, anduvo entretenido en el desarrollo de la memoria de acceso aleatorio (RAM), un componente clave de la informática aún hoy en día, motivo por el que su contacto con el mundo de la química se demoró algún tiempo.

Lo que descubrió nuestro hombre es que el cátodo de la batería de su colega podía tener un potencial mayor y ser menos inestable si estaba hecho de óxido metálico en lugar de sulfuro metálico. Hacia 1980 demostró que el óxido de cobalto con iones de litio intercalados podía producir hasta cuatro voltios de potencia eléctrica, y este hallazgo señala el inicio de las baterías de ion-litio tal como las conocemos hoy en día. Bueno, más o menos.

¿Qué había pasado entre tanto? Entre otras cosas, el precio del petróleo se había desplomado en los 80 y Exxon había abandonado sus proyectos alternativos. Japón, sin embargo, estaba necesitado entonces de dispositivos de almacenamiento de energía liviano y recargable que pudieran alimentar un sinfín de aparatos electrónicos muy de moda o en camino de estarlo, como cámaras de vídeo, teléfonos inalámbricos y ordenadores portátiles.

Aquí entra en juego el tercer ganador del Nobel de este año, Akira Yoshino, de la corporación Asahi Kasei de Tokio (de la que sigue siendo miembro honorífico actualmente), que convirtió el invento de Goodenough en un producto comercialmente viable en 1985: una batería ligera y resistente que podía cargarse cientos de veces antes de que su rendimiento mermara. Es en 1991 cuando Sony comienza a vender baterías de iones de litio de forma masiva, con las consecuencias que todos conocemos. (Víctor Celaya, 2019)

58

## 2. Material y métodos

Antes de explicar qué son, deberíamos empezar por cómo funciona una pila. Una pila está compuesta de dos electrodos, uno positivo (cátodo) y uno negativo (ánodo), y a medida que pierden carga, los electrones pasan del negativo al positivo a través de un circuito externo. Los iones pasan por el electrolito que separa los dos electrodos.

El electrolito forma el camino para los iones. Con un electrolito líquido se requiere un separador para prevenir la ocurrencia de cortocircuitos, pero con uno de cristal no es necesario porque el sólido en sí los separa. El cristal también permite que la deposición de litio sea homogénea, mientras que un electrolito líquido puede provocar que se formen centros de nucleación, haciendo que el litio se deposite en tres dimensiones. Las deposiciones de litio crecen formando unas estructuras parecidas a las de una espada llamadas 'dendritas', que pueden penetrar el separador y producir un cortocircuito. Este es el mecanismo que provoca las explosiones de dispositivos como móviles y portátiles que han aparecido en las noticias.

El cristal también tiene una ventana electroquímica amplia, lo cual hace que rinda bien con todos los pares de electrodos sin oxidarse, y no generará reacciones internas dentro de la pila que podrían conducir a una explosión.

## 2.1. ¿Al ser de cristal sugiere ser frágil?

El término cristal puede ser algo confuso, porque no nos estamos refiriendo al cristal de una ventana. Es un polvo que se encuentra entre un sólido y un líquido viscoso. Este cristal se aplica a una matriz, el cual es un papel muy fino. En nuestro caso usamos papel reciclable, el cual forma una fibra de cristal muy flexible que no se romperá al caer. (Inés Dawson, 2017)

Sin embargo, las baterías actuales de nuestros dispositivos están basadas en el litio. Es la mejor tecnología disponible, pero también es algo cara y relativamente peligrosa, ya que las baterías son inflamables al más mínimo contacto con el aire (por ello no se debe perforar nunca una batería). Por ello, encontrar unas baterías seguras y baratas es primordial en una industria que cada vez demanda más baterías.

Las baterías de estado sólido, como su nombre indica, no están en estado líquido. Esto lo consiguen gracias a utilizar sodio en lugar de litio. (Alberto García, 2017)

## 2.2. Composición

El más conocido es el cristal de sodio, pero actualmente no hay una composición fija ya que son varias las universidades, centros de investigación y científicos que buscan el material que permita crear esta batería. También hay otros, como Toyota, que mantiene en secreto que sólido utiliza. (Daniel Murias, 2019)

A continuación, algunos de los elementos que harán realidad estas baterías:

## 2.3. El closoborano

Sin embargo, los científicos tenían que encontrar todavía un conductor iónico sólido que no sea tóxico y sea química y térmicamente estable que permita al sodio moverse fácilmente entre el ánodo y el cátodo. Esto lo consiguieron con closoborano ( $B_{12}H_{12}^{2-}$ ), que tiene unas propiedades muy prometedoras. Al ser un conductor inorgánico, elimina el riesgo de incendio al recargarse.

Los científicos del Empa, de la Swiss Federal Laboratories for Materials Science and Technology y de la Universidad de Ginebra que han creado esta batería afirmaron que la parte más compleja del proceso de creación fue hacer que las tres partes de la batería entraran en contacto: el ánodo (de sodio), el cátodo (de óxido de cromo) y el electrolito (de closoborano). Para ello, disolvieron parte del electrolito antes de añadir el óxido de cromo. Una vez el disolvente se evaporó, pusieron el polvo del cátodo con el ánodo y el electrolito. Comprimiendo varias capas de esto les permitió crear la batería.

Esta batería superó con creces las pruebas, pudiendo aguantar 3 voltios sin problema donde otras baterías en estado sólido previas se dañaban a ese voltaje. Después de 250 ciclos de carga y descarga la capacidad de la batería era un 85% del total original. Para el futuro, tienen que conseguir llegar a los 1.200 ciclos de carga antes de que puedan comercializarlas, además de realizar las pruebas a temperatura ambiente, uno de los principales problemas de este tipo de baterías. (Alberto García, 2017)

## 2.4. Ánodo de metal de litio

Un equipo del MIT ha diseñado un ánodo de metal de litio para mejorar la longevidad y la densidad de energía de las futuras baterías. La nueva nano arquitectura en forma de panal promete un salto evolutivo a las baterías de estado sólido.

Imagina poder cargar tu smartphone sólo una vez cada tres días, sin que cambie el peso o el tamaño del dispositivo. Hoy en día no es algo fantasioso: un avance que daría vida a la electrónica de consumo con estas nuevas baterías de estado sólido. Un grupo de ingenieros del Instituto de Massachusetts, en colaboración con colegas de Hong Kong, Florida y Texas, ha dado el primer paso hacia la nueva generación de baterías recargables.

Una de las muchas formas en que los científicos esperan mejorar los actuales sistemas de almacenamiento basados en el ión-litio es reemplazando algunos de los componentes líquidos (electrolitos) por medios sólidos. Conocidas simplemente como baterías de estado sólido, estos dispositivos son más seguros y menos propensos al riesgo de incendio o explosión. Además, se prestan a grandes cambios arquitectónicos. El ánodo en las unidades de iones de litio de hoy en día es una mezcla de cobre y grafito, pero en los nuevos dispositivos podrían estar hechos de litio puro. Esto permitiría aumentar significativamente la densidad de energía y, en la práctica, prolongar la carga de los vehículos eléctricos y los dispositivos electrónicos en general. (ecoinventos, 2020)

Li dice que, aunque muchos otros sistemas están trabajando en lo que ellos llaman baterías sólidas, la mayoría de estos sistemas en realidad funcionan mejor con un electrolito líquido mezclado con un segundo material electrolítico sólido. “Pero en nuestro caso”, explica, “todo es realmente sólido. No contiene líquidos ni geles de ningún tipo”. El equipo probó la arquitectura de las nueve baterías de estado sólido e informó de que eran capaces de soportar 100 ciclos de carga y descarga sin ningún signo de fractura. El objetivo ahora es crear ánodos que pesen alrededor de un cuarto de la corriente, pero con la misma capacidad de almacenamiento.

## 2.5. Nitruro de boro

El último avance lo ha logrado un grupo de investigadores de la Columbia University School of Engineering and Applied Science ha descubierto un método para estabilizar los electrolitos sólidos en metal líquido. Para ello, han usado una cobertura nanométrica de nitruro de boro, lo cual permite crear baterías que ofrecen entre 2 y 10 veces más capacidad que una batería normal de litio, que cargan 6 veces más rápido, tienen hasta cinco veces más ciclos de carga, y no son inflamables.

La solución de los investigadores es poner una capa nanométrica de entre 5 y 10 nanómetros de nitruro de boro para aislar el metal de litio del conductor. Al aislar ambas capas se consigue evitar la acumulación de dendritas y los cortocircuitos sin que la densidad de la batería tenga que disminuir. Esta capa también es ligeramente porosa, y también cuenta con una pequeña cantidad de electrolito líquido. (Alberto García, 2019)

### 3. Resultados

#### 3.1. ¿Cuándo las tendremos?

Ya hay aparatos que usan baterías de estado sólido, como algunos marcapasos. Y el aspecto de esta tecnología parece inmejorable de cara a su uso en vehículos eléctricos e híbridos, pero cuentan con dos inconvenientes principales: su coste y la capacidad de producción.

Brian Sisk, vicepresidente de desarrollo de baterías en A123 Systems afirma que hasta que el precio de fabricación e instalación no se iguale al de las actuales baterías de electrolito líquido no será viable su fabricación en serie. Asegura que tal vez alguna propuesta premium, en la que el precio y la cantidad no sean inconvenientes, podría verse en un futuro más cercano; sin embargo, para una producción en masa, el ratio precio/kilovatio hora debe mejorar.

Desde Ford aseguran seguir muy de cerca los avances en este campo y hasta han invertido en Solid Power, una empresa dedicada al desarrollo de esta tecnología que también cuenta con otros inversores automotrices como BMW y Hyundai. Por su parte, Toyota siempre a la vanguardia en tecnologías de movilidad, prometió que presentaría vehículos equipados con baterías de estado sólido para los Juegos Olímpicos de Tokio, que se celebrarán en agosto de 2020, pero sin visos para su aplicación comercial. Como muestra del interés de los fabricantes y según un análisis, en 2018 se invirtieron unos 450 millones de euros en su desarrollo e investigación. Asimismo, Audi y Honda también investigan sobre el desarrollo de este tipo de baterías. (Pablo Garcia, 2019)

Toyota, por ejemplo, cree que hacia 2022 podría lanzar al mercado un coche eléctrico equipado con baterías de estado sólido. Aunque recientemente Toyota ha anunciado que presentará un coche alimentado por esta tecnología en los Juegos Olímpicos. Será una demostración de fuerza; la idea detrás de esta presentación es mostrar su capacidad para desarrollar y fabricar baterías. Según la automovilística, estas baterías serán más pequeñas, más baratas y estarán listas para el año 2020. Pero no todo es de color de rosa, el que estén listas no quiere decir que las veamos en el mercado. Es cierto que las baterías estarán listas para el año que viene, pero Toyota advierte que su producción en masa no empezará hasta el año 2025, por lo que nos queda aún esperar por delante. El coche debutará en la ceremonia de apertura de los Juegos y estará basado en el Toyota e-Palette, una plataforma de conducción autónoma. (Manuel Fernández, 2019)

Y no es el único fabricante que ha depositado grandes esperanzas en esta nueva tecnología. Hasta hace poco Dyson planeaba fabricar un coche eléctrico, y tenía a su filial Sakti3 desarrollando esta tecnología. También los fabricantes de smartphones apuestan por las baterías de estado sólido, como Samsung. Aunque en este caso están más interesados en la seguridad que ofrecen ya que no se pueden incendiar como una batería de iones de litio “clásica”. (Daniel Murias, 2019)



### 3.2. ¿Son ecológicas?

Desde un punto de vista tanto tecnológico como sostenible, es eliminar la dependencia de minerales poco comunes, caros y muy contaminantes como el cobalto y litio. Eso sin hablar el coste humanitario que conlleva su extracción. (Javier R. Rodriguez , 2018)

### 3.3. Impulsores

Ionic Materials ha recaudado otros \$ 65 millones para ayudar al desarrollo y comercialización de su tecnología de baterías de plástico de estado sólido, con financiadores que incluyen una alianza de gigantes automotrices Renault, Nissan y Mitsubishi y un relativamente nuevo Volta Energy Technologies.

Por otra parte, si bien no se supo mucho más de Goodenough, fuera de los ámbitos especializados, en 2015 trascendió que estaba trabajando con su equipo en baterías que, usando bien iones de litio o iones de sodio, serían capaces de extender considerablemente la autonomía de los coches eléctricos, además de ser recargables con facilidad y, por supuesto, seguras.

En 2017 supimos de sus avances en la creación de baterías de estado sólido, en las que la industria tiene depositadas grandes esperanzas dado que anuncian el triple de capacidad, carga ultrarrápida y ciclos de vida útiles prácticamente ilimitados. Al año siguiente, una investigación del profesor Goodenough y otros tres científicos apuntaba al más difícil todavía: baterías de estado sólido cuya capacidad energética aumentaba con el uso... El trabajo, publicado en la revista de la American Chemical Society, suponía, para el caso del vehículo eléctrico, que los kilómetros de autonomía se incrementarían a medida que pasaran los años.

Sobre el papel, el descubrimiento permitiría que un coche con 300 kilómetros de autonomía eléctrica pasara a disponer cinco años después de 1.000 kilómetros por recarga, algo que se acerca mucho a la panacea, al menos para el consumidor. Tan bonito pintaba todo que se alzaron muchas voces escépticas alrededor, tantas que María Helena Braga, una de las firmantes de la investigación, afirmó tajantemente: “Los datos son los que son. Hemos utilizado cuatro equipos de medición diferentes, cambiado de laboratorio... y los resultados son consistentes”. Esperamos novedades desde Austin para saber si las baterías infinitas de Goodenough prosperan o, por el contrario, quedan olvidadas, como tantos otros supuestos hallazgos, en las páginas de una revista científica o algo peor, arrumbadas merced a los muchos intereses en juego, señalados por la propia Braga, para que no salgan adelante. (Víctor Celaya, 2019)

#### 4. Discusión

En teoría, la batería de estado sólido sería la panacea para el auge del coche eléctrico. Toyota se niega a fabricar un coche eléctrico porque considera que, en el estado actual de la tecnología, no pueden cumplir con las necesidades de los automovilistas. Es decir, su autonomía es muy limitada y el tiempo necesario para su recarga exageradamente largo. Para Toyota son dos escollos que hacen inviable en la actualidad un coche eléctrico. Sin embargo, un coche equipado con una batería de estado sólido se elimina esos dos puntos débiles. (Daniel Murias, 2019)

- Son más seguras, ya que no hay problema de contacto directo entre ánodo y cátodo dentro de la batería, no aparecen dendritas que causan explosiones. Las limitaciones de diseño de las baterías de litio que contienen electrolitos líquidos no les permiten cargarse rápidamente. Si se hace con fuerza, conduciría a la formación de dendritas y acabaría con un cortocircuito, lo que no ocurre con las de estado sólido.
- Pueden ser más pequeñas, por lo que en un mismo espacio podríamos meter más capacidad.
- Son más baratas, ya que el sólido que sustituye al líquido de las baterías de litio tradicionales es más fácil de fabricar. Además, el sodio es menos costoso que el litio, lo que permitiría el desarrollo de dispositivos de almacenamiento de energía más económicos, desde pequeños dispositivos electrónicos portátiles hasta parques solares y eólicos. (mundo.sputniknews, 2019)
- Duran más. El trabajo de investigación se presentó en 2017 en la revista *Energy & Environmental Science*, donde indicaron que estas baterías tienen una cantidad considerable de carga adicional, casi tres veces más que las baterías convencionales, y pueden tener más ciclos de carga.
- El electrolito de vidrio permite que una batería funcione a temperaturas extremas de -20 grados Celsius.
- Cuentan con una densidad energética hasta tres veces superior a las actuales, es decir, puede almacenar tres veces más energía sin recurrir a un tamaño superior. Aparte de ello, la velocidad de carga se estima en hasta seis veces más veloz, lo que llevaría a una reducción del tiempo, y en el peor de los casos, a poco más de una hora. (Pablo García, 2019)

#### 4.1. Desventaja

Esto se resuelve contestando la siguiente pregunta:

**¿Por qué no se están usando si son mejores que las que tenemos actualmente?**

Sencillo: no son tan fáciles de fabricar. Son más costosas de fabricar, la seguridad de su diseño provoca retrasos y además sus materiales de construcción también dificultan la tarea. Además, la forma en la que se producen estas baterías también dificulta que se comercialicen adecuadamente. (Manuel Fernández, 2019)

Esta es una tecnología que apenas va comenzando, de manera que su principal problema es que son muy caras de fabricar. De hecho, son tan caras que una batería de estado sólido del tamaño de un móvil podría costar unos 15 mil dólares para fabricarla. Mientras que una para alimentar un automóvil costaría hasta 100 mil dólares. (culturacion, s.f.)

#### 5. Agradecimiento

En primer lugar, agradezco al Dr. Francisco Wong por la continua motivación y apoyo para hacer investigación dentro y fuera de la universidad. Asimismo, a todos mis profesores, mis compañeros y a mi alma mater UNMSM por haberme formado y en general por todos los copiosos conocimientos que me ha brindado.

64

#### 6. Conclusiones

La tecnología de batería de estado sólido no es una idea nueva en absoluto. A pesar de esto, estas baterías no se usan debido a que los materiales de construcción, la seguridad del diseño, los costes de fabricación y las técnicas de producción están obstaculizando notablemente su puesta en marcha y comercialización.

Las baterías de estado sólido cuentan con un diseño muy interesante y cuentan con un mayor potencial para almacenar más energía con una mayor seguridad. Cuando se puedan producir en cantidades industriales y se puedan comercializar a un precio interesante para el público general, las baterías de estado sólido revolucionarían los vehículos eléctricos (EV) aumentando efectivamente la autonomía y disminuyendo significativamente el volumen y el peso de los paquetes de baterías.

Finalmente, mientras estas baterías no se produzcan a escala industrial nadie asegura que sea cierta la prometida reducción de los costes de producción puesto que no está claro cuánto costará fabricarlas ni si se obtendrá la capacidad energética que prevé.

(Gonzalo Garcia, 2019)

A pesar de que las nuevas baterías no están listas para su comercialización, es probable que los científicos sigan intentando crearlas por su potencial de abaratar costos

(Mundo.sputniknews, 2019)

## 7. Literatura Citada

- Alberto García.** (24 de 4 de 2019). *adslzone*. Obtenido de adslzone:  
<https://www.adslzone.net/2019/04/24/bateria-estado-solido-nitruro-boro/>
- Alberto García.** (23 de 11 de 2017). *adslzone*. Obtenido de adslzone:  
<https://www.adslzone.net/2017/11/23/baterias-estado-solido-closoborano/>
- Ángel Jiménez de Luis.** (s.f.). *muyinteresante*. Obtenido de muyinteresante:  
<https://www.muyinteresante.es/tecnologia/articulo/el-desafio-de-las-superbaterias-561466503076>
- Culturacion.** (s.f.). Obtenido de culturacion: <https://culturacion.com/que-es-la-bateria-de-estado-solido-y-que-beneficios-tiene/>
- Daniel Murias.** (18 de 2 de 2019). *motorpasion*. Obtenido de motorpasion:  
<https://www.motorpasion.com/industria/que-son-las-baterias-de-estado-solido-y-por-que-son-el-futuro-del-automovil>
- Ecured.** (7 de 10 de 2015). Obtenido de ecured:  
[https://www.ecured.cu/Bater%C3%ADa\\_de\\_Ion\\_de\\_Litio](https://www.ecured.cu/Bater%C3%ADa_de_Ion_de_Litio)
- Ecoinventos.** (6 de 2 de 2020). Obtenido de ecoinventos:  
<https://ecoinventos.com/baterias-de-estado-solido-mit/>
- Gonzalo Garcia.** (26 de 11 de 2019). *hibridosyelectricos*. Obtenido de hibridosyelectricos:  
<https://www.hibridosyelectricos.com/articulo/tecnologia/electrolito-solido-electrolito-liquido-fabricacion-escala-industrial-clave/20191126202016031743.html>
- Ignacio Martil.** (11 de 10 de 2019). *Publico*. Obtenido de blogs.publico:  
[https://blogs.publico.es/ignacio-martil/2019/10/11/que-son-y-para-que-sirven-las-baterias-de-iones-de-litio/?doing\\_wp\\_cron=1582506073.7192180156707763671875](https://blogs.publico.es/ignacio-martil/2019/10/11/que-son-y-para-que-sirven-las-baterias-de-iones-de-litio/?doing_wp_cron=1582506073.7192180156707763671875)
- Inés Dawson.** (23 de 3 de 2017). *naukas*. Obtenido de naukas:  
<https://naukas.com/2017/03/23/las-pilas-estado-solido-una-entrevista-helena-braga/>
- Javier R. Rodriguez .** (26 de 11 de 2018). *ielektro*. Obtenido de ielektro:  
<https://ielektro.es/2018/11/26/baterias-estado-solido-coches-electricos/>
- Juan Diego Polo.** (18 de 10 de 2019). *whatsnew*. Obtenido de whatsnew:  
<https://www.whatsnew.com/2019/10/18/baterias-de-estado-solido-la-solucion-a-muchos-problemas/>

**Manuel Fernández.** (22 de 10 de 2019). *elespanol*. Obtenido de elespanol:  
[https://www.elespanol.com/omicrono/hardware/20191022/baterias-solido-listas-llegaran-toyota/438706861\\_0.html](https://www.elespanol.com/omicrono/hardware/20191022/baterias-solido-listas-llegaran-toyota/438706861_0.html)

**María, U. T. (s.f.).** *revista.sansanos*. Obtenido de Elo UTFSM:  
<http://www2.elo.utfsm.cl/~elo383/apuntes/PresentacionBaterias.pdf>

**Mundo.sputniknews.** (23 de 04 de 2019). Obtenido de mundo.sputniknews:  
<https://mundo.sputniknews.com/ciencia/201904231086876514-baterias-de-estado-solido-iones-de-litio-telefonos-moviles-celular/>

**Pablo Garcia.** (12 de 10 de 2019). *soymotor*. Obtenido de soymotor:  
<https://soymotor.com/coches/articulos/baterias-estado-solido-iones-litio-969940>

**Víctor Celaya.** (10 de 11 de 2019). *eldiario*. Obtenido de eldiario:  
[https://www.eldiario.es/motor/tecnologia/John-Goodenough-Nobel-bateria-ion-litio\\_0\\_951555267.html](https://www.eldiario.es/motor/tecnologia/John-Goodenough-Nobel-bateria-ion-litio_0_951555267.html)

**Wikipedia.** (10 de 11 de 2019). Obtenido de wikipedia:  
[https://es.wikipedia.org/wiki/Bater%C3%ADa\\_de\\_ion\\_de\\_litio](https://es.wikipedia.org/wiki/Bater%C3%ADa_de_ion_de_litio)

**REVISTA DE INVESTIGACIÓN MULTIDISCIPLINARIA**



<http://www.ctscafe.pe>

Volumen V- N° 13 Marzo 2021

*Contáctenos en nuestro correo electrónico  
[revistactscafe@ctscafe.pe](mailto:revistactscafe@ctscafe.pe)*

177

Página Web:  
<http://ctscafe.pe>

Blog:  
<https://ctscafeparaciudadanos.blogspot.com/>

Facebook  
<https://www.facebook.com/Revista-CTSCafe-1822923591364746/>