

ESK- Panorama 2017-2025



Pronóstico de demanda de aplicaciones dependientes de baterías (BDA), Baterías de Litio (LIB) y Litio (LCE) - análisis aguas arriba

Con escenarios de cisnes negros y geopolítica en la era de los unicornios



ESK Panorama 2017-2025

Más de 8 millones de vehículos eléctricos serán vendidos el 2025, contra 1 millón del 2017. Hay 150 GWh de baterías de Litio disponibles en el mundo, pero tan sólo el 2025 ingresarán 790 GWh, suficientes para proveer electricidad a una ciudad de 3 millones de hogares por un mes. Un 50% de la población mundial portará una batería en su bolsillo. Casi 800 mil toneladas de Litio (LCE) se requerirán el 2025, unas 3,2 veces la demanda actual. Los detalles y los fundamentos en el siguiente reporte

jaime Alée G.

www.eskorpion.com-
Jun 2018

Panorama 2017-2025: Desde el río, aguas arriba

DESCRIPCIÓN DE LOS CAPÍTULOS Y SUS CONTENIDOS

<p>1.- CONTEXTO</p>	<p>Análisis del contexto en que se realiza este estudio, aplicando los factores tecnológicos, las innovaciones disruptivas de alto impacto, denominadas “cisnes negros”, los cada vez más presentes factores geopolíticos que “tuercen” la inercia de la libre competencia y el mercado y, por último, los factores de fusión de la era de Internet con la era de la revolución energética por el cambio climático que causan una economía exponencial.</p>
<p>2.-METODOLOGÍA</p>	<p>La metodología explicada en los términos singulares de este estudio, principalmente basada en juicios propios y usando sólo referencias validadas en la línea base que son los resultados del año 2016 y 2017.</p>
<p>3.-RESULTADOS Y PROYECCIONES INTEGRADAS</p>	<p>Los resultados finales de las proyecciones año a año, hasta el 2025 de la demanda anual de toneladas de LCE (carbonato de litio equivalente), la demanda hasta el 2025, de baterías, expresadas en GWh y la demanda de cada una de las categorías que componen dicha demanda. Todo ello desagregado por subcategoría.</p>
<p>4.- ANALISIS, PANORAMA Y PROYECCIONES POR CATEGORÍA</p>	<p>Cada categoría y subcategorías son analizadas en detalle, profundizando en su evolución tecnológica y de experiencia de mercado, así como sus proyecciones en ambos sentidos. Los fundamentos y las proyecciones de demanda anual hasta el 2025 en términos agregados y desagregados, así como los efectos aguas arriba son mostrados en detalle</p>
<p>4.1 ELECTROMOVILIDAD</p>	<p>La electromovilidad se analiza en base a tres subcategorías, los vehículos eléctricos livianos y semilivianos diferenciando los híbridos (PHEV) y los puramente eléctricos (BEV) y se agregan los vehículos pesados, principalmente profundizando en los E-Buses</p>

4.2 BATERÍAS ESTACIONARIAS	El uso de almacenamiento de energía en la red eléctrica se analiza en tres categorías, en el lado de la generación, la distribución y la demanda. Sus usos y tendencias, así como los problemas son profundizados.
4.3 DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS PERSONALES	La evolución de los dispositivos electrónicos personales, principalmente smartphones, notebooks y tablets son investigados desde su pasada evolución hasta su posible proyección.
4.4 OTROS DISPOSITIVOS	Centenas de otros dispositivos que usan baterías, están apareciendo. En esta sección se analizan en detalle las E-Bikes, las herramientas eléctricas portables y otros dispositivos diversos en etapas emergentes.
CISNES NEGROS Y COYUNTURAS GEOPOLÍTICAS	En cada categoría se entrega, además de los análisis y curvas de proyección, un listado de eventuales contingencias podrían cambiar radicalmente las proyecciones, basadas en las eventuales innovaciones disruptivas de alto impacto y factores geopolíticos que podrían deformar el mercado por influencia de los gobiernos y su lucha por la hegemonía a nivel mundial.

CONTENIDO

Referencias.....	7
SUMARIO	8
1. CONTEXTO.....	15
...Atento a los Cisnes Negros.....	17
...El efecto geopolítico de los gigantes.....	17
...EL EFECTO IOTA VS EPSILON	18
2.- METODOLOGIA	20
2.A La unidad básica, la ENERGÍA	20
2.B El “P”x”Q”.....	21
2.C La proyección de demanda.....	21
3.- RESULTADOS INTEGRADOS DEL ESTUDIO.....	23
4.- ANALISIS POR CATEGORIA	28
4.A.-CATEGORÍA ELECTROMOVILIDAD.....	30
4.A.1 Subcategoría PHEV-100 (categoría de transición)	30
4.A.2 Subcategoría BEV	30
4.A.3 Subcategoría especial Vehículos pesados.....	34
4.A.4.- RESULTADOS DE LA CATEGORÍA EV.....	36
4.A.5.- ESCENARIOS CONTINGENTES ELECTROMOVILIDAD.....	40
4.b.-CATEGORÍA BATERIAS ESTACIONARIAS.....	44
4.B.1 Subcategoría Generación.....	47
4.B.2 Subcategoría Distribución.....	48
4.B.3 Subcategoría Demanda	49
4.B-4 RESULTADOS DE LA CATEGORÍA BATERIAS ESTACIONARIAS	53
4.B.5 ESCENARIOS CONTINGENTES BATERIAS ESTACIONARIAS.....	56
4.C.-CATEGORÍA dispositivos electrónicos personales.....	59
4.C.1 Subcategoría Smartphones	59
4.C.2 Subcategoría Tablet y Notebooks.....	61
4.C.3 Subcategoría Otros dispositivos portables (Gadgets).....	63
4.C-4 RESULTADOS DE LA CATEGORÍA Dispositivos electrónicos portables.....	64

4.C.5 ESCENARIOS CONTINGENTES PERSONAL ELECTRONICS DEVICES	67
4.D.-CATEGORÍA otras aplicaciones.....	69
4.D.1 Subcategoría E-Bikes	70
4.D.2 Subcategoría herramientas eléctricas portables.....	71
4.D.3 Subcategoría Otras aplicaciones	73
4.D-4 RESULTADOS DE LA CATEGORÍA OTRAS APLICACIONES.....	74
4.D.5 ESCENARIOS CONTINGENTES otras aplicaciones	76
5.- tasa de crecimiento anual compuesto (GAGR).....	77

¿La era de los Unicornios?

Los Unicornios, desde el punto de vista de la Innovación, son aquellas empresas que logran facturar más de US\$ 1.000 Millones en algunas de sus etapas de levantamiento de capital. Se trata de compañías disruptivas que desarrollan tecnologías de alto impacto y que tienen una influencia en la humanidad.

Los unicornios comenzaron a aparecer en los años 90, algunos de ellos



en efecto han cambiado la humanidad y no es necesario identificarlos, pues los vemos a diario en la prensa y a sus fundadores discutiendo temas más propios de líderes políticos que de empresarios.

Es posible que haya muchos unicornios por nacer en la próxima década y es difícil predecir donde y cuál será su objetivo, pero definitivamente deben ser considerados como parte del panorama de los próximos años.

Glosario

Término	Significado
LCE	Carbonato de Litio equivalente, unidad estándar para medir los distintos tipos de derivados de litio que se usan.
LIB	Baterías de Litio
EV	Vehículo eléctrico en general
ICE	Vehículo de combustión interna
BEV	Vehículo full eléctrico
HEV	Vehículo híbrido, con tracción eléctrica y de combustión interna
PHEV-X	Vehículo híbrido enchufable con X autonomía de Km(millas) en modo eléctrico
E-BUS	Bus eléctrico, en general. Hay varias categorías de buses eléctricos
GWh	Giga Watt hora, medida de energía usada en el mundo de la electricidad. Un millón de Kilowatts Hora.
Densidad Energética	Energía posible de almacenar por cada unidad de masa (kg) de batería (o celda).
Ciclabilidad	Medida de vida útil, o número de ciclos completos de carga y descarga que el fabricante garantiza en el rango de la ventana de uso de la batería (normalmente entre el 10 al 90%).
Off/on-Grid	Solución de autogeneración de energía eléctrica por parte de un usuario final totalmente desconectado de la red de energía eléctrica (off) o conectado complementariamente a la red existente optimizando ambas fuentes según la ocasión (on).
GEI	Gases efecto invernadero
BDA	Battery-Dependent Appliances (aplicación o aparato dependiente de baterías)

Principales referencias y su utilización en el estudio

REFERENCIAS

argonne national Lab USA. (2017). *BACPAC Anl 12-55 model Lithium batteries design and calculation.*

ESK consulting. (2017). *Iota and Epsilon .*

International Energy Agency (IEA.org). (2017). *world energy outlook 2017.*

International Energy Agency. (2017 y 2018). *EV outlook 2017 y EV outlook 2018.*

- (International Energy Agency, 2017 y 2018), EV outlook fueron utilizados para la Determinación de línea base de electromovilidad del 2017
- (International Energy Agency (IEA.org), 2017) WEO fue utilizado para el análisis de base y criterios de proyecciones de energía eléctrica en el mundo
- (argonne national Lab USA, 2017), BACPAC fue utilizado para determinación del parámetro masa (Kg) de LCE a KWh en una batería de litio
- (ESK consulting, 2017), Metodología de desarrollo propio, aplicada para relacionar fenómenos de evolución exponencial en las industrias y el mercado en estudio.

Ajuste de proyecciones y su margen de error

Las proyecciones que se muestran en este documento son de responsabilidad del autor y están basadas en los resultados de los análisis que se muestran en el mismo. Estas proyecciones son tendencias en base a observaciones empíricas, así como criterios económicos y de mercado, justificados en cada caso. Este estudio se diseñó como una herramienta de reflexión informada. Si los criterios son errados o discutibles, obviamente las proyecciones difieren. El escenario público es único y los escenarios optimistas o pesimistas podrían salir de los cambios de los diagnósticos en función de eventos inesperados (ver CISNES NEGROS y CONTINGENCIAS GEOPOLÍTICAS en cada categoría).

Uso y propiedad intelectual

El documento es original del autor y es una pieza de conocimiento propietaria. Su uso está limitado a las condiciones en que se divulgue al destinatario.

En cualquier caso, en términos de uso como herramienta de análisis o de difusión, deberá referirse en términos íntegros al sitio web www.eskorpion.com, al autor Jaime Alée y su mail jalee@eskorpion.com

Una cosa es decir qué y cómo...



Otra es decir cuanto

SUMARIO

El presente estudio está basado en la prospección holística, tanto tecnológica como de mercado y hechos circunstanciales de los mercados e industrias claves que utilizan baterías de Litio.

El juicio experto de 10 años de estudio en temas relacionados a dicha prospección es aplicado caso a caso, utilizando análisis de consenso y ejemplos basados en experiencias internalizadas en esta emergente industria en su primera década.

La metodología está basada en la hipótesis de que dos procesos globales que nacieron hace 20 años por separado y originados por muy distintos eventos, están convergiendo aceleradamente y más aún, fusionándose en la forma de un nuevo fenómeno realimentado y creciente.

EL AUTOR: Con casi 40 años de experiencia, Ingeniero Eléctrico. Los 10 primeros en el campo de la Ingeniería, ejerció como director de grandes proyectos de telecomunicaciones en Chile. La segunda década participó activamente en temas de Innovación, incluyendo la fundación y operación el año 94 de la primera “.com” de Chile, Telemultimedia, unas de las primeras en el mundo. La tercera década se desarrolló en el campo internacional como CEO de la subsidiaria en Chile de NEC Corp. de Japón, principalmente en la industria de las tecnologías de Información. Los últimos 10 años se unió a la Universidad de Chile como profesor experto del centro de energía y del departamento de Industrias, donde ha promovido activamente la vinculación de la ciencia con la empresa. Fundó el año 2010, haciéndose cargo del exitoso “*think-tank*” “Centro de Innovación del Litio”, cofinanciado por las empresas SQM, Rockwood y Marubeni, junto a la Universidad. Desde el año 2010 se ha dedicado al estudio de la electromovilidad y baterías de litio actuando como consultor experto y relator en varias partes del mundo y ha sido objeto de variadas entrevistas en diferentes medios. Ha sido un activista de estas tecnologías y es reconocido por sus opiniones a nivel nacional e internacional. Igualmente lideró la fundación y dirección del centro de innovación con base científica Openbeauchef (Innovación con base científica). En esta última década fundó dos compañías, “ESK Consulting” y “Elibatt Lithium Batteries”. Ha ocupado cargos de CEO y Board member varias veces, consultor y advisor en temas de energía y tecnología a nivel local e internacional desde hace unos años analista de escenarios de inversión usando su propia metodología “Iota+Epsilon” basado en métodos de conocimiento experto. Emite opiniones periódicamente en su columna de eskorpion.com y medios de prensa y televisión. Es solicitado a menudo al respecto por empresas internacionales o locales y gobiernos, principalmente fondos de inversión o actividades relacionadas. Es parte del consejo de Gerson Lehrman Group, como senior advisor. y también actúa como senior advisor adjunto del Centro de Energía de la Universidad de Chile. Es director de la compañía de software TINET.cl, empresa experta en transformación digital. Socio Fundador de ESK consulting

Estos fenómenos que hemos denominado por la letra griega “**Iota**” simbolizando “**I**nternet” y la letra griega “**Épsilon**” por el fenómeno en la industria de la **E**nergía en los últimos 20 años, están generando en una realimentación continua una serie de consecuencias de evolución exponencial donde los elementos de la “movilidad o portabilidad” y la autonomía eléctrica de los dispositivos electrónicos junto al uso de emergentes fuentes primarias de energía basadas en el sol y el viento, principalmente, esencialmente variables en su disponibilidad, tienen un común denominador que es la necesidad de fuentes de almacenamiento de electricidad, siendo la batería de Litio, el que denominamos un “vector”, el elemento de almacenamiento ganador hasta la fecha, lo cual prevemos continuará al

Pronóstico de demanda de aplicaciones dependientes de baterías (BDA), Baterías de Litio (LIB) y Litio (LCE)

menos por una década, dadas las inversiones ya comprometidas tanto en investigación, como ingeniería, instalación, producción y en operación masiva e industrial . Esta inercia que refleja cuantitativamente una decisión industrial relevante y enormes sumas de dinero comprometidos implícitamente evita su reemplazo repentino.

...el presente documento utiliza muy pocas fuentes referenciadas, que se escogen por su independencia y prestigio de consenso global. Ellas son utilizadas en la línea base, o datos del pasado reciente (2016 y 2017). Los juicios y proyecciones corresponden a la opinión y análisis fundamentado del autor en base a su propia experiencia acumulada desde la base del comportamiento observado y analizado de los últimos 20 años con la metodología Iota+Epsilon.

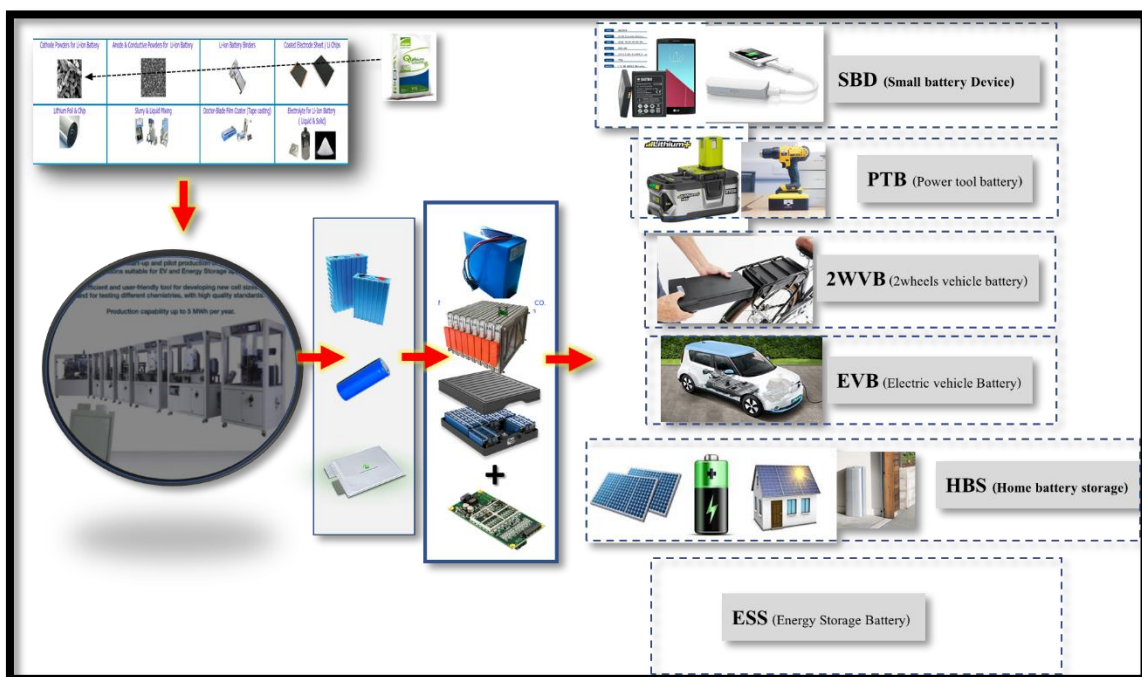


Fig. 1 Aguas abajo desde materia prima hasta la demanda, pasando por las baterías

La Fig.1 muestra en una dramática y compleja imagen como se desarrollan muchas industrias de diversos rubros, a saber; minería, química, industrial, electrónica, software, etc; hasta llegar a los diversos mercados de demanda de los **BDA**¹. El presente documento analiza y prospecta los mercados finales y sus vertiginosos cambios, para volver aguas arriba hacia las industrias previas comprometidas y considerando el fenómeno económico de la era del conocimiento en que nos encontramos combinado con el potencial de innovación de cada segmento industrial.

El resultado de este análisis influye directamente en la demanda de materias primas claves, como cobalto, níquel, manganeso ...y en particular el material clave de esta industria que es

¹ BDA: Battery-dependent appliances, como por ej.- Electric Vehicles, Smartphones, PV solar installations, etc

el Litio, el único elemento que integra cualquier combinación de la química del material activo del cátodo de las celdas que componen las baterías.

Si bien hay consenso que el Litio es abundante en todo el mundo y no hay riesgos de problemas de reservas o recursos ni tampoco de oferta de material procesado en el largo plazo, no hay que menospreciar que la velocidad del cambio que está ocurriendo es muy relevante y que poner en operación una producción de Litio de alta calidad grado baterías, requiere algunos años de desarrollo e inversiones cuantiosas en la base minera. Por ello, es fundamental poder predecir la demanda de Litio (y otros materiales) lo que afectará al precio de este en la medida que no sincronice con la demanda. Como el precio no es realmente relevante en el producto vectorial, la batería, tampoco existe una excesiva presión por parte de los demandantes de dichos insumos a quienes parece preocupar más la seguridad de suministro y la calidad, más que el precio coyuntural.

...Los altos precios del LCE en los últimos años tienen que ver con la demanda en tiempo real y por tanto de la gradiente del crecimiento. Ello no puede asociarse a un fenómeno permanente, pero si la demanda sigue creciendo a tasas mayores que la oferta, este precio podría mantenerse por bastante tiempo. Lo complejo del mercado de este material, en términos de la forma en que se negocian los contratos y los precios, caso a caso, y los pocos incumbentes en el origen del material, no en las reservas, sino que, en la operación de producción, dificultan la entrada de nuevos actores. Ello agravado por la forma excesivamente compleja, al menos, en que los países dueños de esos recursos administran la producción del material, más parecido a que si fuere uranio que un material simple y abundante.²

Nuestra metodología se concentra en un atento análisis del contexto tecnológico y estratégico del “mainstream” o corriente principal del río, simbólicamente hablando, pleno de afluentes y conceptualizaciones aisladas con sus propios méritos, puesto que pertenecen a mundos distintos, diversos y en diferentes niveles de desarrollo y estado del arte.

El análisis, en general, evita apoyarse directamente en referencias de otros estudios³, ya que pretende justamente generar las hipótesis propias construidas por la propia experiencia experta y diversos análisis de propia construcción. El fundamento básico es comenzar con una línea base reciente razonablemente fiable, por lo que la investigación se ha concentrado en encontrar datos de consenso respecto de las cifras ya cerradas del 2017 o eventualmente 2016 de no existir a esta fecha las del 2017.

² Esto es particularmente relevante en el denominado “triángulo del Litio” en Sudamérica donde factores geopolíticos han tomado este material como bandera de ejemplo y de lucha por una larga historia de dependencia de materias primas. Ello conlleva naturalmente opiniones mezcladas con emociones y muchos aspectos más allá de lo técnico creándose posverdades respecto del Litio al mezclar deseos con realidades. Esto es sólo un ejemplo de factores geopolíticos de la cadena industrial de la era Iota+Epsilon y por supuesto hay cientos de este tipo de factores en Asia, USA, Europa, etc.

³ Esta afirmación es parcialmente cierta. No es un estudio “ciego” en rigor. Los estudios analizados representan un contexto y condiciones de borde para tener en cuenta, pero siempre como referencia de comparación de resultados, no utilizando los referidos. Por otro lado, este estudio sí recoge los informes de datos bases que es nivel inicial del mismo, los años ya transcurridos y con referencias estadísticas recientes. Igualmente, la determinación de parámetros claves como densidad de litio/KWh en una batería o las investigaciones científicas y datos de comportamiento de mercados y geopolíticas son recogidas de fuentes públicas de amplio prestigio y apropiadamente referenciadas.

El análisis entonces se toma la libertad de proyectar esos datos de base en base a criterios y postulados basados en opinión experta que son explicados en detalle en el mismo.

Se explicita en cada caso, como herramienta de reflexión, un par de fenómenos cada vez más presentes en la actualidad, como son las innovaciones inesperadas de alto impacto (para bien o para mal) denominadas los **cisnes negros**⁴ y también los acontecimientos geopolíticos, que hoy causan grandes deformaciones del mercado debido a estrategias globales nacidas de la volatilidad económica, política y cambios radicales de liderazgos gubernamentales, junto a la falta de precisión en rumbos políticos de algunas naciones o regiones desarrolladas, en general.

Obviamente el efecto **Iota+Epsilon** es considerado adicionalmente como el catalizador clave que habilita los cambios tecnológicos implícitos en este desarrollo y también los poderes fácticos industriales que hoy día influyen en las decisiones políticas debido al gran conocimiento acumulado en tecnologías claves como son la inteligencia artificial combinada con “big data” y por tanto la facilidad para crear mercados nuevos basados en el “*insight*” de los potenciales clientes. El fenómeno de crear nuevos mercados, vislumbrando una necesidad social a través de delicados estudios basados en redes sociales y sofisticados algoritmos que procesan infinidad de data y pueden determinar tendencias y viceversa influir en las mismas, reforzando lo que las personas desean intrínsecamente pero no lo expresan, a través de máquinas de inteligencia artificial que aprenden comportamientos individuales reforzando lo que se desea que el individuo decida (learning machines).

...ALGUNOS RESULTADOS

La proyección de demanda de LCE (*Lithium Carbonate Equivalent*) entre el año 2016 al 2025 calculado sobre la base de los fundamentos de vectores y drivers muestra un crecimiento desde 215.500 Toneladas el año 2017⁵, hasta 793.000 Tons el año 2025.

⁴ [Nassim Nicholas Taleb](#) Cisne Negro es un suceso con los tres atributos siguientes. En primer lugar, es un caso atípico, ya que se encuentra fuera del ámbito de las expectativas regulares, porque no hay nada en el pasado que puede apuntar de manera convincente a su posibilidad. En segundo lugar, conlleva a un impacto extremo. En tercer lugar, a pesar de su condición de rareza, la naturaleza humana nos hace inventar explicaciones de su presencia después de los hechos, por lo que es explicable y predecible

⁵ Sabemos que el año 2017, la demanda de LCE fueron 230 Mil Toneladas. Preferimos usar nuestra referencia en base a los fundamentos, pues son ellos los que proyectamos

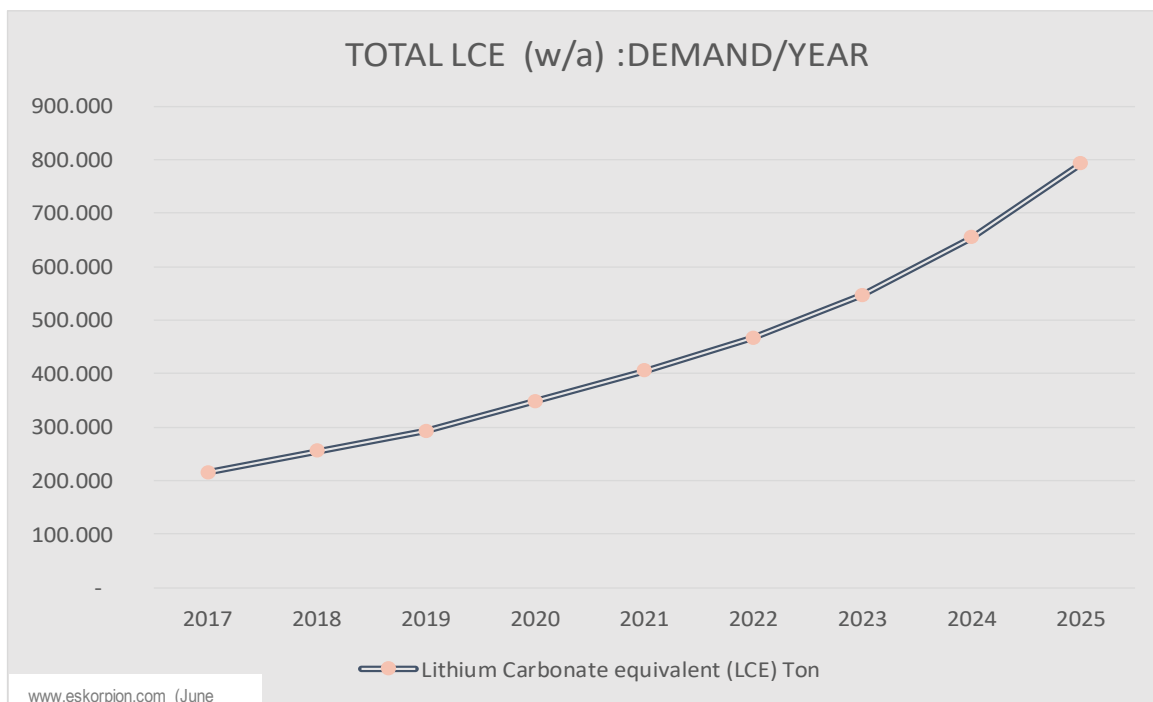


Fig. 2 Proyección demanda LCE 2016-2025 con ajustes de modelo de compra del mercado⁶

La demanda total estará muy relacionada al mercado de los BDA, en distintos segmentos, en este caso

- **BDA1.-Electromovilidad (EV),**
- **BDA 2.-Baterías estacionarias para almacenamiento de energía**
- **BDA 3.-Baterías para dispositivos electrónicos portátiles**
- **BDA 4.-Baterías para otros dispositivos**

Se aprecia, en la figura 3 siguiente, que el principal “*driver*” que impacta en la demanda de baterías de Litio es el mercado de electromovilidad, concentrada en vehículos livianos y utilitarios, por un lado, y buses por el otro. Sin embargo, se aprecia un crecimiento sostenido del uso de sistemas de almacenamiento eléctrico en la red energética, tanto en el uso de compensación temporal de energías variables, como equilibrios de demanda en la distribución y reservas (respaldo) en los casos de generación. Relevante aparece el caso de la proyección de demanda final domiciliaria o industrial, analizada en detalle en el capítulo respectivo.

⁶ Existe un ajuste de demanda debido a compras de inventario y reserva de los clientes.

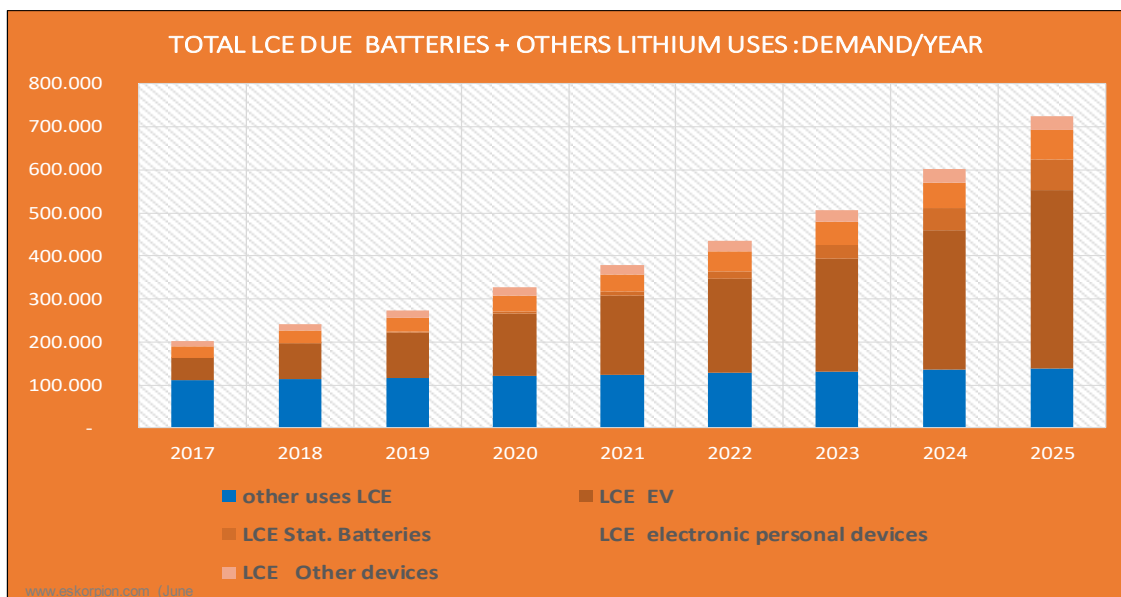


Fig. 3 Demanda anual de Litio en Baterías y otros usos

Igualmente se observa un crecimiento no tan relevante en los dispositivos portátiles, posiblemente debido a que es un mercado maduro con una gran penetración en más de un 50% de los habitantes del mundo.

Por cierto, la participación sostenida en los otros dispositivos aumentará en la medida que nuevas aplicaciones sean creadas y demandadas, sobre todo a nivel de personas y hogares.

La actual participación de la demanda de Litio para otros usos conocidos y tradicionales como lubricantes, vidrios, cerámicas, medicamentos, etc. (alrededor de 100 mil toneladas de LCE anuales) sigue siendo importante en el año 2018, pero su participación será cada vez menos relevante al año 2025, aunque se prevén nuevos usos y un crecimiento discreto de la demanda en esta categoría

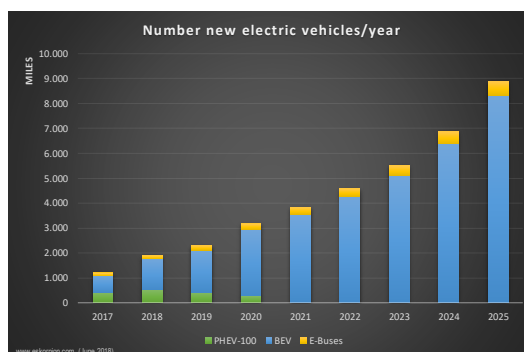
Respecto de la Electromovilidad, el “*mainstream*” principal del uso de baterías en el futuro, seguirá liderando la demanda absoluta de energía almacenada.

En este caso se aprecia un crecimiento muy acelerado de la demanda incluso mayor que el previsto en varios estudios del año recién pasado, llegando a más de 3 millones de unidades registradas al año 2017 (contra 2 millones “*On the road*”, el año 2016). La venta registrada el año 2017 llega a 1.100.000 unidades⁷. El año 2017 China pasa a ser el primer actor mundial en cuanto a oferta y demanda de electromovilidad y un poderoso influenciador político en este campo.

...Más del 50% de los habitantes del mundo portan una batería de litio en su bolsillo, incluso en los países más pobres...

⁷ IEA, EV Outlook 2018. La relevancia y seriedad de los estudios de EIA son considerados un “must” en los estudios de la ingeniería eléctrica y políticas energéticas globales. Por ello se utilizan como la base elegida de referencia de la electromovilidad del año 2017.

El número de vehículos considerados en este estudio ⁸ aumentaría considerablemente en términos de nuevos registros por año, llegando a más de 8,3 millones de unidades registradas el año 2025, considerando los buses. Igualmente se proyecta a corto plazo el fin de la transición de los vehículos livianos híbridos con extensión de rango (para este estudio se considera un rango extendido referencial de 100 km, PHEV-100) debido a lo competitivo que se hará el vehículo eléctrico puro (BEV) lo que se estima ocurrirá muy próximamente basado en las tendencias recientes en China y las promesas de nuevos modelos eléctricos de las principales marcas.



Al considerar la demanda en términos de energía en baterías, se aprecia que el valor relativo de los buses toma una gran importancia, ya que la tendencia de uso de buses totalmente eléctricos de largo rango (> 250 km) implica una demanda de energía por bus equivalente a 5 vehículos livianos del tipo BEV. Con ello se alcanzaría una demanda de 560 GWh el 2025, contra aproximadamente 110 GWh el año 2018. La disponibilidad acumulada de energía en baterías de litio (LIB) durante el periodo llegaría a cerca de 3,5 TWh.

Los buses


El transporte público es un tema en sí mismo. Las demandas de flotas de buses en cada ciudad se suman en miles de unidades y son decisiones impulsadas por autoridades de transporte, presionando a los operadores privados o públicos en uno u otro sentido. Por otra parte, las compañías de distribución eléctrica están actuando e influyendo fuertemente en este sector, incluso actuando como financieras y arrendadoras de flotas de buses eléctricos, promoviendo la tecnología de buses puramente eléctricos, por razones obvias. Estos nuevos clientes de las distribuidoras consumen en un mes la electricidad de 30 hogares. Una flota de 5.000 buses, normal en cualquier ciudad importante en el mundo, equivale a 150.000 hogares nuevos en términos de demanda.

...La demanda de carbonato de litio e hidróxido de Litio crecería bastante más que lo previsto en los estudios recientemente publicados, debido a los agentes que están acelerando la electromovilidad y la demanda de soluciones estacionarias para autogeneración de ERNC en la demanda...

⁸ Se consideraron vehículos que tienen incidencia en el tamaño de la batería, para este estudio una camioneta utilitaria se homologa a un vehículo de pasajeros y los camiones de alto tonelaje no se consideran debido a que la penetración de las baterías en esta categoría será lenta y con efectos marginales.

1. CONTEXTO



	Lithium battery	Lead acid battery	1 vs 2
Net Price	US\$ 400-600	US\$ 200-300	Doble price
Weight	10 Kgs 	32 Kgs 	1/3 weight
Operational life	8-10 years 	3-4 years	2.5 times
Maintenance	no 	annual	OPEX=0
Modularity unit	3.2 V 	12 V	Reparation facility
Waste contamination	low 	high	-
Vector Appliances	• Personal and portable	Yes 	No
	• On mobile appliance energy source	Yes 	No
	• Stationary application	yes	Yes

Prólogo: La razón esencial de la explosión del uso de baterías de Litio en muchas aplicaciones está determinada por su potencialidad energética en términos de Energía/peso y Energía/volumen, sus facilidades de operación y su larga vida. En la figura, especialmente preparada, se muestran dos baterías equivalentes en un formato conocido, como es la tradicional batería de 12 Volts para “encendido” de un vehículo convencional. Al analizar las diferencias, claramente se vislumbra que la batería de litio de iguales capacidades energéticas que la tradicional de plomo ácido, supera en casi todas las características a este última, en muchas de ellas por lejos. El único elemento en que aún es débil tiene que ver con su precio.

Sin embargo, el precio actual de unos US\$ 120/KWh de una batería de plomo, podría ser mucho más cercano al precio de una batería de litio en los próximos 8 años, según las proyecciones de baja de precios de ésta que llegaría a unos US\$ 180-150/KWh.

Sin embargo, si bien el precio es un factor muy importante, a nuestro juicio está sobrevalorado, como elemento de decisión. La elasticidad del precio en algunos artefactos es menor a lo que se señala en mucha literatura. En muchos BDA el precio es uno de los factores a considerar, pero también es importante el diseño y las prestaciones. No creemos que una baja del 30% del precio de las baterías influya de manera radical en la decisión de compra de un vehículo eléctrico que tenga prestaciones, diseño o características muy deseadas en los mercados que pretende ingresar, como el caso de TESLA, en BEV o APPLE con sus Smartphones.

Se habla del TCO⁹ como un elemento clave en el cambio de la pendiente en la penetración de mercado de los vehículos eléctricos, pero tan solo los que consideran el vehículo una inversión a amortizar, como los dueños de flotas, calculan el TCO, para la mayoría de los clientes individuales, el vehículo es un gasto y lo relevante es su precio versus las características de diseño, estatus, potencia, etc que desea obtener.

También se menciona en la misma figura, lo que es muy relevante, que la batería de litio es la única solución industrial de almacenamiento energético que habilita transversalmente, en distintos formatos, la existencia de dispositivos portables y aplicaciones móviles, donde la batería debe ser parte del peso a movilizar. Por ello, el notable éxito de esta tecnología en los dispositivos de este tipo y como un “vector”, ha permitido el desarrollo de muchos artefactos que usamos en la actualidad como por ejemplo los smartphones, los drones o los autos eléctricos.

El mecanismo de análisis de las proyecciones y pronósticos entregados en este documento está basado en un análisis exhaustivo de las referencias respectivas, las que tienen proyecciones muy distintas dependiendo del supuesto que se utiliza.

Claramente en el mainstream de utilización de baterías de Litio (**LIB**) aparece la categoría de **BDA**¹⁰, electromovilidad como un parámetro muy relevante, sin embargo, siendo la batería un vector que habilita tecnologías aún no maduras, es probable que otras aplicaciones aparezcan en el mediano plazo.

En particular las baterías fueron utilizadas inicialmente en el mercado de los dispositivos electrónicos personales, como notebooks, smartphones, tablets, etc. Ello fue el uso que inicialmente tuvieron y la razón fue principalmente por el desarrollo de dispositivos multimediales que debían ser “portables y personales” con requerimientos crecientes de energía.

Hasta la salida del iPhone-1, en el 2007, los celulares, utilizados como teléfonos móviles, tenían demandas energéticas despreciables y por tanto una simple batería de Níquel Cadmio, les otorgaba muchas horas de autonomía, incluso semanas con una batería que bordeaba los 600-800 mAh. El iPhone, sin embargo, traía una pantalla que ocupaba todo el frente, audio con parlantes, video y cámara fotográfica incorporada. Ello implicaba requerimientos electrónicos sofisticados con una batería de 1.500 mAh. Apenas 10 años después los smartphones vienen equipados con baterías de 3.000 a 4.000 mAh y su autonomía deja aún mucho que desear, respecto de los primeros iPhone y peor aún respecto de los celulares sin pantalla de los años 2010. Las proyecciones de baterías de ese entonces se calculaban principalmente pensando en la cantidad de usuarios de smartphones, nunca imaginándose los sofisticados equipos que hoy poseemos que en la práctica son dispositivos de una categoría diferente a los originales, transformándose en equipos multipropósitos de todo tipo de media, cuyo uso en telefonía bajó del 90% del año 2007 a menos de un 20% en la actualidad, con aplicaciones autónomas como fotografías, videos, lectura, entretenimiento y

⁹ TCO: Total Cost Ownership

¹⁰ BDA: Battery-dependent appliances, como por ej. - Electric Vehicles, Smartphones, PV solar installations, etc

herramientas de conectividad con contenidos para crear o rescatar, mucho más que la simple comunicación verbal e incluso textual con otros individuos.

A pesar de ello el uso es indispensable y más de 5.000 millones de individuos los poseen. En términos de uso de baterías, implica una energía en LIB de unos 50GWh “en los bolsillos”, lo cual era inimaginable hace 10 años. Ello ha provocado una situación inesperada en términos de la demanda de Litio, muy superior a lo esperado en cantidad de toneladas (**Toneladas LCE**: Toneladas de carbonato de litio equivalente) y por supuesto en los precios por Toneladas de LCE.

Las cifras y proyecciones que encontramos en estudios de esa época, una década atrás, mirándolo con la perspectiva de lo que realmente ocurrió, en general eran muy optimistas respecto a la cantidad de unidades, pero proyectaron cifras modestas en cuanto a requerimientos de energía por dispositivo. Por ejemplo, el año 2010 se proyectaban autos eléctricos con la base de 25 KWh para el año 2017, lo cual es casi duplicado como promedio en los vehículos actualmente en venta.

...ATENTO A LOS CISNES NEGROS.

Igualmente es necesario considerar lo impredecible, pero potencialmente posible, que son los denominados “**cisnes negros**”¹¹ o eventos de innovación inesperados que provocan un cambio exponencial tremendo y de impactos impensados. Ejemplos hay muchos, pero podemos destacar la aparición de dispositivos impensados como los drones de uso civil y la tecnología de conducción autónoma incorporada masivamente en los vehículos de nuestra era. Estos cisnes negros también pueden ser una amenaza que puede llevar a la ruina un mercado, como las cámaras fotográficas analógicas. Estos ejemplos en el mercado final pueden acelerar o paralizar la demanda en términos “cuánticos”.

...EL EFECTO GEOPOLÍTICO DE LOS GIGANTES.

Igualmente es necesario tener en cuenta la influencia de los **factores geopolíticos** y actos de voluntarismo de un país que decida forzar las reglas del juego en términos de obtener beneficios en su liderazgo, tomando como claro ejemplo el caso de China que siendo un reacio actor en términos de acatar y comprometer medidas propias por efecto del cambio climático, en apenas 10 años en una voltereta impensada, se transformó en un relevante actor, si no el principal, con medidas regulatorias y de voluntad política que lo han transformado en el principal actor global en términos de oferta y también de demanda. Un campeón de cambio climático y un campeón tecnológico industrial y de utilización de tecnologías que utilizan baterías de Litio. Sus políticas regulatorias además remueven el mercado mundial de los actores “overseas” que necesitan estar presentes en este gigante país.

¹¹ [Nassim Nicholas Taleb](#) Cisne Negro es un suceso con los tres atributos siguientes. En primer lugar, es un caso atípico, ya que se encuentra fuera del ámbito de las expectativas regulares, porque no hay nada en el pasado que puede apuntar de manera convincente a su posibilidad. En segundo lugar, conlleva a un impacto extremo. En tercer lugar, a pesar de su condición de rareza, la naturaleza humana nos hace inventar explicaciones de su presencia después de los hechos, por lo que es explicable y predecible

...EL EFECTO IOTA VS EPSILON¹²

El actual escenario global se debería a la convergencia y fusión de dos mundos que ha generado un “insight” geopolítico y social impredecible desde la perspectiva tradicional de análisis de escenarios. **Iota**, se refiere a la era iniciada el año 1994 con el desarrollo de **Internet**, la cuál que ha generado un medio global de comunicación inorgánico que monopoliza el mecanismo de información de la humanidad y la forma en que la gente se comunica e informa “peer to peer”. Las empresas que proveen las plataformas y sus líderes son las que hoy dominan el mundo económico y de influencias de poder de la sociedad. El poder político es incapaz de administrar o controlar este poder fáctico. **Épsilon** se refiere a la época que se inició formalmente en Kioto en 1997¹³ y que inició la revolución de la nueva **Energía** verde y renovable amenazada por el reconocimiento del cambio climático. El reconocimiento de la sustitución de las fuentes fósiles (petróleo, gas y carbón) por su efecto de emisión de gases efecto invernadero ha provocado un cambio paradigmático que ha generado un efecto económico y político enorme, cambiando paradigmas que fundaron la sociedad industrial. La electromovilidad que hoy afecta a la mayor industria del mundo, la industria automotriz, que mueve dos veces el GDP de Brasil está siendo transformada por este fenómeno. Hoy ambos efectos se han mezclado creando un escenario volátil e impredecible en términos industriales, políticos y de cadenas de poder. Uno de los efectos de este fenómeno es el control de la demanda por pequeños grupos de conocimiento que tienen acceso al uso de la tecnología y prácticas asociada a Iota y épsilon, para influir en la creación de necesidades no explícitas (“*insight*”) y por tanto habilitar dicha demanda a sus negocios o intereses. La mayoría de las empresas que han desarrollado transformaciones globales tipo “Cisnes Negros”, no han comenzado con un tradicional estudio de mercado, sino que el mercado ha sido creado a partir del producto/servicio (Apple, Facebook, Google son un ejemplo de este fenómeno). Con la evolución de la capacidad del marketing digital personalizado apoyado con herramientas de “big data” y “learning machines” (IA) es relativamente fácil crear un mercado apelando al insight de los potenciales clientes.

...El análisis del ¿porqué, ¿cuándo y cuánto? Requiere un juicio experto en temas de evolución tecnológica, evolución de comportamiento de los mercados y aspectos geopolíticos de nuestra época...

¹² Concepto desarrollado por el autor de este documento. Más detalles en <https://www.eskorpion.com/single-post/2017/11/30/%CE%B9-%CE%B5-EL-EFECTO-%E2%80%9CIOTA%E2%80%9D-SE-MEZCLA-CON-EL-EFECTO-%E2%80%9C%E2%80%9CPSILON%E2%80%9D-La-explicaci%C3%B3n-de-la-transformaci%C3%B3n-digital--la-tormenta-perfecta>

¹³ El Protocolo de Kioto² es un protocolo de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), y un acuerdo internacional que tiene por objetivo reducir las emisiones de seis gases de efecto invernadero que causan el calentamiento global. El protocolo fue adoptado el 11 de diciembre de 1997 en Kioto, Japón

Estos fenómenos aplicados a nuestra metodología nos permiten analizar el futuro de la demanda de los drivers (mainstream) basado en potenciales demandas explosivas apelando potenciales *insights* de los mercados atendidos¹⁴.

Por ello, hemos basado este análisis en un estudio prospectivo de las distintas aplicaciones que utilizan baterías, en su propio mérito.

Para ello hemos definido cuatro categorías de BDA¹⁵:

- i. **Categoría Electromovilidad (EV)**
 - a. Vehículos Plug In híbridos con 100 km de autonomía eléctrica (PHEV-100)
 - b. Vehículos Puramente eléctricos con 380 km de autonomía (BEV)
- ii. **Categoría baterías Estacionarias para uso industrial u hogar**
 - a. Soluciones de almacenamiento (storage) de acompañamiento en generación a ciclo oferta/demanda energías variables y reservas técnicas.
 - b. Soluciones de almacenamiento para uso en redes de distribución para optimización de costos y respaldos.
 - c. Soluciones de almacenamiento en el lado de la demanda para industrias, comunidades y hogar para respaldo o acompañamiento de autogeneración de energía Solar o Eólica Off/On -Grid.
- iii. **Categoría dispositivos electrónicos móviles** uso personal, como notebooks, tablets, smartphones
- iv. **Categoría otros dispositivos**, como ebikes (u otros móviles de pequeña escala), drones, dispositivos de hogar (Internet de las cosas IoT), herramientas portátiles, etc.

¹⁴ Por ejemplo, es claro que la electromovilidad provino de Épsilon, como un mecanismo de sustitución del uso del petróleo en el transporte, el cual es un importante emisor de GEI y dependía 100% de fuentes fósiles. Ello implicó políticas de subsidios muy generosas, a los fabricantes y usuarios tempranos, sin embargo, el mercado tuvo un salto cuántico, con un cisne negro proveniente de Silicon Valley, como es TESLA motors, que diseñó un concepto de EV muy radical y un objeto de diseño y lujo que impactó en el mercado automotriz. Hasta ese momento los EV eran diseñados como vehículos tradicionales, pero de bajas prestaciones y de feo diseño, para un nicho extremadamente pequeño.

¹⁵ BDA : Battery-dependent appliances , como por ej.- Electric Vehicles, Smartphones, PV solar installations, etc

2.- METODOLOGIA

2.A La unidad básica, la ENERGÍA

Evidentemente el elemento clave para poder medir objetivamente una batería es la energía media que es capaz de almacenar (KWh) de acuerdo con la aplicación y la evolución de esta.

Para determinar la cantidad de Litio de una batería, en Carbonato de Litio equivalente, se utiliza un factor de 0,74 Kg/KWh. Ello fue estimado por nosotros utilizando como base el modelo de diseño y modelamiento de batería de Argonne denominado BatPac, V 3.1 en su versión 2017, para un pack de 57 KWh con 240 celdas, de química NMC₃₃₃. Este valor es referencial y muy difícil de estimar por lo que debe considerarse un valor parametrizable, pudiendo llegar, según la metodología que se aplique, en un rango entre 0,55 y 0,78.

En efecto, podría determinarse que distintas químicas usan más o menos carbonato de litio y dependerá de cuales químicas de material activo sean aplicadas en cada categoría y subcategoría en las celdas para precisar las proyecciones. En todo caso se estima que las variaciones, si bien no serán significativas, en estudios más profundos dedicados a una categoría en particular, debería incorporarse una prospección más detallada en cuanto a la proporción de uso de una u otra química en los distintos dispositivos, lo cual a su vez complica bastante la estimación.

Es también relevante en este cálculo el nivel de producción en KWh de la factoría, ya que en el caso del modelo de Argonne se estima una planta a plena capacidad con volúmenes de producción de 100.000 packs por año. Hay muchas plantas menores en el mundo que fabrican en forma más ineficiente y en tal caso el factor de uso de materiales es menor debido a la eficiencia de la planta y eso afecta el uso del material activo (Yield) (el cálculo de Argonne está basado en el uso de masa diaria por una producción diaria estimada).

Igualmente, no es realmente cierto que la proporción de Litio sea la misma en cualquier celda, pues dependerá de las características de diseño de ésta. Hay celdas más orientadas a la densidad energética y otras orientadas a la potencia de descarga, al stress térmico o a la ciclabilidad (SOH), igualmente el tamaño y formato de la celda es importante, dependiendo del tipo de uso del dispositivo final. Hay baterías prismáticas, pouch, cilíndricas. Sin embargo, llegar a este extremo de rigurosidad no beneficia los grandes números o tendencias que es el objeto del presente estudio, pero es necesario tener en cuenta que ello es un factor implícito en el error del cálculo.

Por último, con el parámetro mencionado se calcula la **demanda teórica de litio**, pero la **demanda real** de órdenes de compra de Litio, debe ajustarse según nuestro criterio, utilizando dos factores adicionales, como son las compras de inventario anticipado por los fabricantes de celdas/baterías para ordenes de producción para el año siguiente y la sobre compra por pérdidas durante la producción. En nuestras estimaciones, asumimos que un 75% de la demanda real es para la demanda teórica del año y un 25% es para la demanda teórica del año siguiente más un 5% de compra extra de la demanda teórica del año de cálculo para cubrir pérdidas de eficiencia en la producción¹⁶.

¹⁶ $D_{real_año(i)} = 0,75 * D_{teo_año(i)} + 0,25 * D_{teo_año(i+1)} + 0,05 * D_{teo_año(i)}$

En cualquier caso, bajo un escenario de crecimiento, el monto de LCE calculado como demanda real es siempre mayor que el teóricamente demandado ese mismo año. Por ello que existe un error de demanda adicional implícito a la velocidad del cambio y a la angustia de inventario, que podría llevar a una sobre compra eventual en algunos grandes clientes.

Dejamos a juicio del lector, el porcentaje de margen de error que podrían significar estas estimaciones, ya que finalmente en un modelo de múltiples variables, la aplicación de este dependerá de los criterios con que se apliquen las eventuales contingencias.

Igual criterio debería aplicarse a las estimaciones de demanda de otras materias primas, como Cobalto, Níquel, Manganeso, etc donde deben agregarse escenarios de oferta y mecanismo de compra distintos debido a temas como lo crítico de la oferta si es un material escaso como recurso y ello, adicionalmente, en mayor proporción que nuestra metodología para el Litio.

Esta situación es mucho más dramática que el litio, puesto que más o menos el Litio mantiene su proporción pues siempre está presente, sin embargo, en químicas de cátodos como LPF, NMC, NCA u otras, (cuyas tendencias difieren según la categoría del BDA analizado) la proporción de los otros materiales difiere radicalmente-

2.B El “P”x”Q”

El impacto en el uso de la energía obviamente es determinado por la cantidad unitaria de energía que usa el dispositivo y por la cantidad de dispositivos. En el caso de los smartphones, por ejemplo, si bien el uso unitario de energía es muy pequeño ($\approx 0,01$ kWh) hay cerca de 5.000 millones en el mercado, se demandan alrededor de 1.700 millones por año (2017) lo cual implica una demanda muy relevante y probablemente la principal en la actualidad. Un bus eléctrico utiliza unos 250 kWh por unidad, o sea el equivalente a unos 25.000 smartphones. Hay algunos miles de buses eléctricos “on the road” y su demanda total hoy no es significativa. Esta combinación de demanda unitaria por previsión de crecimiento es la clave del cálculo metodológico, pero también refleja una complejidad adicional, pues se involucra en aspectos de evolución de aplicaciones (Como se mencionó, un smartphone ha aumentado en el doble veces sus requerimientos de energía en 10 años).

2.C La proyección de demanda

La metodología empleada está basada en tres conceptos

La línea base o punto de partida es constatar los números reales de ventas o registros de los años más recientes cerrados (2016 o 2017)¹⁷.

Posteriormente se analizan las proyecciones al 2025 de cada una de estas categorías, basándose en estudios diversos de analistas reconocidos, incluyendo estudios de organismos independientes de alta fiabilidad de consenso, como la Agencia Internacional de Energía (EIA, ver Punto [Referencias](#)). En dicho año se colocará la proyección más

¹⁷ Este número es difícil de determinar, ya que, si bien hay informes por país, los informes consolidados globales difieren dependiendo de las fuentes. Por ello se utiliza una referencia consolidada de amplio prestigio y en lo posible independiente de un país en particular.

optimista y la más pesimista y dependiendo de la “mediana” de los estudios se estimará la más probable.

Posteriormente y basado en experiencias de expertos, se analiza en base a su propio mérito el potencial de crecimiento y los factores críticos de gradiente de cada una de las categorías.

Cada categoría por supuesto tiene asignado un número de KWh de consumo de acuerdo con el estado del arte actual y también ello es revisado en las prospecciones en cada año.

	KW media/unidad
PHEV-100	20
BEV	50
ESS-Gene	100.000
ESS-Dist	100
ESS-Micr	15

Las categorías no incluidas en la tabla tienen una historia y un grado de madurez por lo que la línea base se explica en su oportunidad.

A continuación, se muestran los resultados estadísticos integrados del estudio

3

Un análisis bastante detallado de cada categoría y subcategoría, con argumentos de análisis y aplicación empírica de factores de proyección , son incluidos desde el punto 4 en adelante.

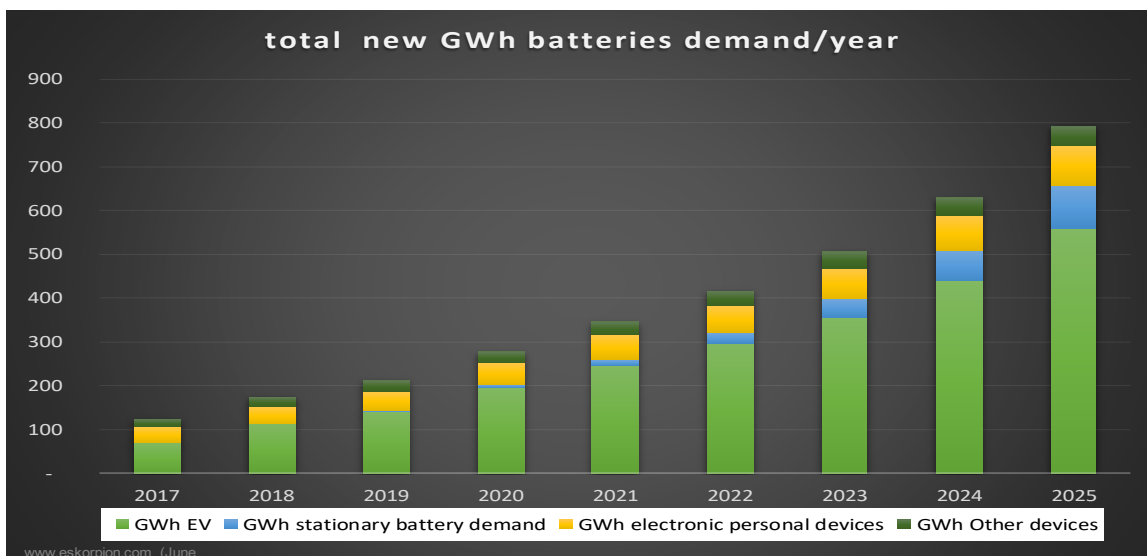
4

3.- RESULTADOS INTEGRADOS DEL ESTUDIO

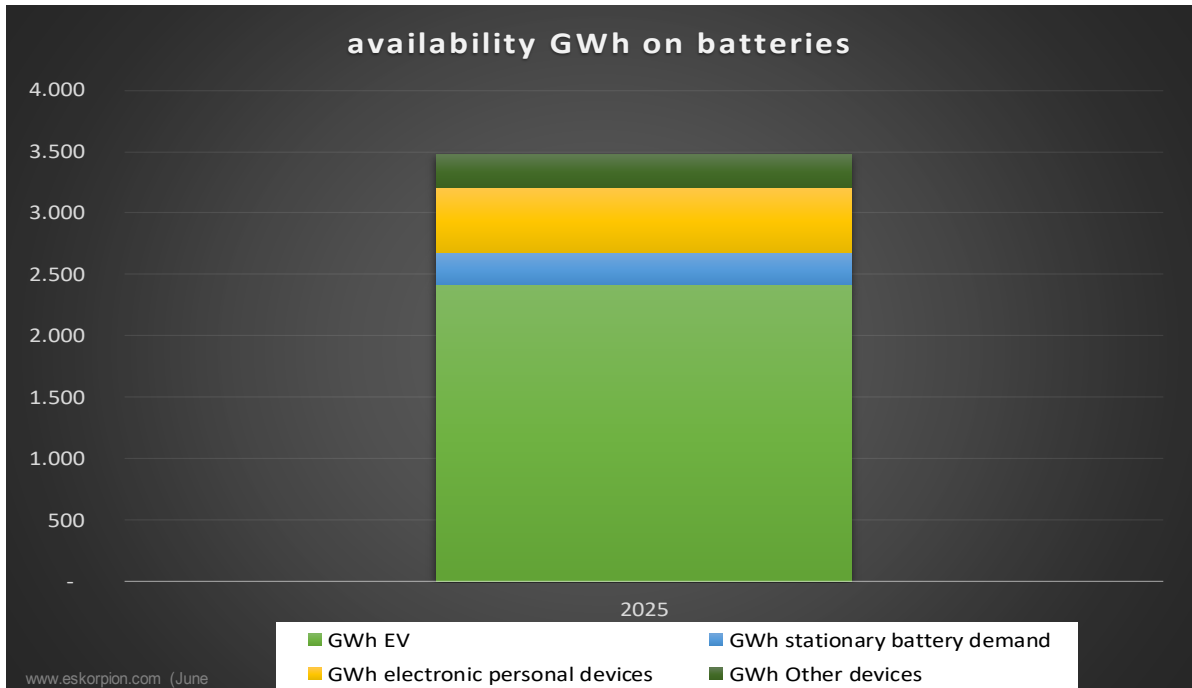
...Los crecimientos al 2025 son notables, considerando el período analizado, que implica una demanda de GWh de 6,4 veces la del 2017. Igualmente, la demanda de LCE aumentaría en 3,7 veces la demanda del 2017.

	register / year (entries)			accumulated
	2017	2025 e	F:2025/2017	
GWH on batteries LIB	124	792	6,4	3.473
Electric Vehicles	71	559	7,9	2.419
Stationary Grid sol	1	97	159,6	256
Personal Devices	35	91	2,6	527
Other applications	18	45	2,5	272
LCE demand (ton)	215.500	792.865	3,7	
Electric Vehicles	52.207	413.925	7,9	
Stationary Grid sol	450	71.791	159,6	
Personal Devices	25.900	67.035	2,6	
Other applications	13.290	33.619	2,5	
inventory flow adjustments	13.653	67.151	4,9	
Other uses of Lithum	110.000	139.345	1,3	

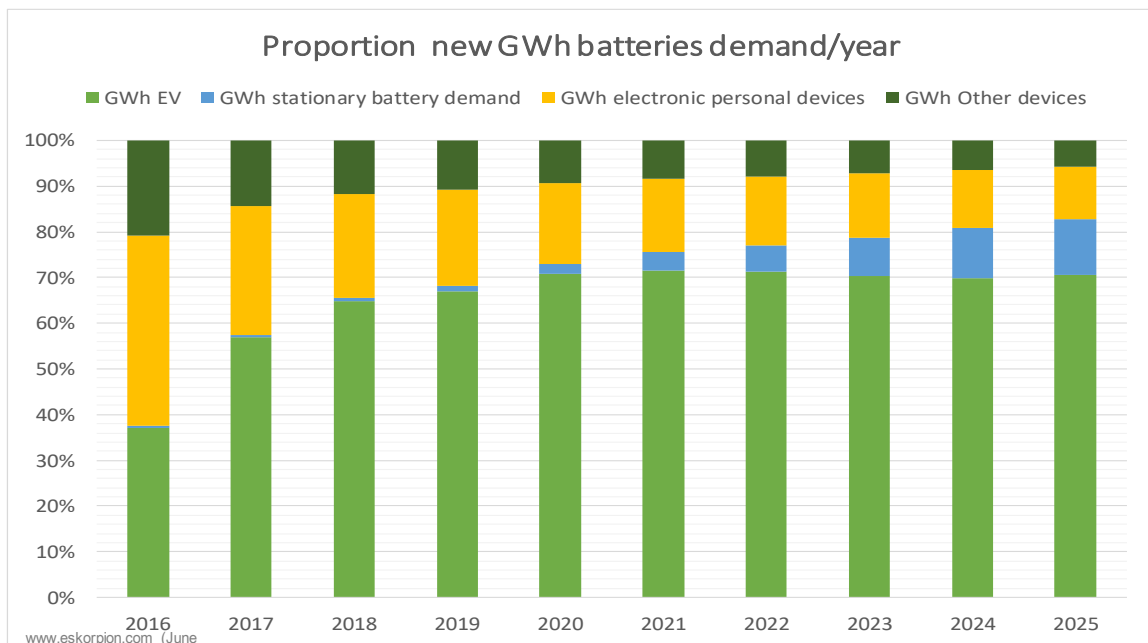
...La demanda de baterías será fuertemente presionada por la electromovilidad, sorprendiendo el crecimiento de la demanda en LIB estacionarias para uso en la red eléctrica



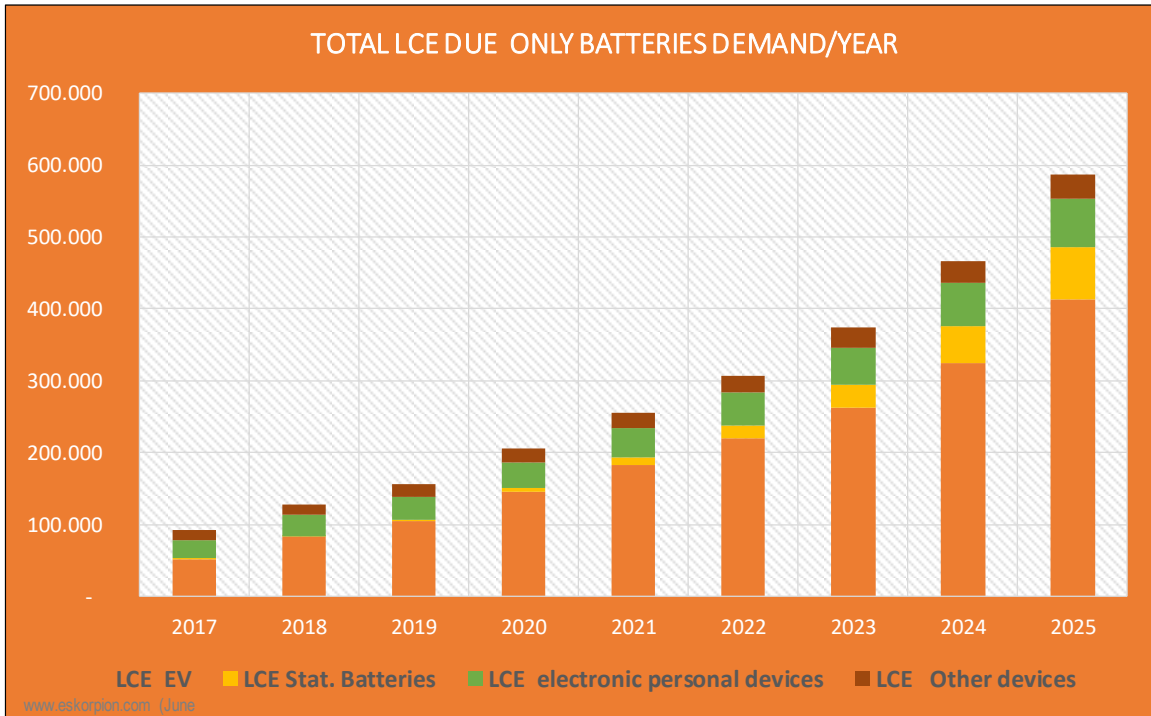
...La demanda acumulada de GWh de baterías en el período llegaría a casi 3,5 TWh, sin embargo, debe descontarse aquellas que serán dadas de baja (por ejemplo, dispositivos portátiles) y se advierte un potente negocio de reciclaje.



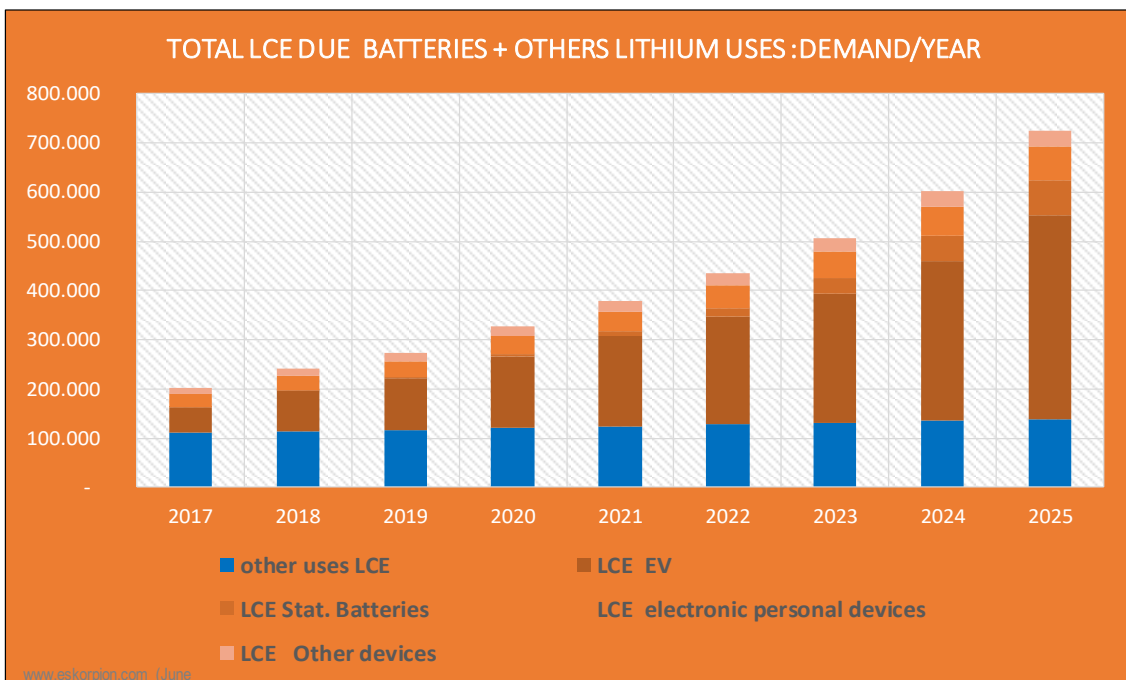
...El 2025, casi un 70% de la demanda de baterías estará concentrada en la electromovilidad, contra un 38% del año 2017. Ello principalmente por el crecimiento de las unidades vendidas por año



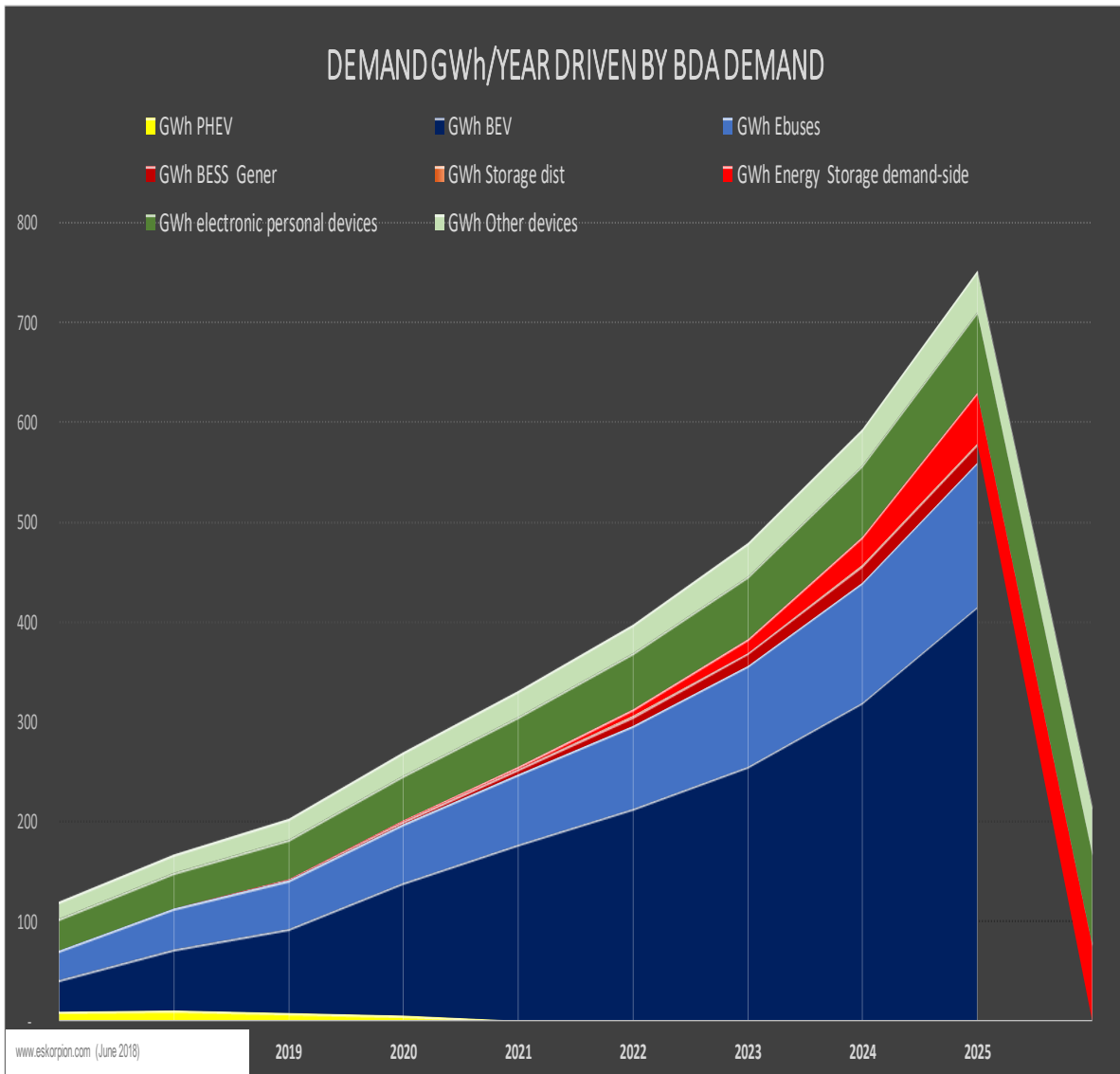
...La demanda de LCE debido a LIB crecerá fuertemente hasta el año 2025, superando con creces la demanda de Litio para otros usos tradicionales.



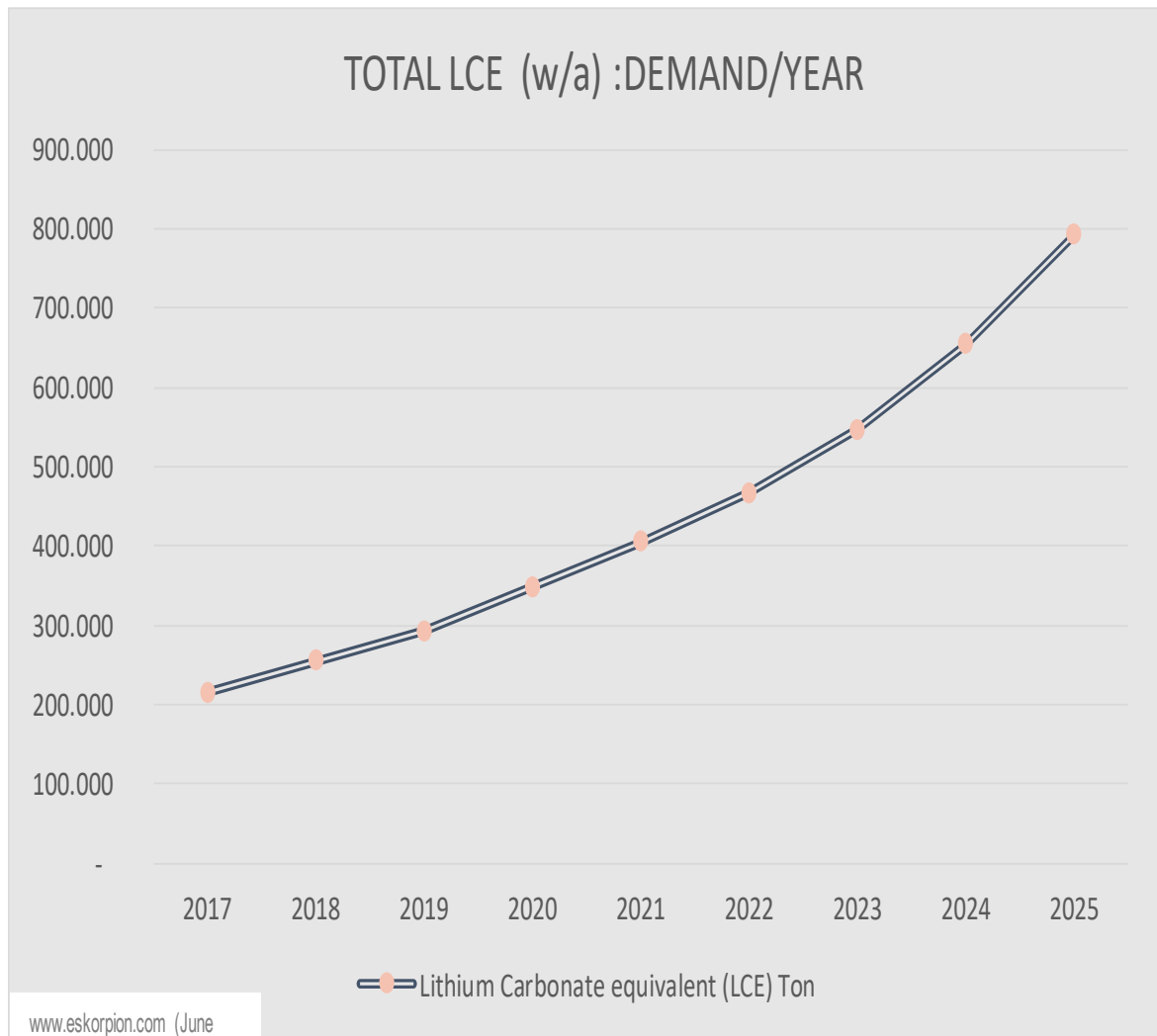
...La demanda LCE por año sumando las demandas tradicionales más la demanda por efecto de baterías superaría las 725 mil toneladas el año 2025



...La demanda de energía en baterías por los BDA llega a cerca de 800GWh por año el 2025, de los cuales si bien la electromovilidad de los vehículos livianos (BEV) sería cercano a un 50%, aparecen emergiendo varias otras aplicaciones en el mercado de los BDA que hay que tener en cuenta.



...La demanda LCE por año corrigiendo por compras de ajuste de inventario y ajuste de pérdidas por factoría llegaría a las 793 mil toneladas el año 2025. Este año 2018 se estiman unas 254 mil toneladas.



4.- ANALISIS POR CATEGORIA

...El obtener los datos numéricos que determina la eventual proyección requiere un análisis en su mérito y un enfoque crítico e independiente. A ello se dedica in- extenso el siguiente capítulo.

ELECTROMOVILIDAD



4.A.-CATEGORÍA ELECTROMOVILIDAD

Esta es la categoría más relevante y la que sin dudas es la que mayormente marcará el futuro de la demanda de baterías. En particular debido a la baja del valor US\$/KWh. Cuando se inició esta tecnología, en el año 2008-10, se desarrollaron inicialmente los vehículos híbridos, los cuales tenían una batería muy pequeña, inferior a 4 KWh, cuyo único fin era proporcionar tracción complementaria en los puntos de máxima ineficiencia de un vehículo, cuando inicia la marcha desde cero o cuando el conductor acelera bruscamente.

Con ello se ganaba una mejora en la eficiencia de entre un 30 a un 50%, con un motor eléctrico que funciona en paralelo al motor ICE¹⁸, normalmente entregando tracción complementaria por momentos al eje no vinculado al motor de combustión interna. La batería posteriormente se carga con frenos regenerativos. El históricamente más popular de estos vehículos es el Toyota Prius. En la medida que los costos de la batería han bajado y la densidad mejorado, se aumentaron las baterías para lograr un desplazamiento eléctrico puro por varios km. Es decir, se pasa de un motor de apoyo por momentos, hacia movilidad eléctrica plena por largos tramos combinada con movilidad convencional en otro tramo. En ambos casos son vehículos híbridos sin embargo el primero está desapareciendo ya que la complicación de su electrónica y mecánica no compensa el ligero beneficio.

4.A.1 Subcategoría PHEV-100 (categoría de transición)

En esta categoría se clasifican los plug-in híbridos en general. Se trata de vehículos enchufables a un cargado externo (lo que no ocurre con híbridos) y con autonomía eléctrica pura, en este caso se agrega el número X, como nosotros usamos PHEV-100, como modelo de cálculo, con 100 km de autonomía eléctrica (62 Millas)¹⁹. Una batería de 20KWh permite entregar este rango nominal, por lo que se asimila a este rango dicho valor de energía unitaria. En todo caso se asume que dichos vehículos serán gradualmente sustituidos por BEV en la medida que el costo de la batería caiga y su costo sea más o menos equivalente. Hay que considerar que si bien el PHEV tiene un rendimiento en Dinero/km muy alto (2:1) en relación con los vehículos de combustión interna, ICE. El costo de mantención sin embargo es superior, considerando que tiene motores de ambos tipos con todos los elementos, partes y piezas de ambos mundos más un sofisticado computador que regula el uso paralelo. Si bien estos vehículos aún representan casi el 50% de las ventas de vehículos eléctricos en el mundo, en nuestra predicción los consideramos prácticamente extinguidos al año 2020 o simplemente serían irrelevantes.

4.A.2 Subcategoría BEV

En esta subcategoría se clasifican los autos 100% eléctricos. Se trata de vehículos enchufables a un cargador externo y con autonomía eléctrica pura, en este caso se estima que el aumento de la densidad energética en los últimos años y la baja del costo de las baterías desde US\$ 1.000/KWh hasta cerca de US\$ 300/KWh (pudiendo seguir su reducción a menos de US\$ 150/KWh en el año 2025).

¹⁸ ICE: Máquina de combustión Interna.

¹⁹ Un vehículo icónico en esta categoría el Chevy Volt, que ya tiene varios años de producción. Hay muchos rangos disponibles. El uso de 100 es un modelo de cálculo.

Este avance se ha utilizado por los fabricantes la primera década, no tanto en reducir los precios de los autos (aún un 30% arriba de lo ICE), sino que en aumentar el rango sin aumentar el precio para lograr un estándar mínimo de satisfacción de los clientes

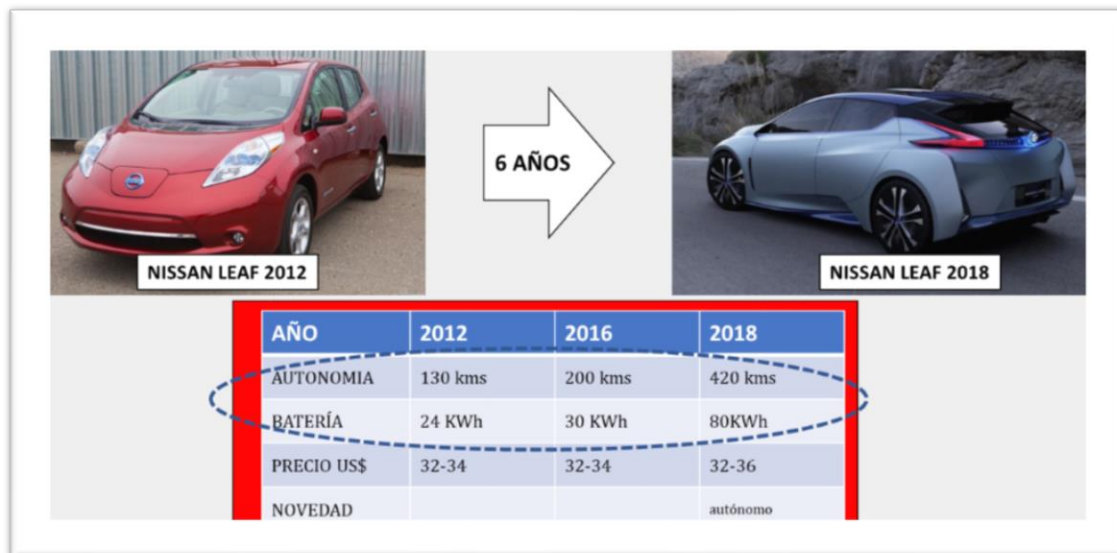


Fig. 4.A.2-1 Evolución Nissan Leaf 2012-2018

En el ejemplo del Nissan Leaf, Fig. 4.A.2-1 se aprecia que en las múltiples versiones se ha privilegiado el rango sobre el precio.

Sin embargo, se asume que, en los años venideros, es muy factible que el rango superior a 350 km se estandarice y comience realmente la competencia de precios y diseños²⁰. De hecho, alcanzándose un TCO²¹ equivalente a los ICE posiblemente la guerra de múltiples modelos prontos a salir al mercado posiblemente atraiga nuevos clientes donde esta variedad de oferta sería realmente la clave del crecimiento acelerado y sustitución de los ICE.

Por ello se asume un valor medio de 50KWh que equivale a unos 330 km de autonomía.

Es cierto que hoy los vehículos eléctricos premium superan los 450 km de autonomía (con baterías superiores a los 80 KWh), pero en esta evaluación, como se indicó, debe considerarse el PxQ y la cantidad de usuarios de los vehículos eléctricos más económicos será mucho mayor (particularmente en China, el mayor mercado mundial ya consolidado).

²⁰ Los Vehículos hoy día son elegidos en gran parte por diseño y prestaciones de potencia y comodidad. El precio si bien es un factor importante, no debería estar sobrevalorado en la decisión de los consumidores

²¹ TCO: Total Cost of Ownership, es el costo actualizado de operación por un periodo de unos 3-4 años sumado al costo de inversión. Como el BEV tiene un Capex mayor que el de un ICE, de categorías equivalentes, debería sumárseles el Opex, donde el BEV tiene grandes ventajas respecto del ICE.

Esta definición del parámetro de rango promedio ponderado de los vehículos eléctricos del futuro de mediano plazo es clave, puesto que definir, por ejemplo, un valor unitario de 70 KWh por unidad de batería del BEV afectaría significativamente el promedio. Por ello es por lo que la base de nuestra hipótesis está sustentada en esta tendencia. Llegar a un rango de consenso entre los fabricantes y luego concentrarse en los diseños y los precios.



Fig 4.A.2-2 [Beijing Auto EC180 2017](#)

El Modelo EC 180 de la fig. 4.A.2-2 es el vehículo más vendido en China con un rango de 180Km. Este tipo de vehículos serán probablemente los más populares del inicio de la era de los EV.

En nuestro modelo proyectamos un crecimiento exponencial en los próximos dos años pues la línea base es muy baja aún y la tendencia entre el 2016 y 2017 consolida esta apreciación.

La conclusión de 1.100.000 autos registrados el 2017²² con una proporción cercana a 40% BEV vs 60% PHEV, implica una proporción de entre un 1 y un 1,5 % del volumen de autos que se venden cada año en el mundo, con un aumento de la pendiente el año 2020, principalmente pues en el mercado automotriz el “año” del modelo es relevante.

Posiblemente por razones comerciales y de marketing, ese será el año escogido por más marcas más importantes para salir al mercado con sus nuevos modelos. Pronosticamos que los modelos 2020 tendrán un “*upgrade*” no marginal y será el inicio de la etapa siguiente que es la competición por participación de mercado y al menos mantener la porción actual.

²² IEA EV Outlook 2018

Ello se orienta principalmente a los incumbentes del mundo ICE, las famosas marcas de Volkswagen, Peugeot, Mercedes, Vmw, Volvo, Ford, Toyota, Nissan, Renault, Audi, etc, la mayoría de origen europeo.

Debemos considerar que en mundo de las marcas de los EV que lideran las marcas de los entrantes (outsiders), no provienen del mundo tradicional de los automóviles, sino que, del mundo tecnológico, como Tesla, o del mundo de las baterías, como BYD.

Lo mismo ocurrió en la telefonía celular, donde los incumbentes y dominantes del mercado prácticamente desaparecieron del mercado en los últimos 10 años y hoy reinan los nuevos incumbentes que nunca imaginaron hace 10 años vender estos dispositivos y menos que sería el “core” de su negocio, como Apple, LG, Samsung, etc.

Las marcas tradicionales tienen un mercado cautivo de fieles clientes (cada vez menos) pero es evidente que el primer vehículo eléctrico no se compra por fidelidad, hay que ser reencantado.

El “trade-off” de mantener los modelos ICE de las marcas tradicionales vs los fabricantes de BEV puros, puede ser el inicio de una batalla épica.

El mercado de la industria más grande del mundo es afectado por un cambio paradigmático y nadie puede dormir en paz.

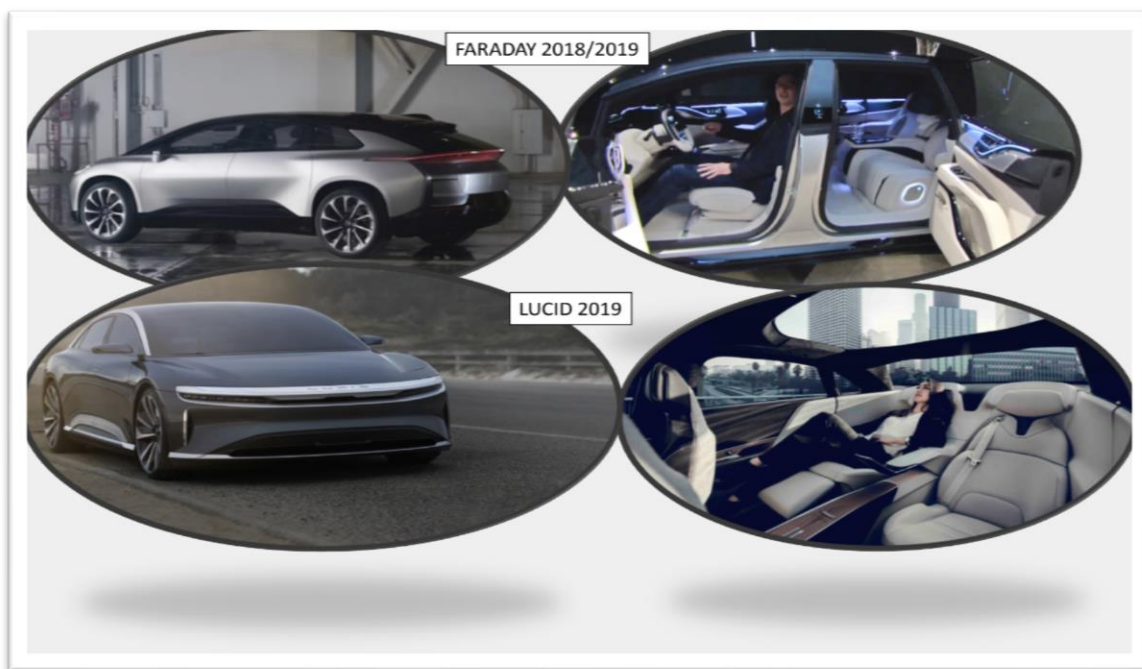


Fig. 4.A.2-3 ¿Nuevos modelos atrasados para ser lanzados el 2020?

Es lógico pensar que los primeros años existan subsidios internos de los incumbentes a los EV para sostener su posición de mercado de ICE, más aún si tienen las espaldas (y la caja) para ello, lo que obligará a los entrantes a ser más y más competitivos y audaces²³.

²³ El caso de Tesla en un buen ejemplo de lo que podría pasar en el futuro. La compañía aun no es una compañía que gane dinero, pero se ha mantenido en la lucha por la fidelidad de sus inversionistas y shareholders. Tesla ha

Desde luego se pueden presagiar ganadores y perdedores que serán casos de estudio posteriormente.

En nuestro pronóstico estimamos que esa guerra comercial comenzaría el año 2020 y posiblemente contribuya a un mercado de rápido crecimiento desde el 2020 al 2025.

Este mercado, será el mayor contribuyente al mercado de las baterías en la década siguiente, y posiblemente a la innovación de la época de la fusión *Iota-Épsilon*.

4.A.3 Subcategoría especial Vehículos pesados

En esta categoría nos concentraremos en los vehículos pesados, principalmente los camiones eléctricos y los buses eléctricos.

Respecto de los camiones eléctricos, diferenciamos los camiones livianos principalmente orientados al mercado de utilitarios de ciudad con capacidad carga hasta 2 toneladas. Los cuales pueden ser absorbidos en la categoría de BEV que definimos, pues si bien tienen mayor tamaño, son diseñados para una autonomía menor que el vehículo de uso personal pues están acotados en su uso al movimiento en una ciudad con retorno a un punto de carga y por tanto su rango no es tan exigente. En ese sentido pueden asimilarse, respecto de la batería, a los vehículos eléctricos livianos.

En relación con los camiones eléctricos de tamaño mayor, de uso para largos recorridos troncales, existe una tendencia al uso de otras tendencias de almacenamiento energético, en el caso de electromovilidad, como son las celdas de hidrógeno²⁴, por su entrega de un mayor rango, considerando que los puntos de recarga están acotados a las estaciones de reabastecimiento de mercadería de los camiones. No creemos que exista una transformación significativa de este tipo de vehículos a motores eléctricos con baterías de litio en la próxima década por no poder opinar respecto de visualizar ventajas comparativas.

Sin embargo, respecto de los E-Buses, es una categoría que hemos decidido incorporar por separado, puesto que ha tenido un desempeño impensado originado por el “efecto geopolítico de los gigantes”, mencionado en el punto 1, CONTEXTO. También hay una nota especial en el “resultado” del SUMARIO.

En los pronósticos del año 2012, la prestigiosa consultora Frost and Sullivan (<https://ww2.frost.com/>), estimaban 19.000 y 80.000 buses eléctricos e híbridos para los años 2015 y 2022, respectivamente. Si consideramos la última información del [EV Outlook 2018 de EIA \(Energy International Agency\)](#) menciona que el año 2017 se registraron 100.000 nuevas unidades de E-buses en China solamente (y un acumulado “on the road” de 370.000 unidades). El 85% de los E-buses vendidos en China el 2017 son BEV.

desarrollado una serie de mecanismos extremadamente innovadores en los modelos de mercadeo, de ventas, de tecnología, de posventa, etc. Ello es imposible de seguir por la gobernabilidad de las marcas tradicionales con 50 años a cuestas de reglas predefinidas en sus organizaciones.

²⁴ Las celdas de hidrógeno como fuente de almacenamiento son una alternativa a las LIB por su mayor densidad energética. Sin embargo, su principal desventaja es la distribución, transporte y almacenamiento (como ocurre con la gasolina) que incrementa el costo y la logística, respecto de la tremenda ventaja de la extensa distribución de electricidad en el mundo, incluyendo los hogares.

Ello demuestra que el esfuerzo de China por liderar el mercado de la demanda y de la provisión de vehículos (la gran mayoría de buses eléctricos son de origen chino), ha generado un salto cuántico insospechado hace apenas 5 años atrás, con un error de un orden de magnitud.

Como un bus BEV consume una batería de 250 KWh, y su número está creciendo en forma muy relevante, hemos abierto un capítulo aparte al respecto.



Fig. 4.A.3-1 BEV-Bus en operación en Santiago de Chile

En nuestra proyección, usando como línea base los registros recién entregados por IEA el mes de marzo del 2018, con los resultados más recientes del 2017, y una proyección de crecimiento exponencial pero decreciente pues el mercado total global es pequeño y podría saturarse en menos de una década, pero podría a su vez ser el mercado con mayor penetración de electromovilidad del mundo²⁵.

Ha existido los últimos años una larga controversia respecto a la característica de alimentación de un E-Bus y su tecnología. Los europeos en general (lugar de uso intenso de buses) abogaban por vehículos híbridos o de celda de combustibles. Los BEV-Buses se consideraban excesivamente costosos (CAPEX) y difíciles de atender en los requerimientos del servicio. Hasta hace unos 4 años que se abrieron a considerar buses eléctricos de carga parcial, es decir baterías relativamente pequeñas (unos 30-40 KWh) pero con puntos de carga inductiva ultrarrápida en la ruta que les permite llegar a la siguiente posta de carga. El objetivo de esto es sólo un tema de costos y la mantención de un mercado semi cautivo. Los chinos han promovido el bus full eléctrico con autonomía de 250 Km. Ellos parecen estar ganando la batalla, tanto en China por supuesto, como en las últimas licitaciones de flotas en el mundo. Ello ha obligado a las grandes marcas europeas, como Volvo, Mercedes, etc a alinearse rápidamente a esta tendencia. Las mismas empresas influyeron en los gobiernos en mantener sus mercados locales en base a los postulados mencionados al comienzo. Mientras tanto los E-Buses chinos reinan en el mercado mundial e incluso están bajando los precios en una campaña de marketing muy agresiva, incluidos los mercados de EE. UU. y Europa y posiblemente veremos contendores europeos que lleguen en esta categoría al mercado en los próximos años renegando entre dientes de sus propios postulados.

²⁵ En General el transporte público depende de autoridades de transporte de cada país y por tanto la operación de flotas está condicionada a bases de licitación o decisiones político-estratégicas. Existe una tendencia en términos de las ONG y asociaciones orientadas al cambio climático a agruparse en relación con forzar el transporte público

4.A.4.- RESULTADOS DE LA CATEGORÍA EV

Como resultado de la proyección según los criterios mencionados previamente, se obtiene una proyección resumida en el siguiente cuadro:

	register / year (entries)			accumulated Millions on the road >
	2017	2025 e	F:2025/2017	
Número Light & Medium and Buses EV	1.215.000	8.879.587	7,3	37,4
PHEV-100	440.000	-	-	2,8
BEV	660.000	8.302.694	12,6	34,4
E-Buses	115.000	576.892	5,0	2,8
GWH consumed	71	559	7,9	2.480
PHEV	9	-	-	55
BEV	33	415	12,6	1.719
E-Buses	29	144	5,0	705
LCE used in Batteries (ton)	52.207	413.925	7,9	
PHEV	6.512	-	-	
BEV	24.420	307.200	12,6	
E-Buses	21.275	106.725	5,0	

Fig. 4.A.4-1 Comparación datos de línea base (2017) con proyección 2025.

El número de vehículos eléctricos proyectados hasta el 2025 en términos de penetración, alcanzarían del orden del 8% de las ventas totales de la industria, en términos de cantidad de vehículos comercializados en el mercado mundial. Prácticamente la totalidad de los vehículos serían de categoría BEV con rangos de autonomía entre 200 hasta 600 km con un promedio de 350 Km.

Los vehículos eléctricos en esa fecha tendrán incorporados como estándares de fábrica la conducción autónoma vigilada (conductor atento, E-CoPilot) y posiblemente incorporará mejoras a las versiones actuales (que ya incluyen la mantención de velocidad automática sincronizada a vehículos en ruta, el ajuste en pista y adelantamiento automático, el estacionamiento full automático, y otras mejoras vigentes). Las mejoras tendrán que ver con sistemas de comunicaciones de advertencia entre vehículos y entre vehículos y sistemas de advertencia con “faros electrónicos” en carreteras y ciudades.

En relación con el número de vehículos por año, en la figura 4.A.4-2 se aprecia que el año 2020 superaría los 3 millones de vehículos por año, lo que equivale a un poco menos del 3% de las ventas totales anuales.

Igualmente se advierte claramente que el año 2020 sería el año donde prácticamente desaparecería la venta de nuevos vehículos híbridos, incluyendo los con extensión de rango (PHEV). Prevemos, además, que, por razones de marketing, se lancen los modelos “2020” con nuevos modelos y prácticamente todos BEV.

eléctrico o no contaminante en las principales ciudades del mundo. Esta tendencia se acelera con los ejemplos plausibles como China y los mejores precios producto del aumento del volumen de ventas.

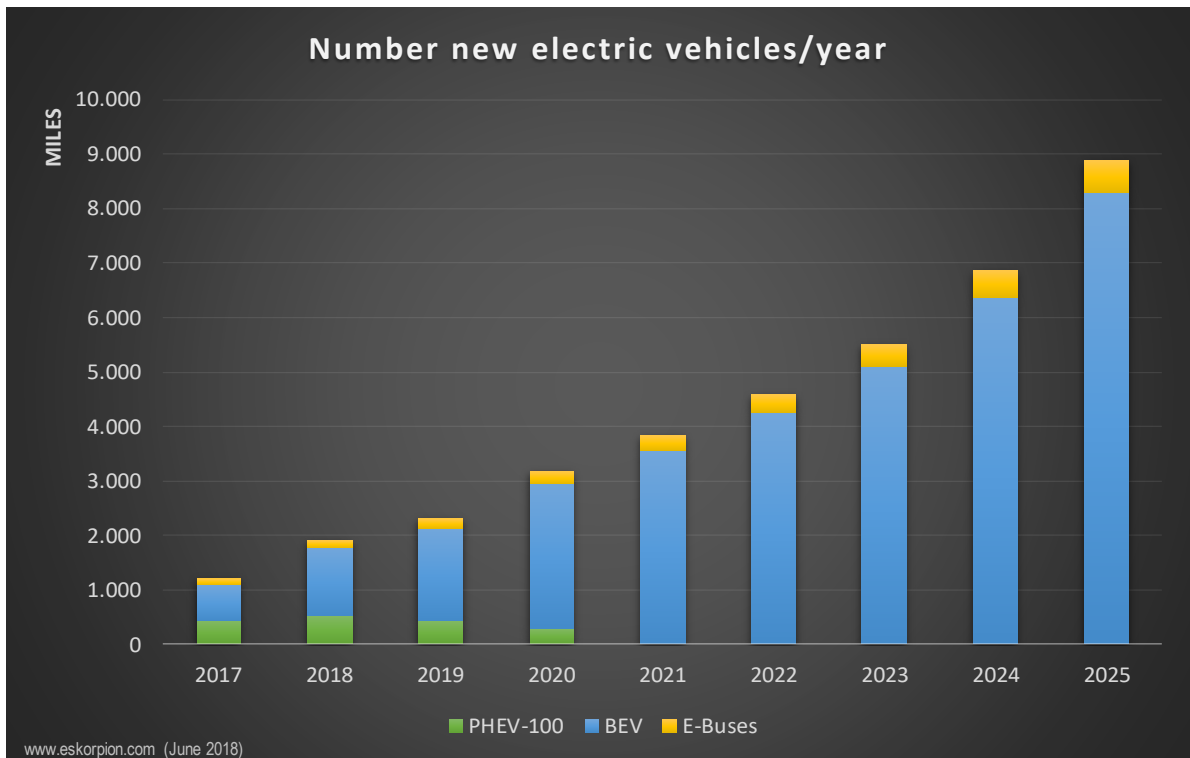


Fig. 4.A.4-2 Número de nuevos vehículos eléctricos por año.

A pesar de este aumento, hay que integrar en las consideraciones de categorías los estándares supuestos de **20 KWh** (PHEV-100), **50 KWh** (BEV) y **250 KWh** (E-Buses) individuales para determinar el tamaño de las baterías y así proyectar la demanda de baterías expresadas en GWh.

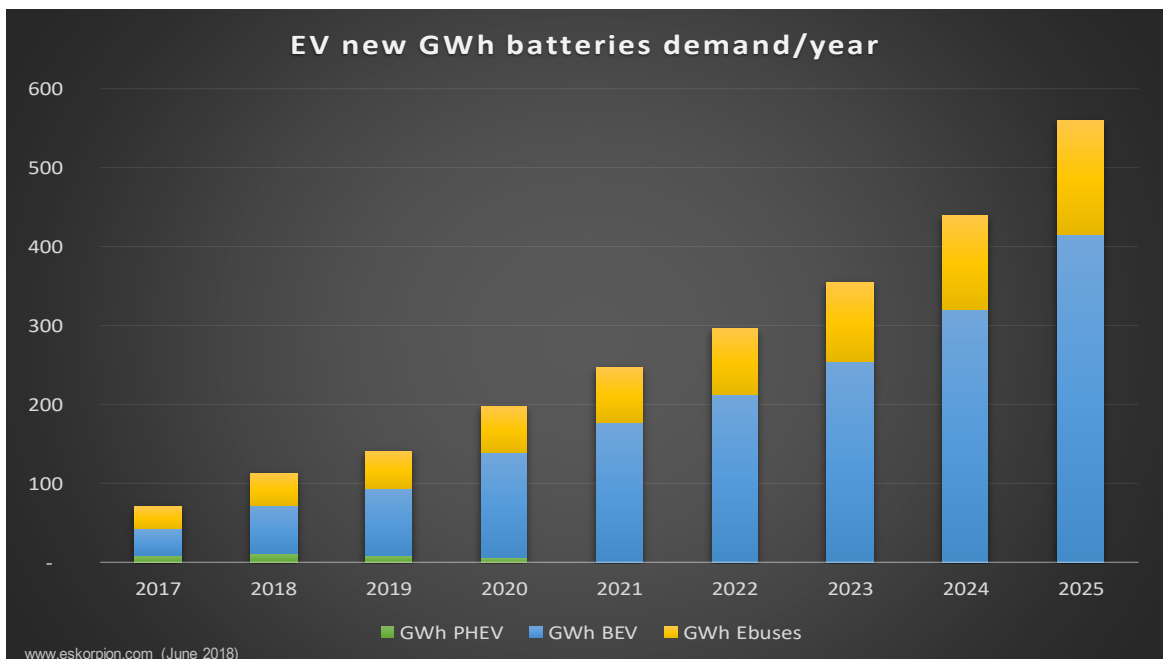


Fig. 4.A.4-3 Demanda de baterías LIB (expresadas en GWh) por año por categoría electromovilidad

La demanda de energía de los buses eléctricos será relevante los años 2018 y 2019, debido al explosivo crecimiento de buses full eléctricos los cuales, como mencionamos, consumen

un 500% la energía de un vehículo ligero convencional. Al aumentar el ingreso de E-buses en términos “cuánticos”, por la naturaleza de la operación en las ciudades en que se sustituyen “flotas” de miles de unidades, este crecimiento será muy relevante. Sin embargo, posteriormente crecerá gradualmente, además considerando que su tasa de reemplazo es de al menos cada 8 años, siendo superado largamente por los vehículos BEV.

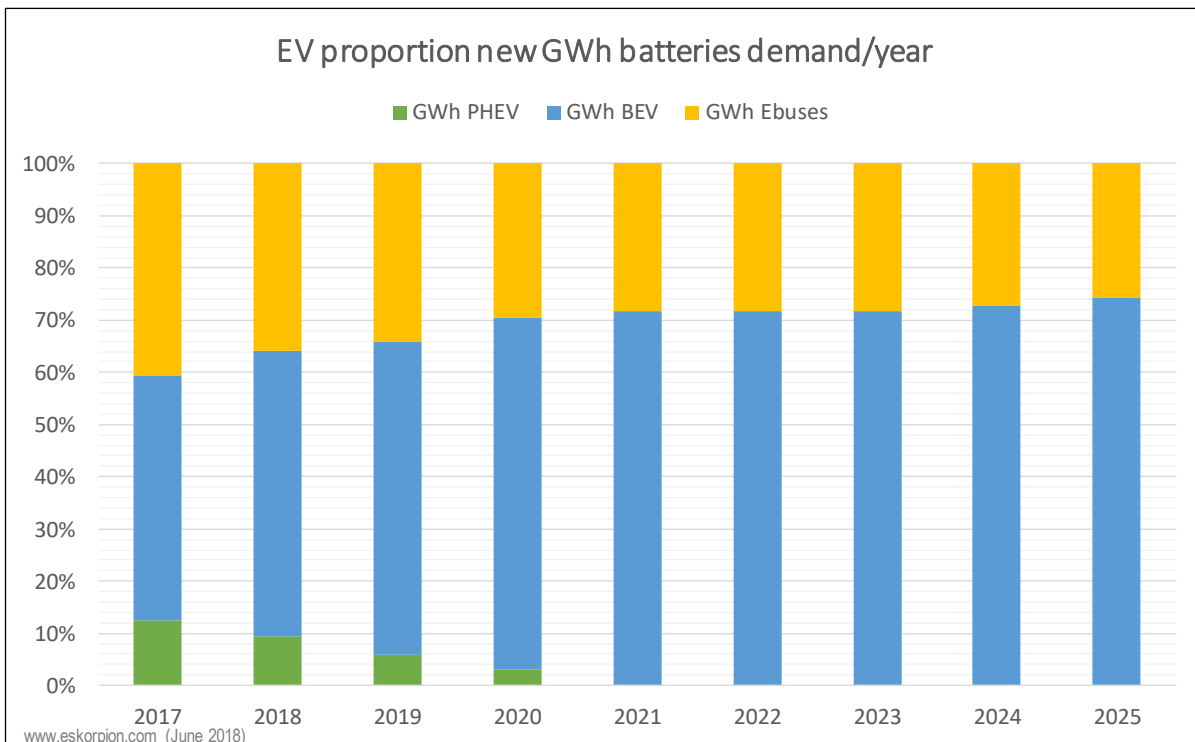


Fig. 4.A.4-4 Proporción de uso de baterías por cada categoría de nuevos vehículos eléctricos registrados por año

En la figura 4.A.4-4 se muestra gráficamente ese efecto, donde el 2016 y 2017 la demanda de LIB en energía instalada en los buses eléctricos era muy relevante respecto de los otros EV. Sin embargo, al año 2020 se reducirá su influencia a menos del 30% llegando a cerca del 27% el 2025. Ello probablemente se irá reduciendo en la década siguiente.

Nótese que el año 2016, la energía potencial en baterías en los vehículos híbridos (PHEV) era equivalente a la de los BEV.

Esta situación será muy influyente en la demanda de materias primas y, como se muestra en la figura D-5, los vehículos eléctricos tendrán la mayor influencia en términos de la necesidad de Litio.

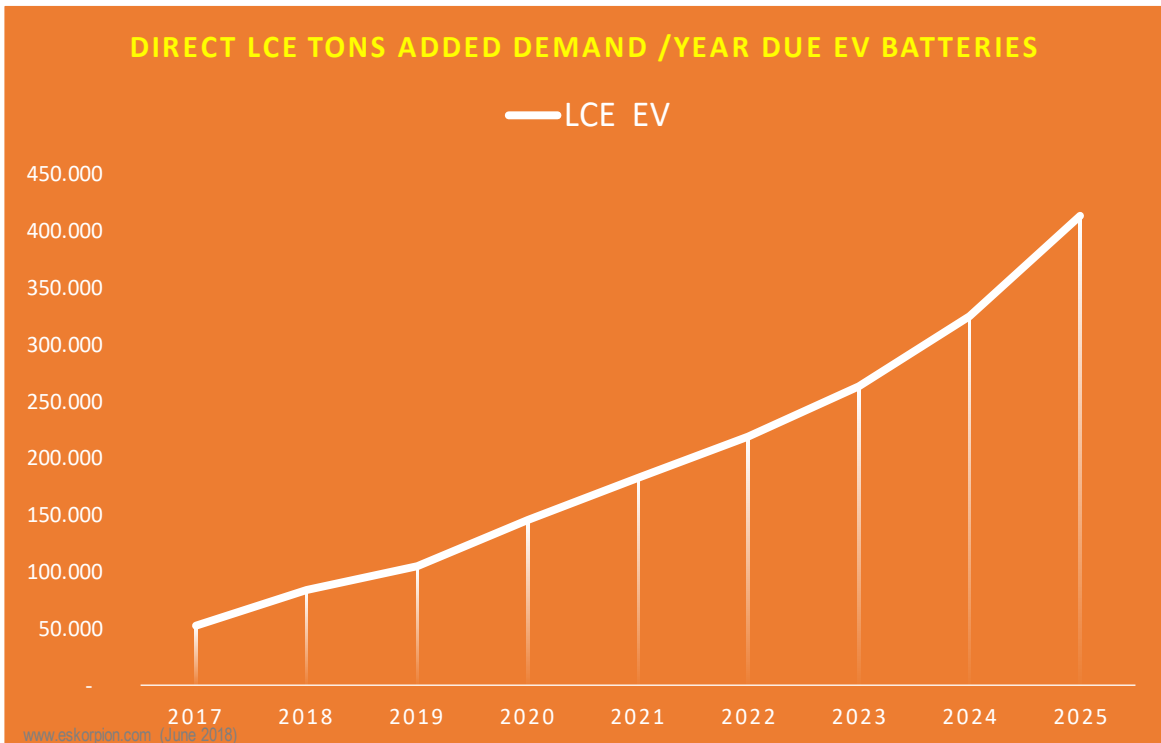


Fig. 4.A.4-5 Demanda de Toneladas de LCE (en Toneladas) por efecto de electromovilidad

Al año 2023 posiblemente, los EV por si solos, generarán una demanda equivalente a las proyecciones globales de demanda del año 2018.

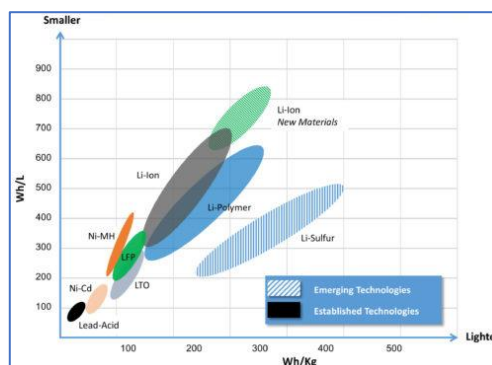
4.A.5.- ESCENARIOS CONTINGENTES ELECTROMOVILIDAD



CISNES NEGROS

❖ Eventual sustitución de la batería de Litio por otra tecnología disruptiva

Si bien hay anuncios permanentes al respecto y es muy poco probable, una nueva fuente más económica y más densa, podría tener un impacto no tan importante en los vehículos eléctricos, aunque sí en los vehículos pesados (camiones) y vehículos voladores (aviones) y transporte marítimo. En estos casos no es posible de acuerdo con el estado del arte pronosticable en la próxima década, desarrollar baterías que alimenten motores



eléctricos para estos vehículos con los requerimientos deseados de rango y autonomía, Igualmente ello traería un colapso en la minería de materias primas y en las primeras capas de valor de la industria de baterías y en las inversiones no compatibles en términos de superfabricas. En todo caso el mapa de ruta de evolución de baterías de Litio, mostrado en la figura, aún prevé una evolución importante en los próximos 10 años de esta tecnología, al menos duplicando su densidad de energía por masa y mejorando la densidad volumétrica.

❖ Evolución acelerada de vehículos autónomos totales sin conductor

Ello tendrá un impacto importante en la industria automotriz completa pues el transporte evolucionaría al uso de vehículos compartidos en vez de inversiones propias. Esto podría bajar la demanda de autos nuevos dramáticamente con un modelo de negocios tipo Uber a nivel global y sin conductores (bajando el costo dramáticamente).

❖ El modelo “2020”

El año 2000, número mágico, afectó a la economía mundial y particularmente a los desarrolladores de software por el impresionante cambio de los activos de software de millones de empresas ante el temor de que las versiones previas, acotadas a dos dígitos para el registro del año (90, 95, etc) no entendieran el “00” y esta división por cero creara un caos en los sistemas financieros y otros. Ello impulsó el desarrollo de esta industria y parte de los unicornios actuales nacieron de esa circunstancia azarosa. En los autos, el “modelo” si importa y definitivamente el modelo “2020”, dará un sentido implícito de marketing a la electromovilidad. Si esta eventualidad ocurriere, se produce un efecto psicológico que generaría un impacto mediático que podría eventualmente impulsar muchos unicornios y también una tendencia que hoy es impredecible.

❖ El eventual reemplazo de la batería de partida de plomo ácido

La eventual sustitución de la batería de plomo ácido por una de Litio es técnicamente perfectamente factible hoy día, lo único que frena esa posibilidad es el costo y también el eventual lobby de la industria de baterías de plomo. Si ello ocurriera, lo cual podría estar cerca en la medida que la batería de litio se acerque a los US\$ 120 /KW de las baterías de Plomo. Eventualmente una innovación con una química que permita bajar el precio radicalmente bajando la ciclabilidad, pero aún con prestaciones superiores a la de plomo en términos de vida útil, costos de mantenimiento, legado de huella de carbono y contaminación de materiales; podría eventualmente generarse una demanda gigantesca no considerada. En los autos de combustible, que seguirán vigentes por muchos años, se consumen unos 300 millones de baterías cada año²⁶. Considerando 600 Wh por batería (50Ah-12V) son 180 GWh de potencial anual, unas 130.000 Toneladas LCE por año.



ACCIONES GEOPOLÍTICAS

❖ Alza del precio del petróleo

El alza del precio del petróleo beneficiaría sin dudas un crecimiento más acelerado de la electromovilidad ya que el TCO ²⁷ del vehículo eléctrico mejoraría respecto del vehículo de combustión. El argumento de precios del petróleo fue muy utilizado en los años 2008-2010 como incentivo para comprar vehículos eléctricos. Sin embargo, con la caída de precios del petróleo a menos de la mitad de esos años, este beneficio fue perdiendo importancia, al punto que se pensó que esa baja del petróleo sería un freno definitivo a la electromovilidad. Aun así, esta se disparó, pues las mejoras tecnológicas, los costos de inversión a la baja y las regulaciones ambientales han generado incentivos suficientes.

❖ Impuestos a las importaciones como defensa a estar rezagado

En algunos países, podrían establecerse frenos a las importaciones de vehículos eléctricos para proteger la industria local rezagada. Como los productores actualmente están concentrados en algunos países, ello podría frenar la baja de precios y dejar estancado el vehículo eléctrico en un mercado de nicho.

❖ Fallas en el mercado de la oferta aguas arriba

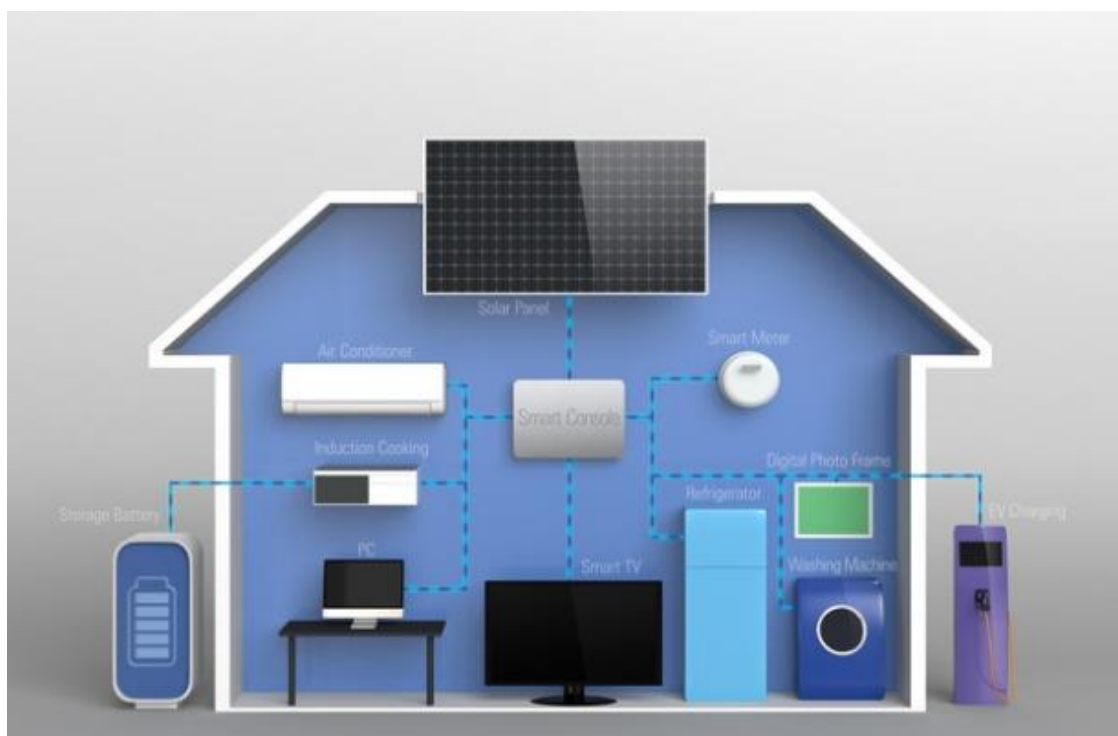
Cualquier problema en la cadena de suministros, principalmente de baterías y de materias primas debido a una acción de algún país dominante, traería los recuerdos del

²⁶ Se estiman unos 100 millones de baterías en autos nuevos cada año, más un 20% de sustitución de autos existentes, unos mil millones de vehículos.

²⁷ Total, Cost Ownership o la suma del costo de inversión más el costo de operación en un periodo dado.

cartel del petróleo y posiblemente influiría en términos negativos al desarrollo de esta industria. Este tema no es menor, pues según nuestras proyecciones, la demanda es explosiva y, por tanto, no es sólo un tema de alzas precios de materias primas sino de fuentes plausibles de provisión de estas. En este momento hay bastantes movimientos respecto al control de estas fuentes de origen por parte de industrias y también de países, en términos estratégicos. Las ventas son a largo plazo y mecanismos de este tipo pueden usarse efectivamente para atacar la competencia; dejándolos sin municiones.

BATERIAS ESTACIONARIAS



4.B.-CATEGORÍA BATERIAS ESTACIONARIAS

Esta categoría es aquella en que todos los expertos prevén como muy necesaria y relevante debido al auge de las energías variables, eólicas y solar, las cuales requieren como complemento lógico el almacenamiento de energía para ajustar la oferta con la demanda.

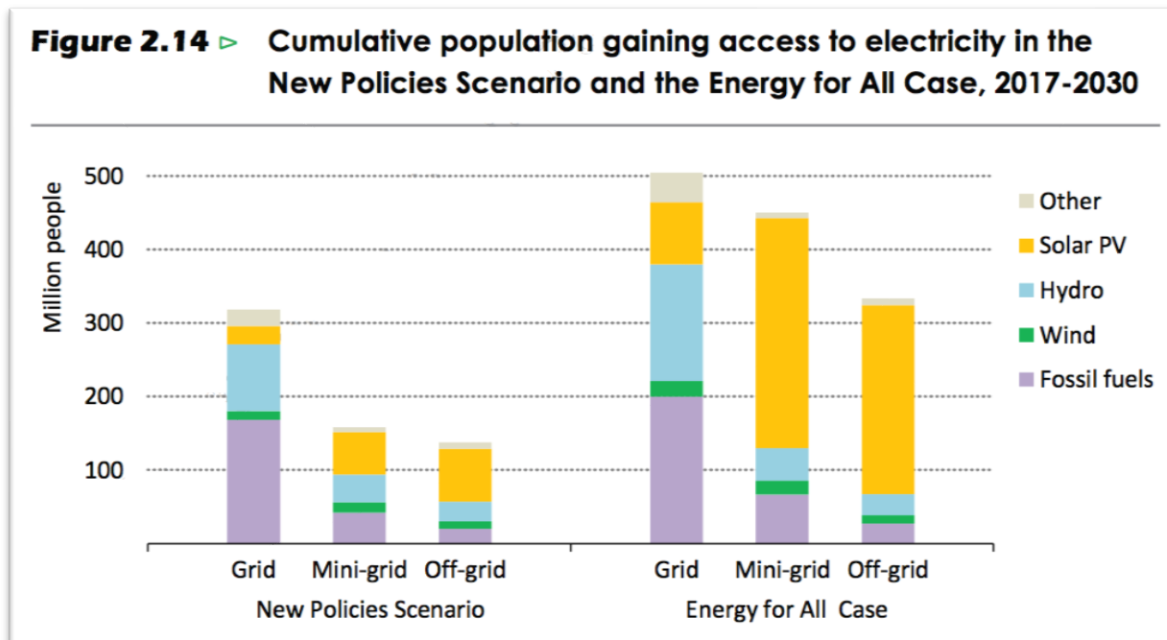


Fig. 4.B-1 Demanda de energía eléctrica de diversos orígenes 2017-2030 (IEA WEO 2017)

El uso de baterías como elemento de almacenamiento eléctrico para fines de respaldo, de aplanar hora punta en la generación, de estabilización en la distribución, de complemento a al uso off-grid y on-grid en la demanda, etc son temas recurrentes en el mundo más especializado.

En efecto, en la figura B-2 siguiente se muestra una excelente conceptualización de estos usos y aplicaciones potenciales, preparado por la compañía NEC de Japón.

...Las baterías estacionarias tienen un gran potencial como complemento de uso para las energías variables y como potencial de almacenamiento de rápida reacción de entrada ante cortes de energía...

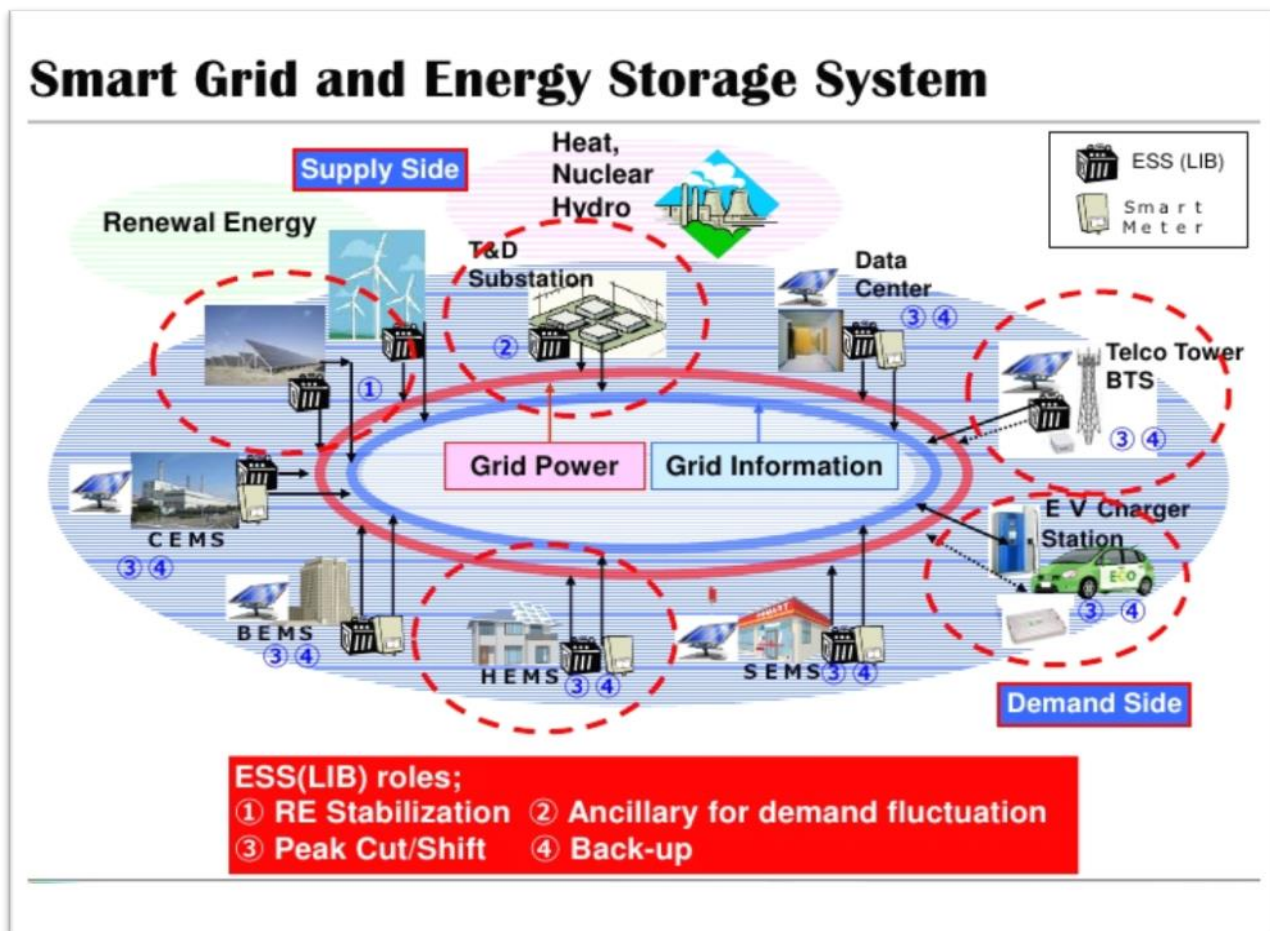


Fig. 4.B-2 Usos de baterías estacionarias en la red eléctrica (Ref. NEC Corp)

Incluso este concepto que integra operaciones en la red e incluso con los autos eléctricos, que en la práctica son enormes baterías portátiles, se integran inteligentemente a la red en un concepto que se ha denominado Smart-Grid. Este es un clásico ejemplo del denominado efecto de fusión de Iota y Épsilon, antes descrito en el punto 1, Contexto.

Es necesario reconocer que, si bien este escenario es previsible, es también un escenario que emerge lentamente y tiene barreras de entrada, por diversas razones, principalmente ligadas al legado analógico de las compañías de electricidad y el ambiente regulatorio en que se desarrollan, muchas veces contrario a la innovación.

Las restricciones y compromisos tomados en el acuerdo de París²⁸ ha forzado a las naciones a establecer presiones regulatorias y promover el uso de fuentes renovables con el fin de cumplir dichos compromisos y los KPI asociados.

EL ACUERDO DE PARÍS
Contra el cambio climático

Los países participantes en la XXI Conferencia sobre Cambio Climático (COP21) alcanzaron un acuerdo histórico que permitirá una lucha más equilibrada a nivel mundial contra las emisiones contaminantes. Conoce los detalles.

- OBJETIVO CENTRAL:** No aumentar la temperatura del planeta más de 2°C
- ENTRADA EN VIGOR 2020**
- LO RATIFICARON 195 países**
- ACUERDO DE PARÍS 29 artículos** y un protocolo que incluye las mismas reglas para un nuevo marco en la lucha contra el cambio climático
- PRINCIPALES ACUERDOS:**
 - El acuerdo es global y fortalece las contribuciones nacionales presentadas por 186 países.
 - Se crearon mecanismos para que las contribuciones nacionales sean revisadas cada 5 años (2018 y 2020).
 - Se logró un equilibrio entre acciones, compromisos y cooperación de cada país.
 - Los países desarrollados continúan dando apoyo financiero a aquellos con menos recursos para mitigar los efectos.
- SABÍAS QUE...:** En 2016 se anunció a todo el mundo la plataforma "Thalys" que permitirá que los estados deriven una última revisión a los compromisos antes de 2020.
- APROBACIÓN ABIERTA A FIRMA:** Del 22 de abril de 2016 al 21 de abril de 2017 en Nueva York, EE.UU.
- CONTRIBUCIONES NACIONALES:** Son compromisos que cada país elabora para reducir los gases de efecto invernadero de acuerdo a sus realidades.
- SOBRE LAS SANCIONES:** Los límites que permiten obligaciones jurídicas para cada país aún no están claros.

²⁸ El Acuerdo de París (inglés: Paris Agreement, francés: Accord de Paris) es un acuerdo dentro del marco de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático que establece medidas para la reducción de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI)

Por otro lado, la fuerte influencia de China y su compromiso activo de liderar en su propio país este cambio como doble beneficio hegemónico, el cual fue increíblemente impulsado por la gran contaminación ambiental en las ciudades chinas, que fueron ampliamente difundidas el año 2015 con la nube tóxica que cubrió Beijing en diciembre de ese año y que representaba la punta del iceberg de un problema ya masivo en 50 ciudades de ese país.

En esa oportunidad, se declaró la primera alerta roja en China y fue quizás el comienzo formal de un cambio que ha tenido implicancias insospechadas a nivel de la humanidad, las que, a nuestro juicio, aún no han sido realmente asumidas.



Si bien la contaminación por partículas y gases de una ciudad no está directamente relacionada con la emisión de gases efecto invernadero (GEI), las medidas son las mismas y es eliminar las fuentes contaminantes que también producen GEI.

Ello implicó en China, como efecto colateral y regulatorio, el uso de fuentes de generación renovables adicionales a los recursos hídricos, como el uso de la energía solar y eólica, que forman parte relevante del denominado grupo de ERNC (Energías renovables no convencionales).

Se produjo entonces una caída de precios radicales de paneles fotovoltaicos y generadores eólicos producidos en ese país, al comienzo para usos de grandes granjas de generación, pero hoy cada vez más para usos particulares en escala de un hogar. Con ello, la necesidad de almacenamiento, intrínseco a estas fuentes energéticas variables ha crecido a la par del crecimiento de la generación de energía de estos orígenes.

Si bien los volúmenes de almacenamiento requerido son enormes, mucho del mismo es posible de proveer con otras tecnologías más económicas, desde almacenamiento térmico o mecánico para las generadoras, hasta baterías de plomo en niveles más pequeños, toda

vez que la gran ventaja de densidad energética (Wh/Kg y WH/L) de las LIB, no son requerimientos estrictos para estos casos, ya que, al ser estacionarias, en general esa no es una restricción. El costo de almacenamiento es relevante y otras soluciones menos sofisticadas, pero más económicas aún mantienen por lejos el liderazgo sobre las baterías de Litio.

Pero ello está cambiando lentamente en la medida que los costos de las LIB han descendido y la ciclabilidad ²⁹. Es posible y así lo proyectamos, que esta solución en la red eléctrica tenga una relevancia importante en el año 2025, año de nuestro horizonte de predicción.

4.B.1 Subcategoría Generación

Las centrales generadoras basadas en energías variables, solar (PV) y eólica requieren el uso de almacenamiento para amortizar la inversión. Si sólo vendieran energía a la red en las horas en que disponen de la fuente primaria (sol y viento) es evidente que su factor de planta³⁰ es muy bajo (10%-20%) contra cualquier central térmica o hidráulica o nuclear (> 60%). Por ello que el almacenamiento es una manera evidente de ajustar el factor para aplanar la curva temporal de oferta-demanda. Igualmente existe el concepto técnico denominado “reserva de potencia” que es un valor marginal a la potencia nominal instalada que debe reservarse por regulación para fines de estabilizar eventual volatilidad de la demanda. Este valor se establece en alrededor del 5-10% de la capacidad nominal de la potencia de generación. Una de las características de esta reserva es que debe ser entregada, sobre todo las fuentes primarias, en tiempos muy pequeños a la red (<30 seg). O sea, no es posible mantener esta reserva en sistemas de partida lenta (por ejemplo, generadores de emergencia u otras opciones de partida lenta) y en general lo que se hace es subutilizar la central de generación en un porcentaje que simplemente se mantiene pasivo artificialmente o, dicho de otra manera, sobredimensionar la capacidad nominal. Eso es claramente una sobreinversión de capacidad raramente utilizada y con un valor económico evidente. En este caso, es posible y económica rentable el uso de grandes estaciones de baterías (BESS, Battery Energy Storage Systems) que permitan tener esa fuente de generación de rápida reacción y que debería dimensionarse para poder generar esa sobre potencia por un periodo de volatilidad determinado (en todo caso de máximo algunas horas).

²⁹ El punto de quiebre en la decisión es el valor del KWh provisto por la batería versus su CAPEX y su OPEX, en relación con otras soluciones. Una batería se mide por un valor de US\$/KWh, de inversión, pero una vez adquirida se puede usar miles de veces (Ciclos de carga y descarga en su vida útil) por lo que el valor del KWh en la operación es el resultado del costo de la inversión dividido por los ciclos de uso, para determinar el costo del KWh almacenado utilizado. A ello hay que sumarle el valor de los costos de operación.

³⁰ El factor de planta (también llamado factor de capacidad neto o factor de carga) de una [central eléctrica](#) es el [cociente](#) entre la [energía](#) real generada por la [central eléctrica](#) durante un período (generalmente anual) y la energía generada si hubiera trabajado a plena carga durante ese mismo período



Fig. 4.B.1-1 Usos de baterías estacionarias en la red eléctrica (Tesla BESS)

Un ejemplo de ello muy reciente es el BESS de baterías de Litio que instaló la empresa Tesla en Australia con una capacidad de 100 MWh y que reaccionó ante una caída de la red en 120 Milisegundos. Estos ejemplos creemos, serán replicados en el futuro, creciendo gradualmente en el ambiente un tanto hostil a la inversión tecnológica (vs costos) de la electricidad. En todo caso, sólo en términos de comparación de la facilidad de penetración de esta subcategoría, esta mega batería representa unos 2.000 vehículos de la categoría BEV analizada precedentemente. Ahora bien, 2.000 BEV se venden en pocas horas, pero estas centrales se instalan muy ocasionalmente y los clientes son muy pocos, en términos relativos.

Hemos usado como factor de energía potencial el parámetro 100 MWh por unidad para determinar el tamaño energético de demanda de baterías asociado. Hemos considerado como línea base, 2 unidades instaladas el 2017. En todo caso, se puede permitir un nivel de tolerancia mayor considerando el poco impacto en los grandes números que se pretende descubrir en el presente trabajo.

4.B.2 Subcategoría Distribución.

El uso de baterías en la red de distribución es un área incipiente de desarrollo, debido principalmente a los limitados incentivos de las compañías que distribuyen la electricidad de optimizar sus redes. De hecho, en general las tarifas eléctricas son reguladas y a las compañías que distribuyen la energía se les paga por la cantidad de energía transportada a los clientes. Si los clientes consumen mucho, la compañía gana. Si la energía se despilfarra, la compañía gana.

Se menciona esta situación, pues es evidente que hay una falta de optimización en la distribución de energía, debido a la heterogeneidad de la demanda. Es posible pensar que una compañía distribuidora podría comprar energía en horas de baja demanda, a precios más bajos, y transportarla para colocarla en baterías en estaciones cercanas a la demanda, o sea las baterías distribuidas en los postes son clientes virtuales o intermediarios temporales que permiten un beneficio económico de comprar barato y vender caro, en las horas peak.

También, serían centros de respaldo ante eventualidades de eventos de fallas sectoriales.

Estos modelos de negocio hoy día están en fase experimental en algunas compañías y se estudia bastante en ambientes académicos, pero el implementarla masivamente requiere de un factor clave que en general las redes de distribución no disponen, que es la inteligencia computacional en la red y modelos de inteligencia artificial para ir modulando este complejo entramado.

Las baterías para estas soluciones no serían extremadamente grandes, pero la cantidad de unidades podría ser enorme.

En nuestro modelo hemos considerado unidades de 100KWh, suficiente para abastecer unas 80 casas durante un par de horas en hora peak. Hemos comenzado con unas 80 unidades el 2017, cifras estimativas, por cierto, pues como se indicó, son soluciones muy experimentales y requieren de un desarrollo tecnológico estructural sofisticado más una regulación ad-hoc que aún no es implementada en términos masivos.

A pesar de ello, hemos proyectado un crecimiento exponencial a partir del año 2020, una vez madurados los nuevos estándares de smartgrid y las regulaciones correspondientes sean introducidas para la red de distribución. En tal caso hemos estimado que este modelo de uso de baterías podría evolucionar bastante rápido hasta casi 10.000 unidades el año 2025³¹

4.B.3 Subcategoría Demanda

En el lado de la demanda, es el punto donde se aprecia mejor la potencialidad del uso de baterías en la red eléctrica. El uso asociado a optimizar el uso de un panel solar entre la generación y la demanda es provisto como una solución indisoluble y hoy se habla de Paneles fotovoltaicos + storage como una pareja que es una sola solución integral. Lo mismo ocurre con soluciones basadas en energía eólica o soluciones mixtas que contengan ambas fuentes de energía variable integradas.

El tipo de soluciones de la demanda asociada a esta tecnología, se conocen como micro o mini grid más on-grid y off-grid. Ello es la solución de **autoabastecimiento energético** de pequeñas comunidades hasta de un hogar aislado sin conexión a la red (tipo isla) o con conexión a la red, actuando ambas complementariamente. Las soluciones se refieren a

³¹ Este valor estimativo está sujeto a errores muy grandes, puesto que esta tecnología puede evolucionar de manera impensada, en uno u otro sentido. En todo caso, considerando que las unidades de almacenamiento son apenas dos veces las de un BEV, cualquier error, aunque sea un orden de magnitud, no tendrá influencia radical en comparación con los millones de BEV estimados por año.

soluciones de autogeneración basada en energía Solar o Eólica en casi un 99% de los casos³²).

... Las diferencias entre estas categorías es que se refieren al tamaño de la demanda y su concentración geográfica, así como su aislamiento (off-grid) de la red regular de distribución. Desde un hogar aislado en medio de la nada hasta un pequeño poblado o comunidad (edificio) conectado a una red eléctrica, pero que utiliza como respaldo en ciertas horas de punta, autogenerando una base de demanda y con costos mucho menores de operación (on-Grid).

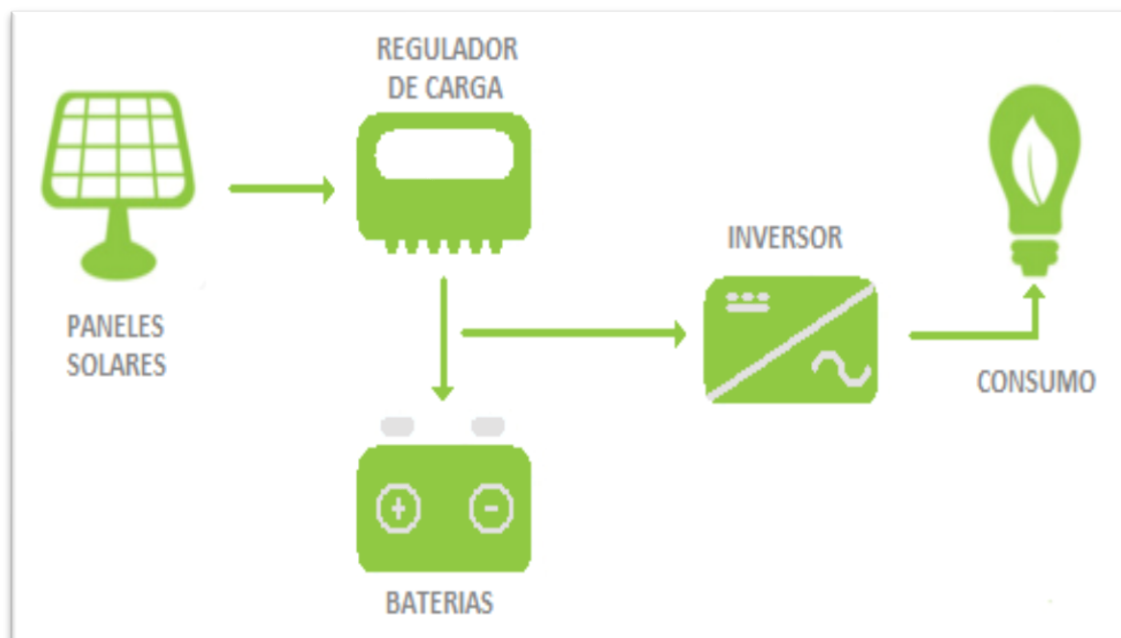


Fig. 4.B.3-1 Clásica solución PV+Storage de hogar

Esta solución que integra una batería es bastante estándar como muestra la figura 4.B.3-1, y por tanto su potencial de crecimiento es enorme, pero ligado a la proyección de paneles solares en techos en el año 2025.

Sin embargo, este es un mercado muy difícil de predecir en estos momentos pues es un mercado extremadamente diversificado, de enorme potencial en términos de demanda, sin muchos datos en la línea base respecto de nuestro objetivo y con predicciones muy disimiles en el tiempo.

³² Existen soluciones asociadas a corrientes de agua, denominadas mini o micro hidro, para autoabastecimiento, pero con un factor de planta mucho mayor, donde prácticamente no se requiere almacenamiento y está acotadas a situaciones geográficas muy acotadas.

... LA SOLUCIÓN BASE

La solución óptima es que cada solución de PV Off - Grid es la de la figura 4.B.3-1, sin embargo, hay que considerar que muchas instalaciones no poseen baterías y, las que poseen, en su gran mayoría no utiliza baterías de Litio por su costo vs las populares y económicas baterías de plomo de ciclo profundo.

También es cierto que las soluciones Off-Grid son en proporción mucho menores que las On-grid ya que la actual penetración de la red eléctrica como servicio público básico, le permite alcanzar parte importante de los territorios nacionales. En el caso de estas soluciones, la batería es soportada virtualmente por la misma red eléctrica, cuyo costo de suplir las horas sin luz es menor que el costo de almacenarlo. Con las regulaciones de venta de excesos a la red, puede ser que el modelo sea generar cuando hay sol para la red y recuperar cuando no hay sol, comprando a la red.

... LAS CIFRAS

La solución Off-Grid de mayor penetración es la desarrollada en los países más pobres de África y Medio Oriente (incluyendo India) para proveer energía limpia, rápida y económica a aquellos que nunca la habían tenido.

En la figura 4.B.3-2, de IEA WEO (2017) muestra cifras de 10 millones (2017) a 70 (2022) millones de unidades PV off -Grid en Países de África SubSahara y Asia países de bajo desarrollo. Sin embargo, la cantidad de GWh asociadas alcanzan unos 3GWh acumulados el año 2022. Ello entrega una cifra unitaria muy pequeña inferior a 0,05 KWh por unidad, o sea 50 Wh por unidad.³³. Esto es financiado con fondos de subsidio y son soluciones muy pequeñas.

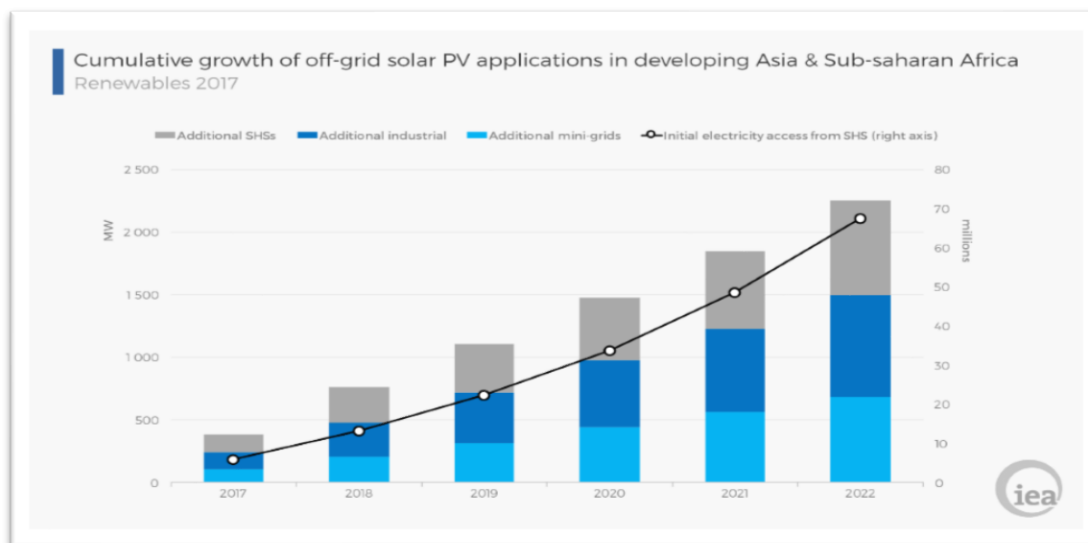


Fig. 4.B.3-2 Crecimiento de demanda de soluciones off-grid en Asia y sub- Sahara

³³ <https://www.iea.org/newsroom/energysnapshots/cumulative-growth-of-off-grid-solar-pv-in-developing-asia-and-sub-saharan-africa.html>

Ello es entendible, puesto que el objetivo es democratizar el acceso a la energía eléctrica, aunque en estados de demanda muy pequeños, pero tener iluminación eléctrica o poder cargar un celular hace la diferencia social.



Fig. 4.B.3-3 Tesla retorna energía en un hospital de niños en Puerto Rico

Curiosamente, (fig. 4.B.3-3) un plan similar, pero en magnitudes muy superiores de impacto comercial, se desarrolla en Puerto Rico, país que no se ha podido recuperar del desastre del huracán María, que impactó la infraestructura eléctrica de la isla en septiembre del año pasado. La empresa TESLA está convirtiendo la recuperación en una oportunidad de abastecer la Isla con paneles solares y baterías como mecanismo alternativo a la lenta reacción de la devastada compañía de electricidad. Es un caso muy importante que seguir, pues representa una escala de solución y demanda que podría tener impactos en nuestras proyecciones.

Es importante tener en cuenta que existen soluciones populares para techos solares en países industrializados, como USA, donde el 2017 se instalaron 12 GW³⁴. Sin embargo, cuántos de estos techos solares poseen una batería de Litio es otra cuestión. Estimamos que, en el año 2017, menos del 1% tiene baterías de Litio asociadas a los techos solares.³⁵

Por último, existe un mercado aún no suficiente explotado, que son las baterías usadas tan solo como respaldo a los hogares. Es eventualmente posible que las compañías distribuidoras de energía los entreguen a los hogares como parte del servicio (en arriendo) a cambio de proveer los niveles de calidad de “*uptime*” exigidos por los reguladores sin invertir tanto dinero en las redes físicas de distribución. Ello implica unidades que entreguen al menos 1 hora de autonomía, o sea unos 10 KWh por unidad. El cambio climático está fomentando este tipo de iniciativas y varias compañías de distribución están

³⁴ <https://www.reuters.com/article/us-usa-solar/u-s-solar-installations-to-fall-more-than-expected-in-2017-idUSKBN1E80GZ>

³⁵ TESLA es dueña de SolarCity, la principal proveedora de paneles solares en USA. La unidad de baterías, opcional al techo solar -Powerwall- agrega unos US\$ 10.000 al costo del panel.

Pronóstico de demanda de aplicaciones dependientes de baterías (BDA), Baterías de Litio (LIB) y Litio (LCE)

contemplando medidas innovadoras para soluciones de emergencias en el caso de siniestros cada vez más frecuentes.

En nuestra opinión, estimamos el valor típico medio de esa unidad para los fines de respaldo y de almacenamiento temporal para paneles fotovoltaico o soluciones eólicas en 15 KWh/ unidad.

Hemos sido pesimistas en base a los datos recopilados de distintas fuentes respecto de la línea base del 2017 la cual estimamos en apenas 18.000 unidades de este tamaño equivalentes. el caso anterior de USA del año 2017, aplicando estas consideraciones los cálculos indican que las baterías de Litio de hogar para complemento de techos solares representarían el año 2017 apenas 8.000 unidades.

Sin embargo, somos optimistas en cuanto a la penetración de esta subcategoría toda vez que a nuestro juicio estamos justo en nivel de entrada de esta industria. Estimamos que una baja de los costos de la batería a menos de US\$ 150/KWh llevaría el costo del KWh almacenado a menos de US\$ 0,15 (considerando una vida útil de 1.000 ciclos) lo cual es muy cercano al valor del KWh comprado a la distribuidora de electricidad. Con ello las soluciones on-grid se hacen muy rentables y son las que creemos tienen la principal opción de crecer, considerando la tasa de penetración de la red eléctrica en los países del mundo. El mercado potencial es enorme y llegaría a cientos de millones de unidades.

Por todo ello pronosticamos un crecimiento de un orden de magnitud al 2020 y un crecimiento exponencial muy acelerado hasta el 2025, llegando a más de 4,5 millones de unidades de baterías de litio para soluciones estacionarias en lado demanda ingresadas en ese año.

4.B-4 RESULTADOS DE LA CATEGORÍA BATERIAS ESTACIONARIAS

Como resultado de la proyección según los criterios mencionados previamente, se obtiene una proyección resumida en el siguiente cuadro:

	register / year (entries)			accumulated Millions on the road >
	2017	2025 e	F:2025/2017	
Number units				aprouch
Generation LIB Sol	3	184	61,3	690
Distribution LIB Sol	80	8.761	109,5	23.559
Demand LIB Sol	20.000	5.184.000	259,2	12.308.000
GWH consumed	1	97	159,6	256
Generation LIB Sol	0	18	61,3	69
Distribution LIB Sol	0	1	109,5	2
Demand LIB Sol	0	78	259,2	185
LCE used in Batteries	450	71.791	159,6	
Generation LIB Sol	222	13.600	61,3	
Distribution LIB Sol	6	648	109,5	
Demand LIB Sol	222	57.542	259,2	

Fig. 4.B.4-1 Comparación datos de línea base (2017) con proyección 2025.

La cantidad de baterías estacionarias para uso en aplicaciones de la red de energía eléctrica, desde la generación hasta la demanda aumentaría desde prácticamente cero en el año 2017 hasta 97 GWh equivalentes que serían instalados el año 2025. Ello repercutirá en la demanda de LCE desde apenas 450 Toneladas el 2017 hasta más de 70.000 toneladas el año 2025, ello concentrado en las aplicaciones Off-Grid y On-Grid en el lado de la demanda de electricidad.

Ello tiene mucho que ver además con la electrificación de los hogares por el uso de dispositivos electrónicos y en parte importante, sería acelerada por el uso de vehículos eléctricos que implicará un “*upgrade*” de los estándares de potencia domiciliar y con ello la posibilidad de sustituir algunas demandas directas de gas u otras fuentes por equipos eléctricos.

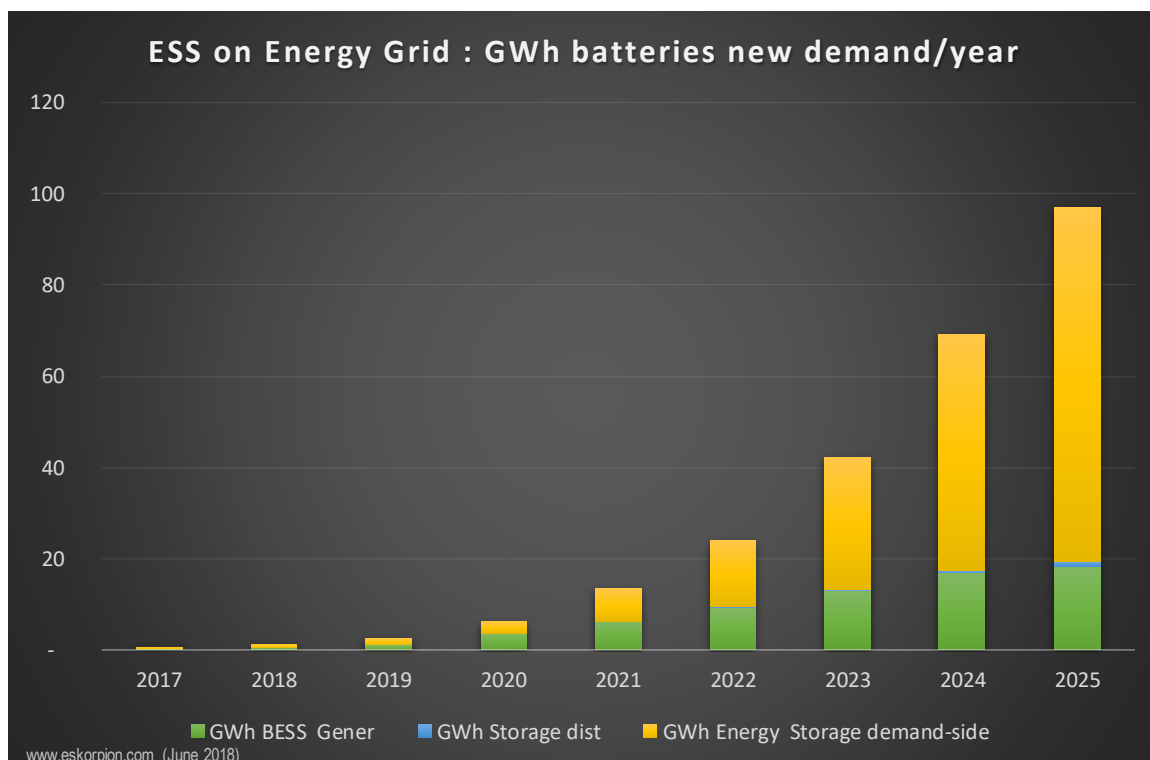


Fig4. B.4-2 Demanda de Baterías LIB para uso estacionario en GWh

En la visión más detallada año a año, recién será relevante esta demanda a partir del año 2020, donde esperamos se iniciará un crecimiento exponencial provocado principalmente por nuevas regulaciones y la masificación de aplicaciones de fuentes variables solares y eólicas a nivel de autogeneración en industrias, hogares y pequeñas comunidades.

El uso de mayor impacto social será el crecimiento de aplicaciones Off-Grid en países de bajo desarrollo y baja penetración de servicios, para incrementar el acceso a la electricidad en las comunidades más pobres, donde aún no llega la red física. Ello en los casos de India y África tendrán un impacto enorme en la calidad de vida para cientos de millones de personas. Sin embargo, esta demanda de alto impacto social no tendrá el mismo efecto en la demanda de baterías, debido a la baja tasa de uso de baterías, particularmente de litio, en estas soluciones de nivel de asistencia primaria.

Estimamos sin embargo que la demanda de autogeneración on-Grid en los países de mayor desarrollo, tendrá cada vez una mayor penetración en la medida que los costos de integrarlas sean rentables para los usuarios. Igualmente, si ellas son cofinanciadas por la compañía de la red de distribución para ser utilizadas como respaldo. La penetración de baterías de Litio en las soluciones de PV on-grid en modo complementario, serán crecientes cuando el costo de una LIB estacionaria para esos fines se acerque a US\$ 150/KWh³⁶.

En términos relativos la demanda relativa de baterías LIB usadas en generación, como reserva de potencia y mejora del factor de planta de granjas eólicas o solares, será superada por los usos en el sector de demanda de energía.

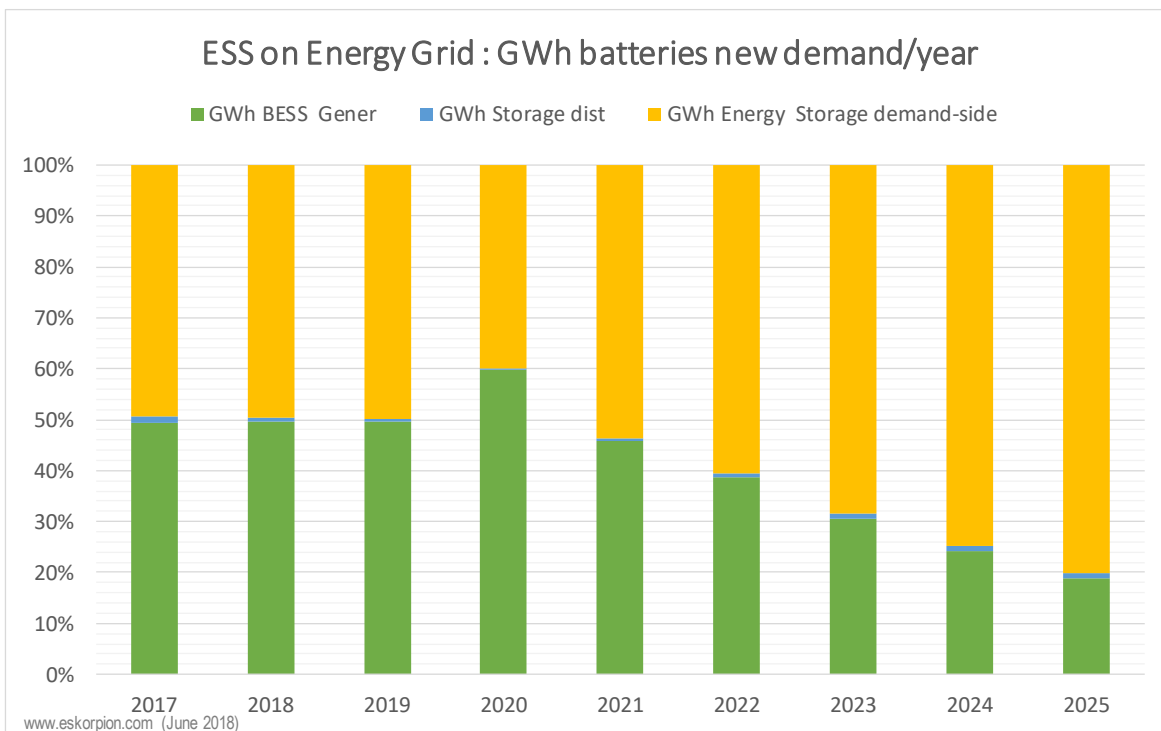


Fig. 4. B.4-3 Proporción de uso de baterías por cada subcategoría de uso de baterías estacionarias

En la figura 4.B.4-3 se muestra gráficamente ese efecto. Es importante destacar el potencial impacto que tendrá en los modelos de negocios de las compañías eléctricas este cambio de paradigma.

Un punto singular que destacar y explicar es la “anomalía” de la gráfica del año 2020, donde hay un salto de la energía en LIB asociada a generación. La razón es que, en nuestro escenario, se supuso un salto cuántico de demanda ese año de BESS para Generación, el que luego crece gradualmente. Sin embargo, en el lado demanda el crecimiento siempre es gradual pero sostenido, debido al nivel de escala del peso de demanda de la solución, por sus unidades de crecimiento

³⁶ Nótese que, en el caso del doble uso, con aporte del distribuidor para un servicio de respaldo, podría llegarse a una solución de doble uso de la LIB, lo que podría hacer llegar al usuario de hogar muy rápidamente al coste de equilibrio mencionado.

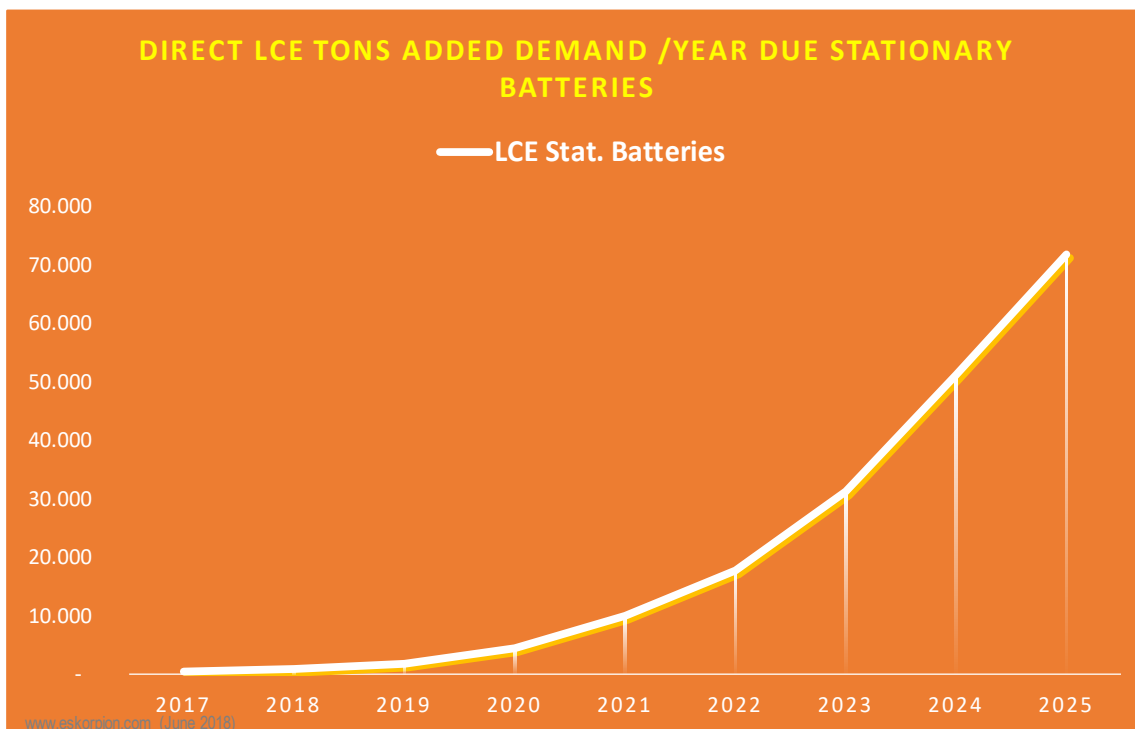


Fig. 4.B.4-4 Demanda de Toneladas de LCE (en Toneladas) por efecto de demanda de baterías estacionarias

Por último, es claramente visible el efecto de crecimiento exponencial a partir del año 2020, donde recién se comenzará a notar el efecto sobre la demanda de Litio. En todo caso, esta demanda será demanda recién emergente y por tanto a diferencia de los dispositivos portátiles que se sustituyen por razones de mercado en forma intensa, esta curva mantiene un crecimiento de la baja base de partida y podría seguir creciendo hasta una década más pues la demanda potencial no satisfecha es extremadamente grande.

4.B.5 ESCENARIOS CONTINGENTES BATERIAS ESTACIONARIAS



CISNES NEGROS

❖ **Eventual sustitución de la batería de Litio por otra tecnología disruptiva**

Ya comentada previamente.

❖ **Soluciones de servicios de almacenamiento centralizado**

Una empresa que provea el servicio de almacenamiento de energía a nivel de varios clientes, independientes de la red de transmisión, podría generar una deformación del mercado de autogeneración. Ello posiblemente sería acompañado de la provisión de energía de autogeneración de pequeñas compañías independientes produciéndose la posibilidad de la competencia en el mercado eléctrico a nivel distribución. Esta visión impensada, ocurrió en el mercado de los monopolios de telecomunicaciones en los años 90 donde nadie se imaginó el escenario actual 28 años después. Hoy las compañías de telecomunicaciones originales ofrecen entretenimiento usando internet y al desaparecer los teléfonos fijos, compiten en una dura guerra por mantener su participación de mercado de la telefonía móvil.

❖ **Impensado uso en la generación de vehículos eléctricos**

Los vehículos eléctricos podrían ser una fuente de “unicornios” de generación y transporte de energía con la ventaja que poseen una fuerte base tecnológica que les permitiría integrar otras aplicaciones.



ACCIONES GEOPOLÍTICAS

❖ **Regulaciones y cambio climático**

Esta categoría es posiblemente la más susceptible de ser influida por decisiones políticas de impacto basal. Los gobiernos tienen claro que hay una tarea pendiente en la modernización de la forma en que se genera y distribuye la energía eléctrica y donde deben fijar tarifas o simplemente hacerse cargo del servicio. La posibilidad que la autogeneración entrega es enorme en términos de impacto social y por tanto deberían introducirse algunos incentivos para que ello se propague.

Es también relevante el efecto que tiene en el cumplimiento de metas de GEI el transferir la iniciativa y la inversión en la transformación de la matriz hacia energías renovables no convencionales a los propios usuarios, incluso con subsidios si fuere necesario.

❖ **La seguridad de la red**

Una de las grandes amenazas con que se enfrenta la humanidad hoy día es la manipulación de software con virus informáticos sofisticados para comprometer sistemas críticos, incluso interviniendo los actuadores y generar daños físicos.

Con el auge de los sistemas electrónicos y las tecnologías de información manipulando las redes de electricidad, de las cuales cada vez más dependen los individuos, la necesidad de garantizar un respaldo de energía en todos los niveles será más necesario.

Un desafío importante de las “Smart-grids” es garantizar una seguridad mucho más compleja que la caída de árboles o atentados físicos a los nodos de las antiguas redes de cables.

La solución de baterías distribuyendo el respaldo a nivel de usuario sería entonces una solución ideal en términos de seguridad y en términos de servicios centralizados de mantenimiento de las redes físicas de distribución y sus múltiples componentes.

DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS PERSONALES



4.C.-CATEGORÍA DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS PERSONALES

En esta categoría se analizan principalmente los dispositivos que son utilizados en forma masiva y que tienen una penetración tal que, aunque su consumo de baterías individualmente es pequeño, su volumen es muy masivo y lo utilizan miles de millones de personas con una tasa de renovación muy alta por el modelo de negocio en que se mueven.

Nos referimos principalmente a los Smartphones y los computadores personales, donde hemos agrupado los Tablet PC y Notebooks.

Existen por supuesto otras categorías incluidas como máquinas fotográficas, baterías de respaldo personal, dispositivos Bluetooth asociados a los principales, E-relojes y en el futuro incluso sensores insertados en la ropa (wearables). Estos últimos no son tan relevantes en términos de penetración ni en términos de uso de energía en baterías.

En todas nuestras proyecciones estimamos un crecimiento anual de la batería unitaria, basada en el aumento natural de la densidad energética de las celdas sumado a un aumento de la energía demandada por el dispositivo. Ello multiplicado por el aumento de las unidades del dispositivo, basado en percepciones de demanda nos determina el aumento de baterías demandadas en GWh.

4.C.1 Subcategoría Smartphones

La evolución de los smartphones se ha sostenido en un modelo de negocios muy singular, donde el diseño y sus características de usabilidad permiten que estos sean renovados frecuentemente por los usuarios, como artículos de moda.

Ello conlleva una tasa de penetración de más de 5.000 millones de unidades en el mundo (2017) ³⁷.

Casi 1.700 millones unidades nuevas se vendieron el año 2017 ³⁸.

... Los smartphones son la cabeza de playa de la evolución tecnológica de la humanidad y también el instrumento de cambio social más revolucionario del que se tenga recuerdos. Sus efectos serán parte de la historia del siglo venidero y las explicaciones de como llegamos hasta acá...

³⁷ <https://www.gsma.com/>

³⁸ Muchas unidades van a la sustitución del modelo anterior, el cual pasa a la reventa lo cual implica una parte de nuevos usuarios, y los más antiguos se dan de baja

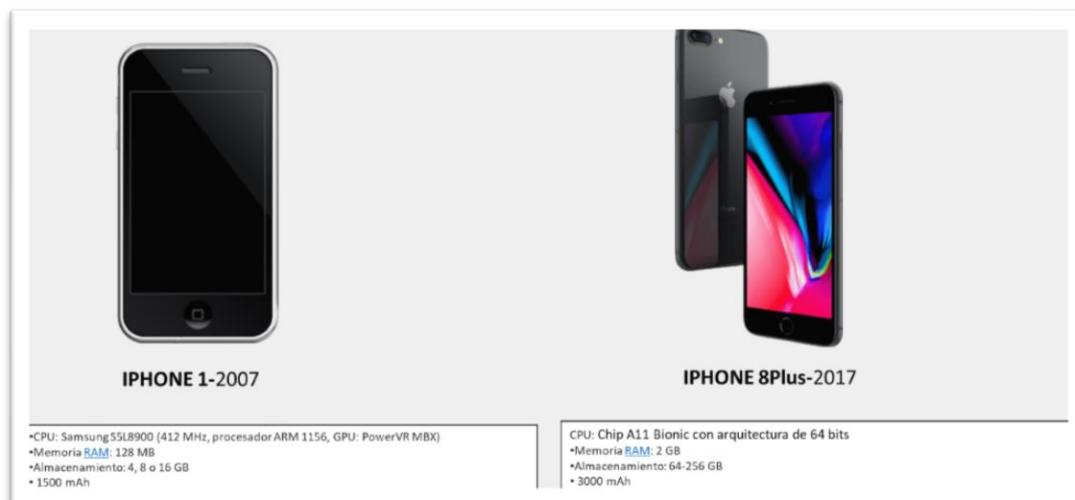


Fig. 4.C.1-1 Ejemplo de evolución de características claves de Smartphones en 10 años.

En nuestro caso es relevante determinar el elemento clave de este estudio relacionado con la batería de Litio.

Si bien los smartphones han evolucionado en términos espectaculares en su performance y prestaciones, aumentando en ordenes de magnitud su velocidad de proceso, memoria RAM y almacenamiento de información, la batería tan sólo ha aumentado el doble de capacidad, desde unos 4,5 Wh hasta 10 Wh³⁹.

Ello ha ocurrido pues los fabricantes han invertido mucho dinero en la eficiencia energética de la electrónica activa y también han sacrificado el tiempo de rango en función de mayores prestaciones y menor costo, debido a la competencia brutal en este segmento, sobre todo con la aparición de los nuevos modelos de China.

En el futuro es posible pensar que los precios unitarios deberían bajar y también el esfuerzo de inversión en desarrollo más prestaciones, que no agregan valor que pueda retornar en utilidades. Es muy posible que haya un enfoque en el software y sistemas operativos, con prestaciones de interacción con el usuario, como traducción simultánea, reconocimiento de voz, inteligencia artificial, interconexión con otros dispositivos (IoT), etc.

Por ello, creemos que si bien el tamaño de la batería no aumentará radicalmente (esperamos lleguen a unos 20 Wh al 2025, por efecto principalmente del aumento de densidad energética de las nuevas químicas en las celdas), pensamos que los nuevos precios, aumentarán razonablemente la tasa de sustitución y marginalmente la tasa de penetración.

³⁹ El voltaje típico de operación es de 3,2 V. Por otro lado, Hay otros equipos de demanda superior en beneficio del tiempo de uso. Algunos llegan hasta 4.500 mAh.

4.C.2 Subcategoría Tablet y Notebooks

Los tablets y notebooks han ido evolucionando en forma dispar. Por un lado, los primeros tablets principalmente estaban dedicados a reemplazar los libros (E-Books) y tenían una pantalla que simulaba el papel.

Posteriormente con la aparición del iPad de Apple, se transformaron en un dispositivo multiuso hasta cumplir las funciones de un computador.

Por otra parte, los notebooks han evolucionado en términos de su liviandad y costo, compitiendo con precios con las tablets.

En efecto, los últimos modelos son una combinación de ambos mundos y se espera que ello tenga un impacto en términos de los usuarios.

El modelo 2018, mostrado en la figura 4.C.2-1, de Microsoft, es un producto de valor relativo de la capa superior, pero es un buen ejemplo de una tendencia que se consolida rápidamente.

Los Tablet y Notebooks tienen una batería que al igual que los smartphones no ha aumentado mucho en su capacidad, sin embargo, el rango de los dispositivos sí ha aumentado mucho, desde un par de horas en el año 2010 hasta más de 8 horas actualmente.

Ello tiene que ver con la eficiencia energética lograda principalmente en el uso de memorias de estado sólido (SSD) en vez de disco duro, que incluía un motor y una lenta transferencia de datos, procesadores más eficientes y pantallas de mayor eficiencia que las originales tecnologías. Si bien esas memorias SSD eran bastante caras en un comienzo, es posible desde ya pronosticar que sustituirán los discos duros en corto plazo con costos similares⁴⁰.

...Los computadores portátiles y las tablets deberán cambiarse de categorías debido a la acelerada fusión que se aprecia en estos dispositivos y que los usuarios valoran muy bien...

⁴⁰ El uso de la nube y los servicios de almacenamiento off- computer, permiten tener memorias de menor capacidad. Ya no es necesario bajar películas de 1-2 Gbytes sino verlas on line.



Fig 4.C.2-1 Notebook (;tablet?) Surface book 2 de Microsoft con 512 G SSD mas 15`

deEl mercado de sustitución de tablets y notebooks, que analizaremos en conjunto por su posible fusión tecnológica, alcanzará unos 300 millones de unidades el año 2017, único dato que referimos del cuadro de IDC inserto en este párrafo.

Personal Computing Device Forecast, 2017-2022 (shipments in millions)					
Product Category	2017 Shipments	2017 Share	2022 Shipments*	2022 Share*	2017-2022 CAGR*
Desktop + DT & Datacenter Workstation	97.8	23.1%	86.0	22.3%	-2.5%
Notebook + Mobile Workstation	161.6	38.2%	162.2	42.1%	0.1%
Detachable Tablet	21.9	5.2%	34.6	9.0%	9.6%
Slate Tablet	141.8	33.5%	102.9	26.7%	-6.2%
Grand Total	423.2	100.0%	385.7	100.0%	-1.8%
Traditional PC	259.4	61.3%	248.3	64.4%	-0.9%
Traditional PC + Detachable	281.3	66.5%	282.9	73.3%	0.1%
Total Tablet (Slate + Detachable)	163.8	38.7%	137.5	35.6%	-3.4%
Source: IDC Worldwide Quarterly Personal Computing Device Tracker, February 28, 2018					
* Forecast data					

Para nuestros efectos, que estamos considerando una batería de 60 Wh, sobredimensionada para los tablets, hemos bajado esa cantidad a 250 millones para compensar el exceso de energía portada en promedio.

Ello tiene como sustento adicional el hecho que entendiendo que los tablets, como tales, desaparecerían y serían sustituidos por las categorías de celulares de gran pantalla, cada vez más populares o por notebooks 2x1, como el de la figura 4.C.2-1.

Proyectamos un crecimiento marginal del 3% anual de unidades, pues es un mercado bastante maduro.

4.C.3 Subcategoría Otros dispositivos portables (Gadgets)



Fig. 4.C.3-1 Otros dispositivos electrónicos portables

En efecto están apareciendo una cantidad de dispositivos de uso personal, desde las tradicionales máquinas digitales hasta una cantidad de dispositivos que se han definido como “wearables”, (de wear: vestir).

Su implicancia en la sociedad podría ser muy grande, sobre todo en la medicina a distancia y personalizada, pero desde nuestro punto de vista, no serían significativos en términos de uso de batería unitario, aunque su potencial mercado y sus costos bajos, permiten predecir una penetración global muy relevante. En todo caso estimamos un impacto de 3 GWh de estos dispositivos el año 2017 llegando a 4 GWh el año 2015.

4.C-4 RESULTADOS DE LA CATEGORÍA DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS PORTABLES

Como resultado de la proyección según los criterios mencionados previamente, se obtiene un criterio de línea base (2017) proyección resumida en el siguiente cuadro:

	Others Portable Devices (base 2017)		
	SPhones	Notes*Table	Others
P(Wh/u)	10	60	
Q (u) Mills	1700	250	
P*Q (GWh)	17	15	3
TOT:GWh	35		

	register / year (entries)			accumulated Millions on the road >
	2017	2025 e	F:2025/2017	
Number units				aprouch
Smartphones (mills)	1.700	2.710	1,6	690
Notes&Tablets (mills)	250	317	1,3	23.559
Others				
GWH consumed	35	91	2,6	256
Smartphones (mills)	17	58	3,4	69
Notes&Tablets (mills)	15	28	1,9	2
Others	3	4	1,5	185
LCE used in Batteries (t)	25.900	67.035	2,6	
Generation LIB Sol	12.580	42.980	3,4	
Distribution LIB Sol	11.100	20.775	1,9	
Demand LIB Sol	2.220	3.280	1,5	

Fig. 4.C.4-1 Comparación datos de línea base (2017) con proyección 2025.

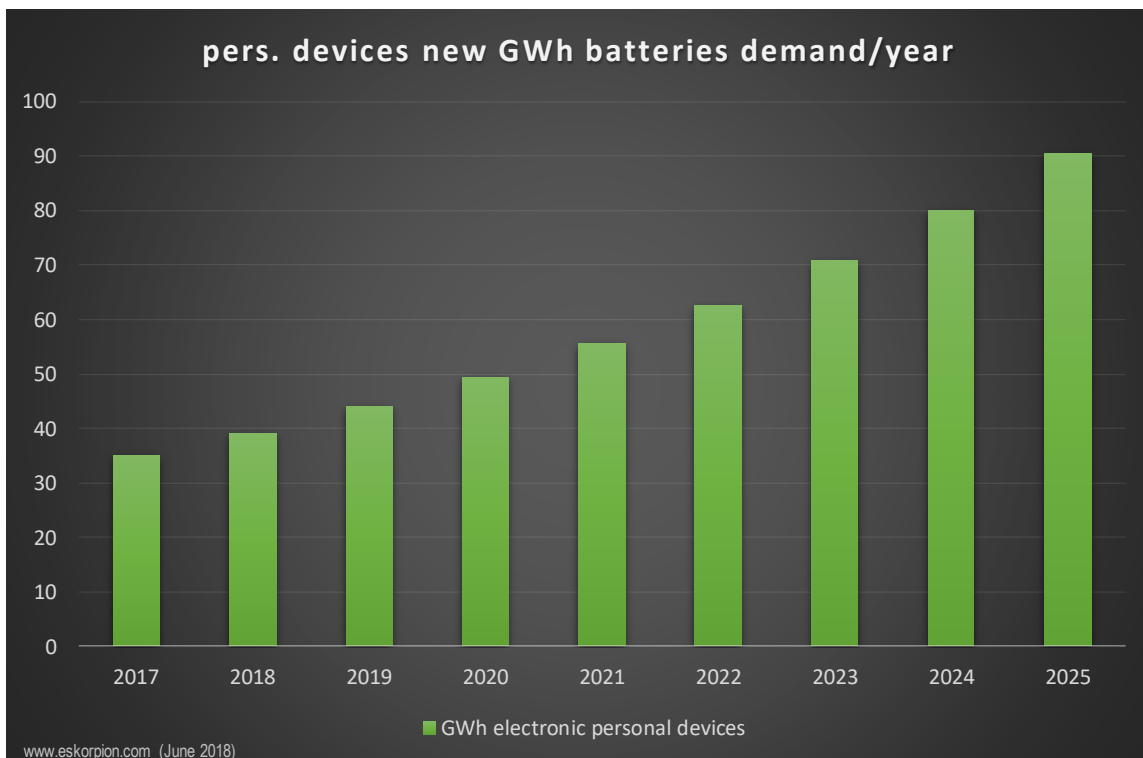


Fig. 4.C.4-2 Demanda de Baterías LIB para uso en “personal electronic devices” en GWh

Se aprecia que el crecimiento de la demanda de GWh por esta subcategoría crece en forma lineal prácticamente, lo que corresponde a un mercado maduro. El crecimiento se debe principalmente a la mayor densidad de las baterías, más que a un crecimiento en la cantidad de unidades de dispositivos vendidos cada año.

...Los denominados: “personal electronic devices”, que hoy representan un componente importante de la demanda de LCE, pasarían a representar una porción menos relevante debido a que estando en plena madurez, su potencial es menor y el mercado ya no crece exponencialmente...

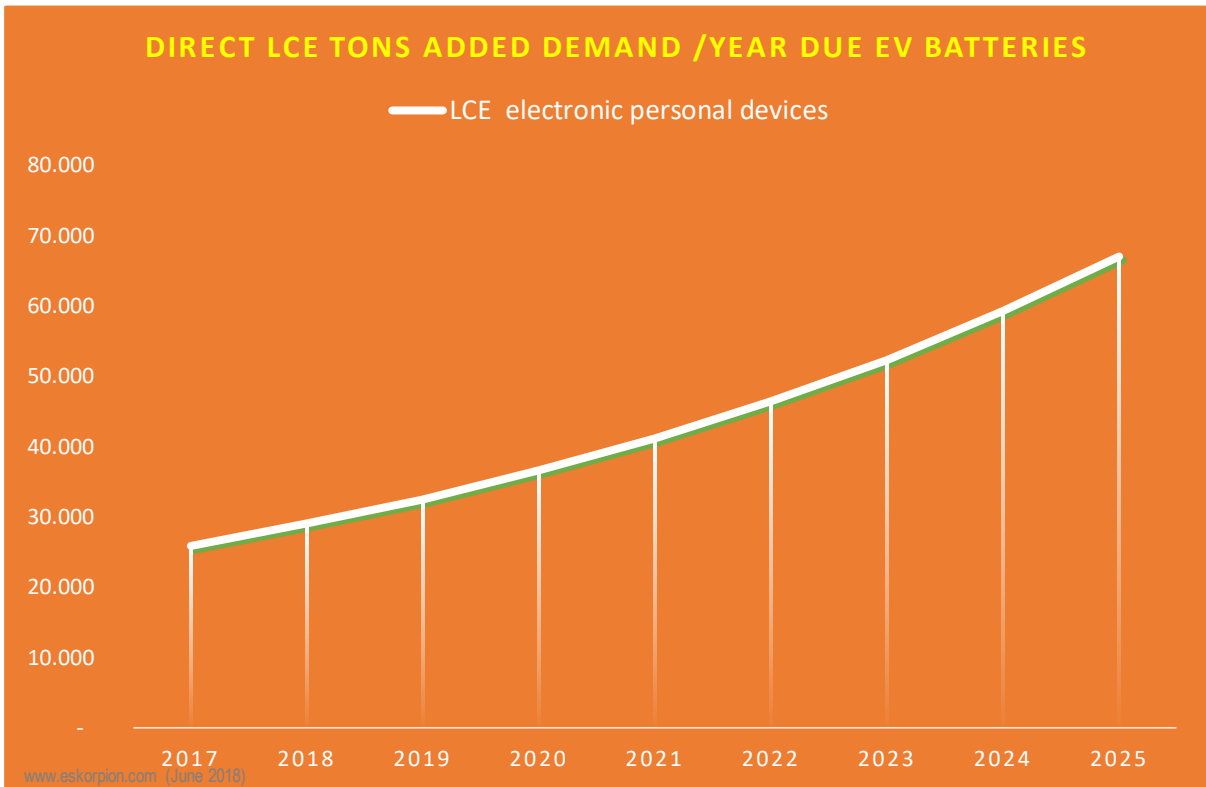


Fig. 4.C.4-3 Demanda de Toneladas de LCE por efecto de demanda de baterías en personal electronics devices.

El efecto de los “*personal electronics devices*” en la demanda de LCE representara un 11% de la demanda versus un 16% de la actualidad.

4.C.5 ESCENARIOS CONTINGENTES PERSONAL ELECTRONICS DEVICES



CISNES NEGROS



ACCIONES GEOPOLÍTICAS

Estos son mercados plagado de cisnes negros desde un inicio, por ello no es pronosticable algún efecto sorprendente en términos del uso de baterías. Igualmente, el mercado de fabricación de estos equipos está concentrado en China y no se visualiza alguna preocupación que amenace con presiones geopolíticas en una deformación del mercado. Ello no descarta alguno de estos fenómenos, pero el autor no logra visualizarlos.

OTRAS APLICACIONES



4.D.-CATEGORÍA OTRAS APLICACIONES



El efecto de la “portabilidad” es un fenómeno creciente en el mundo. Nadie quiere estar físicamente conectado a algo fijo y si bien la tecnología derivada de “IOTA”, Internet, ya ha masificado este concepto en las comunicaciones, el mismo aún está atrapado en las redes de “EPSILON”, Energía.

Las baterías de Litio han provisto esta posibilidad, por lo que existe una tendencia primigenia casi esencial al *insight* del “homo sapiens”, de liberarse de las cadenas y por ello no es tan absurdo suponer que las soluciones “desconectadas” serán parte del futuro de la humanidad. En este capítulo se aprecia esta tendencia, aún muy emergente, pero que creemos en términos casi filosóficos, que se consolidará finalmente. Por ello nuestra pregunta real no es si ello ocurrirá, sino cuando y en que magnitud será esta evolución.

La categoría de otras aplicaciones engloba el resto de los usos de baterías de Litio no clasificadas previamente, pero que suman una demanda importante y creciente. En particular el mercado de las bicicletas eléctricas, las herramientas eléctricas y otros tales como motos eléctricas, drones, vehículos de dos y tres ruedas extremadamente livianas, iluminación de emergencia, baterías para sistemas médicos, sistemas militares, etc.

Muchos de estos productos son emergentes y no existe mucha información de los mercados, ni siquiera de una línea base, por lo que nos hacemos cargo de estimarla, tal como en otros casos similares.

4.D.1 Subcategoría E-Bikes

Las E-bikes nacieron como un precedente del vehículo eléctrico. La solución era técnicamente excelente, en términos que un pequeño motor eléctrico incrustado en una rueda, una batería de Litio pequeña y un pequeño inversor y un control de aceleración, integrado al pedaleo.

La solución nació en China, donde el transporte en vehículos livianos se cuenta por cientos de millones de personas.

El año 2017, se vendieron unos 33 millones de E-bikes, donde el 90% del mercado está en China.



Fig. 4.D.1-1 Ebike

La E-Bike ha tenido una baja penetración en el resto del mundo, a pesar de que el mercado de bicicletas, que naturalmente es el mercado a sustituir, es enorme.

En países de Europa, con una demanda de 21 Millones de bicicletas por año, ⁴¹ apenas un 5% del mercado lo componen las eléctricas.

La aparente principal razón es que los ciclistas visualizan la E-bike como un vehículo de una categoría distinta y el hecho de tener un motor, les hace perder el “sabor” de ejercitarse mientras se transportan, un sentido que implícitamente mueve al ciclista.

Es por ello por lo que no pensamos que las E-Bikes tengan un crecimiento exponencial, aunque lentamente seguirán conquistando el mercado lejano a China, el cual aún tiene una muy baja penetración.

⁴¹ www.conebi.eu/

Una E-Bike posee una batería de unos 0,36 KWh y ello le otorga una autonomía en modo híbrido con pedaleo asistido (pedelec) de unos 20-30 km. Ello es equivalente a la energía almacenada en unos 36 Smartphones.

Como aún el rango es considerado limitado, lo cual en una bicicleta es clave considerando la ansiedad de rango que provoca, es posible prever en poco tiempo un aumento de la autonomía al doble en los próximos años lo cual implica un aumento de la batería, aunque la cantidad de ventas no aumente demasiado.

Ello lleva a que la energía almacenada en las ventas de E-bikes aumente más allá que la venta de unidades, proyectando un aumento entre el 2017 y el 2025 de 1,6 veces la cantidad unidades y 2,4 veces la energía incorporada en la batería.

Es posible además presagiar que las E-bikes evolucionarán a otro tipo de vehículos livianos, lo cual ya está ocurriendo, pero usando el mismo principio y elementos de diseño de una E-bike.

4.D.2 Subcategoría herramientas eléctricas portables

Esta subcategoría es emergente y sólo tuvo sentido con el uso de baterías de Litio. Si bien se venden unos 200 millones de herramientas eléctricas por año, la enorme demanda de energía y potencia dejaba la portabilidad asociada a las ligas menores de herramientas de aficionado. Por ello, las herramientas eléctricas profesionales estaban condenadas a ser alámbricas y conectarse con cables a la red eléctrica para su uso.

En las construcciones en general, la portabilidad genera un gran beneficio, debido a la precariedad de la infraestructura para “enchufar” herramientas, por razones obvias, y a la dificultad de los operarios en flexibilizar su uso debido a las limitaciones del cable conector enchufado. Ello en obras de cientos o miles de operarios, implica un problema con el que se ha convivido hace décadas, desde que se pasó de las herramientas manuales a las eléctricas.

Las baterías de Níquel-Cadmio que usaban (y aún usan masivamente) las herramientas portables, tienen limitaciones por su efecto memoria y la potencia que podían permitirse, al igual que los tiempos de carga eran bastante prolongados (las herramientas en uso industrial se descargan en poco tiempo). Ello las obliga a ser un “nicho” de mercado para usos de amateur o de hogar.

Por ello es por lo que, siendo un mercado propicio para las LIB, la penetración de estas baterías ha crecido bastante, y estimamos que unos 6 millones de unidades se vendieron el año 2017, principalmente como sustitución de las herramientas inalámbricas con baterías de NI-CA en proceso de recambio total ⁴².

⁴² Esta estimación bastante conservadora se basó en el hecho que aún son caras y que sólo un porcentaje menor de herramientas enchufables se convierten en eléctricas. No existe mucha información al respecto y en todo caso es marginal al problema principal de este estudio, el cual admite estos errores.



Fig. 4.D.2-1 Nuevo modelo de uso compartido de LIB en herramientas portátiles (Agr. Bosh)

La unidad de batería para estas prestaciones, según especificaciones, es de unos 180 Wh, la mitad que una E-Bike.

El modelo de comercialización además se ha perfeccionado, separando la batería de la herramienta en modo multiuso, creándose la posibilidad de un mercado paralelo de fabricantes de baterías para herramientas más allá de la marca, el cual está comenzando.

Estimamos un crecimiento exponencial en la demanda, tanto en el crecimiento de unidades nuevas vendidas, llegando a 4 veces la línea base el 2025, como la densidad por batería que estimamos crecerá en un 50% en ese mismo período. El potencial de mercado sigue siendo muy importante y presagiamos una tendencia creciente a la sustitución de las herramientas eléctricas alámbricas por herramientas eléctricas portables.

4.D-4 RESULTADOS DE LA CATEGORÍA OTRAS APLICACIONES

Como resultado de la proyección según los criterios mencionados previamente, se obtiene un criterio de línea base (2017) proyección resumida en el siguiente cuadro:

	Others Devices (base 2017)		
	Ebikes	PT LIB	Others
P(Wh/u)	360	180	
Q (u) Mills	33	6	
P*Q (GWh)	12	1	5
TOT:GWh	18,0		

En término de proyecciones de unidades, energía y toneladas de LCE se resume en este cuadro.

	register / year (entries)		
	2017	2025 e	F:2025/2017
Number units			
Ebikes (millions)	33	53	1,6
LIB Portable Power Tools (millions)	6	25	4,2
Others			
GWH consumed	18	45	2,5
Ebikes	12	28	2,4
LIB Portable Power Tools	1	7	6,2
Others	5	11	2,1
LCE used in Batteries (ton)	13.290	33.619	2,5
Ebikes	8.791	20.702	2,4
LIB Portable Power Tools	799	4.986	6,2
Others	3.700	7.931	2,1

Fig. 4.D.4-1 Comparación datos de línea base (2017) con proyección 2025.

...Las aplicaciones de las baterías de litio en usos que aún no conocemos, son insospechadas. En los últimos 5 años han aparecido gran cantidad de usos, principalmente en sistemas novedosos de transporte y comenzando a aplicarse en usos tradicionales, como las herramientas portátiles.

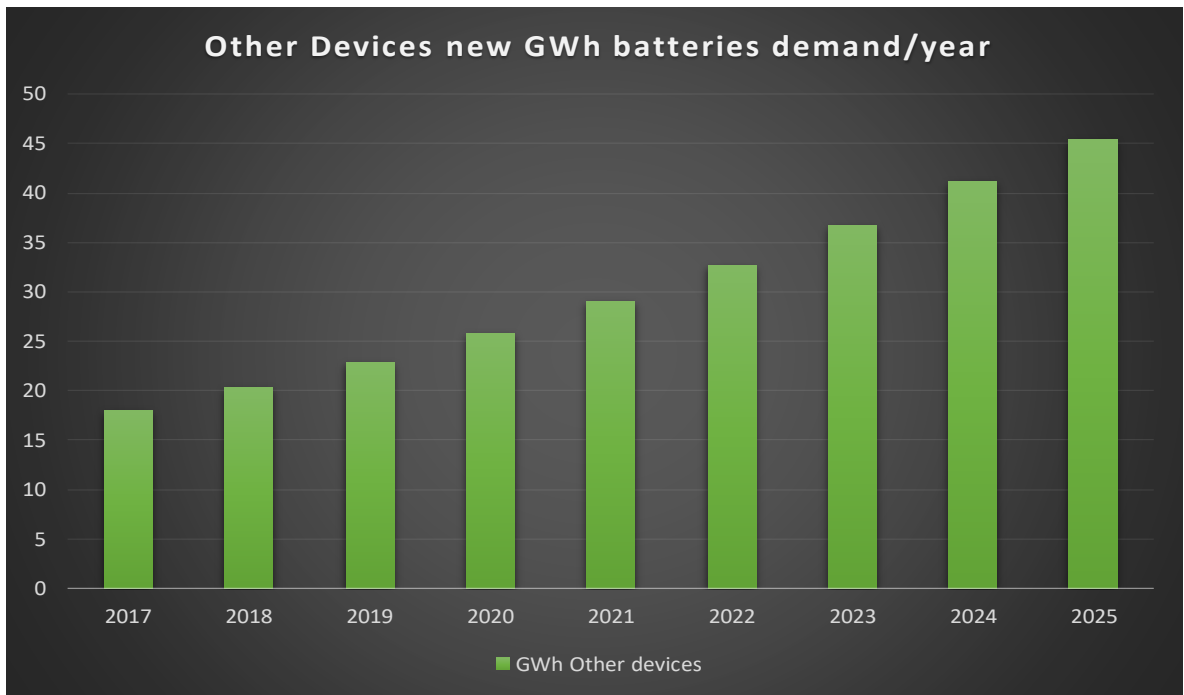


Fig. 4.D.4-2 Demanda de Baterías LIB para uso en "other devices" en GWh

Se aprecia que el crecimiento de la demanda de GWh por esta subcategoría crece en forma exponencial con un factor marginal. En nuestra estimación es producto de nuestras estimaciones prudentes al no tener suficiente información de base.

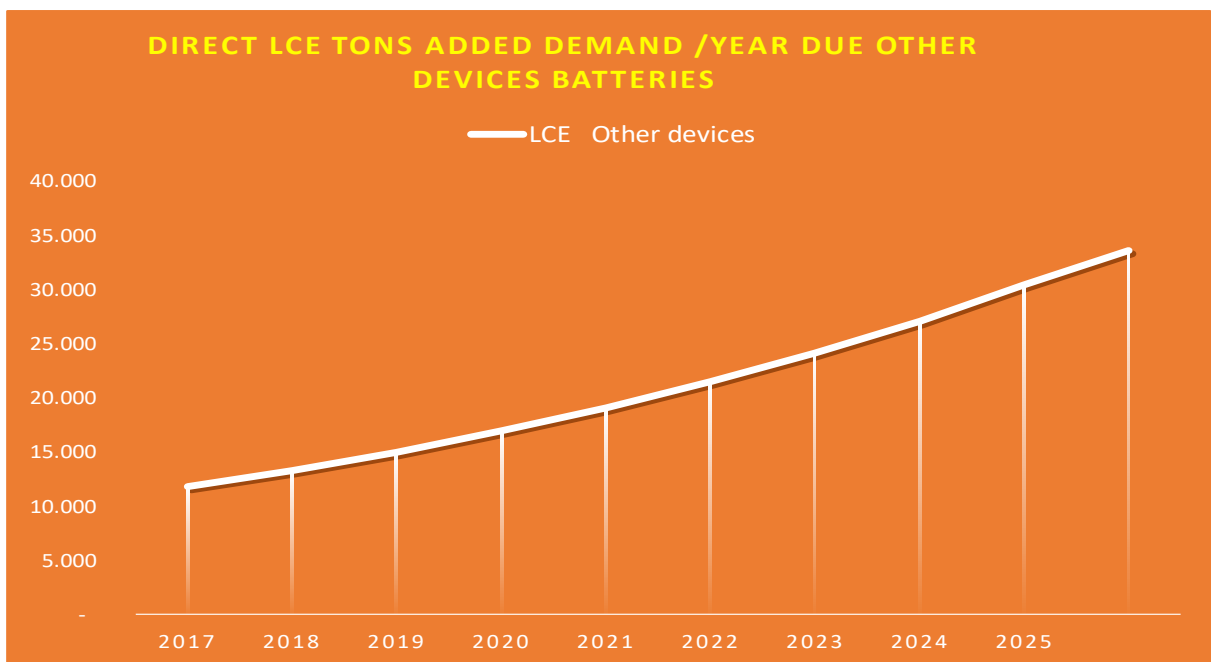


Fig. 4.D.4-3 Demanda de Toneladas de LCE (en Toneladas) por efecto de demanda de baterías en "other devices".

4.D.5 ESCENARIOS CONTINGENTES OTRAS APLICACIONES



CISNES NEGROS

❖ Desarrollo de un medio de transporte inusual en un modelo de negocio global

Hay varios ejemplos de cisnes negros en sistemas de transporte compartido. La aparición de un sistema que satisfaga la necesidad de transporte en la ciudad, cómodo y verde, puede ser un vector significativo para un crecimiento no previsto de esta subcategoría, en la cual sin duda nos esperan muchas sorpresas.



ACCIONES GEOPOLÍTICAS

❖ Redes de transporte y sistemas de emergencia municipales están promoviendo estas aplicaciones

La congestión del transporte y la necesidad de proveer soluciones verdes al mismo genera una oportunidad en estas soluciones que son fáciles de implementar en sistemas de uso compartido. Igualmente, la iluminación de las ciudades, los respaldos de emergencia ante catástrofes, permite prever que habrá algún tipo de intervención de los gobiernos locales en la masificación de estas aplicaciones o la generación de mercados sobre la base de licitaciones de grandes volúmenes.

5.- TASA DE CRECIMIENTO ANUAL COMPUESTO (GAGR)

En todos los casos se aplicó sobre las base una tasa de crecimiento anual variable y paramétrica, es decir, año a año se asumieron escenarios especiales (por ejemplo el 2020 se asumió un 40% de crecimiento en la venta de EV respecto del 2019 debido al efecto “2020” explicado) lo cual estimamos que es un pronóstico más fino y que incluye las circunstancias temporales del estadio de evolución del BDA⁴³ lo cual a su vez depende de los análisis detallados en cada uno de los capítulos y subcapítulos previos.

$$CAGR = \left(\frac{\text{Ending Value}}{\text{Beginning Value}} \right)^{\left(\frac{1}{\# \text{ of years}} \right)} - 1$$

Nuestra metodología está basada en el pronóstico año a año según el escenario basado en el juicio experto. Se consideró un criterio para el crecimiento del P (unidades) y del Q (densidad energética), basados en las líneas base (empíricas 2016-2017), referencia de hace 5 años y fundamentos expertos. **No** apuntamos a un objetivo de tendencia basado en alguna referencia. **No** reajustamos posteriormente las tasas anuales para ajustar dicho objetivo.

A modo de referencia se entregan en el cuadro siguiente, las tasas promedio de crecimiento anual compuesto (GAGR 2017-2025) calculadas ex -post la aplicación del criterio previo.

Es evidente que esta metodología implica que las tasas GAGR pueden variar relevantemente dependiendo el subperiodo y las tendencias que se desee analizar.

Como muchas son BDA emergentes, las tasas pueden aparecer altas, pero hay que considerar el potencial de mercado y el nivel de penetración, así también efectos colaterales, como el aumento implícito de densidad energética de batería por desarrollo industrial y tecnológico de esta industria.

		2017-2025		2017-2020	
		GARG 1		GARG 3	
units	Tot	Nro EV (ref a base bev)	29%		39%
	sc	PHEV-100	-100%		
	sc	BEV	37%		
	sc	E-Buses	22%		
GWh	sc	GWh PHEV	-100%		
	sc	GWh BEV	37%		
	sc	GWh Ebuses	22%		
	Tot	GWh EV	30%		41%
units	sc	BESS Gener	67%		
	sc	Storage dist	80%		
	sc	Energy Storage demand-side	100%		
GWh	sc	GWh BESS Gener	67%		
	sc	GWh Storage dist	80%		
	sc	GWh Energy Storage demand-side	100%		
	Tot	GWh stationary battery demand	89%		115%
GWh	sc	GWh electronic personal devices	13%		
	sc	GWh Other devices	12%		
	Tot	GWh totales	26%		31%
LCE Ton	sc	LCE EV	30%		
	sc	LCE Stat. Batteries	89%		
	sc	LCE electronic personal devices	13%		
	sc	LCE Other devices	12%		
Tot	Lithium Carbonate equivalent (LCE) Ton	18%		17%	

Tabla 5.0 GAGR 2107-2025 y 2020-2025

⁴³ BDA: Battery-dependent appliances, como por ej. - Electric Vehicles, Smartphones, PV solar installations, etc