

# ENERGÍA SIN CABLES Y SU APLICACIÓN PARA DEFENSA

Rafael GALLEGO NARANJO



TRO viernes, de camino de vuelta a casa desde San Fernando, el capitán de Infantería de Marina Javier Jiménez se dio cuenta de que su nuevo *smartphone* estaba bajo de batería una vez más. Su pantalla de alta definición y sus múltiples aplicaciones, activadas y corriendo (GPS, *bluetooth* y *wifi/4G*), conspiraron al unísono para absorber lo que quedaba de batería. Sin mirar, y con la desesperación que causa hoy en día el depender tanto de las nuevas tecnologías, Javier deja caer su teléfono en el hueco diseñado como portabebidas en la consola central de su coche. Escondido varios centímetros por debajo de esta, una fuente de energía inalámbrica detecta la presencia del teléfono y le pregunta si su electrónica está habilitada para cargarse de la fuente eléctrica inalámbrica integrada en su coche. El teléfono le da una

respuesta afirmativa, validándose y se configura automáticamente para recibir su transferencia de carga eléctrica de la fuente de energía resonante inalámbrica del propio coche. Debajo de la consola, el dispositivo electrónico que controla la fuente de inducción electromagnética resonante se enciende y comienzan la carga del teléfono sin cables, sin necesidad de un enchufe en la consola, cable, conectores específicos o una precisa colocación del teléfono para su carga. Javier aliviado cuando escucha el *bip* de recarga, se relaja y centra su atención en la carretera que le lleva a casa con su familia.

Después de salir de la autovía, Javier se sorprende al ver cómo el precio de la gasolina ha subido más de 30 céntimos por litro, ya que han pasado varios meses desde la última vez que había llenado el depósito de su nuevo coche, un vehículo híbrido con carga eléctrica inalámbrica. Desde la instalación de cargadores inalámbricos de 3,3 kW en el garaje de casa y en las plazas de aparcamiento del *parking* del Cuartel General de la FIM, la batería que

alimenta el motor eléctrico de tracción de su coche amanece totalmente cargada antes de ir al trabajo por las mañanas y todas las tardes al término de la jornada laboral cuando se dispone a efectuar el viaje de vuelta a casa.

Una vez en casa, Javier mete su coche silenciosamente en el garaje. La electrónica del coche comunica al control electrónico del cargador inalámbrico de su garaje el estado de la batería. Automáticamente, y tras recibir el diagnóstico de baja potencia, los sensores en la alfombra de carga, instalada en el suelo justo debajo del coche, inician la carga a través de la fuente de energía resonante inalámbrica desde dicha alfombra al sensor instalado en la parte baja del coche. Javier lo único que hace fue aparcar su coche como siempre; sin embargo, el cargador resonante valida el aparcamiento como óptimo para comenzar la carga inalámbrica, sin complicados procesos de aparcamiento específicos, evitando, por supuesto, el enchufar cualquier tipo de cable.

Javier sonríe al darse cuenta con alivio de que aquellas preocupaciones domésticas de recargar estos necesarios dispositivos de alta tecnología —su *smartphone* y su coche híbrido— forman parte del pasado. La transferencia de energía inalámbrica es una realidad hoy en día también en el ámbito civil. Todo ello le recuerda aquellas misiones encubiertas cuando estaba destinado en la FGNE y cómo la implementación de estas tecnologías, entonces experimentales, habían reducido el peso de su equipamiento electrónico en más de cinco kilos. El cambio fue muy agradecido ya que, aplicando la carga inalámbrica a través de una única fuente de energía sin cables que tenía en su chaleco antifragmentación, alimentaba a su GPS, NVG, equipos radio, visor de su arma e incluso la linterna de su casco, sin cables y sin preocuparse de si tendría suficiente carga en sus dispositivos para concluir la misión.

Aunque esta historia es ficticia y Javier Jiménez no es real, la tecnología de transferencia de energía inalámbrica descrita es una realidad, y a continuación se van a descubrir los avances alcanzados hasta el momento.

## **Introducción. Antecedentes y momento actual**

Seamos sinceros, a menos que seamos particularmente organizados, la mayoría tenemos un cajón, o similar, lleno de cargadores de todos los dispositivos electrónicos de estas «nuevas tecnologías», con sus cables enredados unos con otros. Al final, lo que todos hacemos es tirar de aquel que creemos que es el que necesitamos, rezando al mismo tiempo para que la maraña que se genere no sea del todo insalvable.

Estos son los pequeños detalles que empañan la imparable revolución de las nuevas tecnologías en el caso particular de la alimentación eléctrica de los diferentes dispositivos. En teoría están ahí para hacer más fácil nuestras vidas, pero el proceso, en ocasiones, no es tan bonito como lo pintan.

Por estas razones particulares, aunado al ímpetu continuo de la evolución tecnológica, los científicos intentan desarrollar formas de transmisión de energía inalámbrica que puedan ayudar a disminuir este peculiar pero cotidiano desorden, conduciéndonos hacia fuentes de electricidad libres de estas marañas de cable. Aunque la idea puede sonar futurista, no estamos hablando aquí de algo de nueva invención. El ingeniero y visionario Nikola Tesla (1) había propuesto ya teorías de transmisión de energía sin conductores de cobre a finales del siglo XIX y principios del XX, siendo espectaculares las demostraciones en su estación experimental de Colorado Springs, en las que era capaz de energizar bombillas comunes de forma remota a varios metros de distancia.

El trabajo de Tesla ha sido corroborado por la comunidad científica como impresionante, pero sus conclusiones no le llevaron inmediatamente a generalizar métodos prácticos para la transmisión de energía sin conductores físicos. Desde entonces, los investigadores han desarrollado varias técnicas para trasladar electricidad a largas distancias sin necesidad de cables. Algunas existen solamente como teorías o prototipos, pero otras ya están en uso en la actualidad. Así, los usuarios de cepillos de dientes eléctricos, por ejemplo, pueden confirmar que son partícipes cada día de las maravillosas ventajas de esta tecnología. Este accesorio de uso doméstico tiene implementado un método de transferencia de electricidad a través de acoplamiento inductivo sencillo, cuyo concepto será el punto de partida para explicar los métodos en desarrollo para la transferencia de energía sin cables a corta distancia.

## Fundamentos de la energía sin cables

### *Conceptos básicos de esta tecnología*

La mayoría de los enfoques para hacer realidad esta tecnología hacen uso práctico de campos electromagnéticos (EM) de cierta frecuencia como el medio a través del cual se transfiere la energía. En la parte más alta del espectro de frecuencias, son las técnicas ópticas las que implementan el uso de

---

(1) Nikola Tesla fue un inventor, ingeniero mecánico, ingeniero electricista y físico de origen serbio y el promotor más importante del nacimiento de la electricidad comercial. Se le conoce, sobre todo, por sus numerosas y revolucionarias invenciones en el campo del electromagnetismo, desarrolladas a finales del siglo XIX y principios del XX. Las patentes de Tesla y su trabajo teórico formaron las bases de los sistemas modernos de potencia eléctrica por corriente alterna, incluyendo el sistema polifásico de distribución eléctrica y el motor de corriente alterna. Tras su demostración de la comunicación inalámbrica por medio de ondas de radio en 1894, fue ampliamente reconocido como uno de los más grandes ingenieros electricistas de todos los tiempos. Su personalidad excéntrica y sus afirmaciones aparentemente increíbles acerca del futuro de las innovaciones científicas y tecnológicas lo hicieron ser considerado un científico loco, falleciendo pobre y triste a los 86 años de edad.

rayos láser para enviar energía a través de un haz colimado de luz a un detector remoto, donde los fotones recibidos se convierten en energía eléctrica final. Sin lugar a dudas, este es un método eficiente de transmisión a grandes distancias de forma teórica; sin embargo, en la práctica, exige complicados mecanismos de apuntamiento y seguimiento para mantener una alineación correcta entre los movimientos de los transmisores y receptores. Además, hemos de tener en cuenta que son procedimientos de «rayo directo», y salvar los objetos que se interpongan entre el transmisor y receptor y que interrumpen la transmisión de energía es todavía un reto en estudio, y también los potenciales daños de esta irradiación interrumpida.

De igual manera, para frecuencias de microondas, se puede vislumbrar un planteamiento similar de transmisión eficiente de energía a grandes distancias usando el campo EM irradiado desde antenas apropiadas. No obstante, estos métodos de irradiación requieren similares consideraciones de seguridad y complejidad del sistema.

También es posible transmitir energía sin cables con métodos considerados de «no radiación»: volvemos a nuestro ejemplo del cepillo de dientes eléctrico. La operación de un transformador puede considerarse como una forma de transferencia de energía inalámbrica, ya que utiliza el principio de inducción magnética para transferir energía de una bobina primaria a una secundaria sin una conexión eléctrica directa. Si a este sistema de inducción de corriente le introducimos las propiedades de la resonancia, conseguimos un método de transferencia inalámbrica de electricidad a través de la inducción por campos EM a media distancia (varios metros).

## **Energía sin cables a media distancia**

### *Acoplamiento inductivo*

El acoplamiento inductivo utiliza los campos magnéticos que genera la corriente de forma natural en su movimiento a través de cables conductores. Una corriente eléctrica a través de un conductor crea un campo magnético circular alrededor del mismo. Si disponemos este conductor de forma espiral a modo de bobina amplifica el campo magnético. Además, cuantos más bucles y más cercanos estén entre sí hacen que el campo magnético generado sea más estable e intenso.

Si disponemos de una segunda bobina, semejante a la primera, anexa al campo magnético inicialmente generado, este induce una corriente en el cable dispuesto como segunda bobina.

Es así cómo funciona básicamente un transformador, y cómo se recarga nuestro cepillo de dientes eléctrico. Este proceso consta de tres sencillos pasos:

- La corriente eléctrica del enchufe doméstico fluye a través de una bobina dentro del cargador, creando un campo magnético. En un transformador, esta bobina se llama bobina primaria (fuente).
- Cuando se coloca el cepillo de dientes en el cargador, el campo magnético induce una corriente en la otra bobina, o secundaria (dispositivo), que se conecta a la batería.
- Esta corriente inducida en el secundario recarga la batería.

Estos sencillos pasos están definidos para un único dispositivo, pero los avances técnicos permiten que se pueda utilizar este mismo principio para cargar varios dispositivos al mismo tiempo. Así, existen tapetes patentados (2) que utilizan bobinas para crear un campo magnético y enlazan con dispositivos electrónicos que utilizan receptores con bobinas compatibles (incorporados o *plug-in*) para recargar sus baterías mientras descansan en estos «tapetes de recarga».



Tapete de recarga inalámbrico.

### *Resonancia y electricidad inalámbrica*

Los dispositivos domésticos producen campos magnéticos relativamente pequeños. Por esta razón, los cargadores que actúan proporcionando corrientes inducidas tienen que mantenerse a la distancia necesaria (acoplamiento) para que la carga sea eficiente. Un campo más grande e intenso podría inducir esta electricidad desde más lejos, pero el proceso sería extremadamente ineficiente, puesto que las líneas del campo magnético se dispersarían en todas las direcciones, resultando en una pérdida muy elevada de energía.

Estudios por investigadores del MIT (3) descubrieron una manera eficaz de transferencia de energía entre las bobinas separadas varios metros. Así, se teorizó que se podría ampliar la distancia entre las bobinas mediante la adición de la *resonancia* en la ecuación.

(2) *Splashpower recharging mat* y el *Edison Electric Powerdesk*.

(3) MIT. *Massachusetts Institute of Technology*.

Una buena forma de entender la resonancia es pensar en términos de sonido. La estructura física de un objeto —como el tamaño y forma de una trompeta— determina la frecuencia en que vibra de forma natural. Esta es la que se define como frecuencia resonante. De esta manera, es fácil hacer que objetos vibren a su frecuencia resonante y difícil conseguir que vibren a otras frecuencias. Por esta razón si tocamos una trompeta en las inmediaciones de otra trompeta se consigue que esta última comience a vibrar, confirmándose que ambas tienen la misma frecuencia resonante.

Los estudios demuestran que en la inducción de campos EM alrededor de bobinas resonantes a la misma frecuencia estas se comportan de forma semejante. Para hacer resonar las bobinas se introdujo una placa capacitiva en sus extremos. La electricidad viaja a través de la bobina y comienza a resonar debido a esta placa, siendo su frecuencia resonante el producto de la inductancia de la bobina y la capacitancia de las placas.

En este proyecto de energía inalámbrica se utilizó una bobina en espiral curvada y placas capacitivas. Al igual que con el cepillo de dientes eléctrico, este sistema se basa en dos bobinas. La electricidad, viajando en una onda EM inducida, puede ser canalizada desde una bobina (primario) a la otra (secundario) siempre y cuando ambas estén vibrando a la misma frecuencia resonante. El proceso se materializa de forma que si ambas bobinas están fuera del alcance una de la otra, nada pasaría, ya que las líneas del campo magnético del primario no serían lo suficientemente fuertes para inducir corriente en el secundario. Del mismo modo, si las dos bobinas resuenan en diferentes

frecuencias, nada sucederá. Pero si ambas bobinas resuenan con la misma frecuencia a una distancia adecuada (varios metros), la corriente de energía de la bobina fuente llegará a la bobina dispositivo. Según esta teoría, una bobina incluso puede enviar electricidad a varias bobinas receptoras, mientras que todos los secundarios resuenan a la misma frecuencia.

Así, el trabajo preliminar del equipo MIT sugiere que este tipo de configuración podría recargar no solo dispositivos relativamente cercanos (en una habitación o varias habitaciones de una vivienda,



Transferencia de energía resonante inalámbrica.

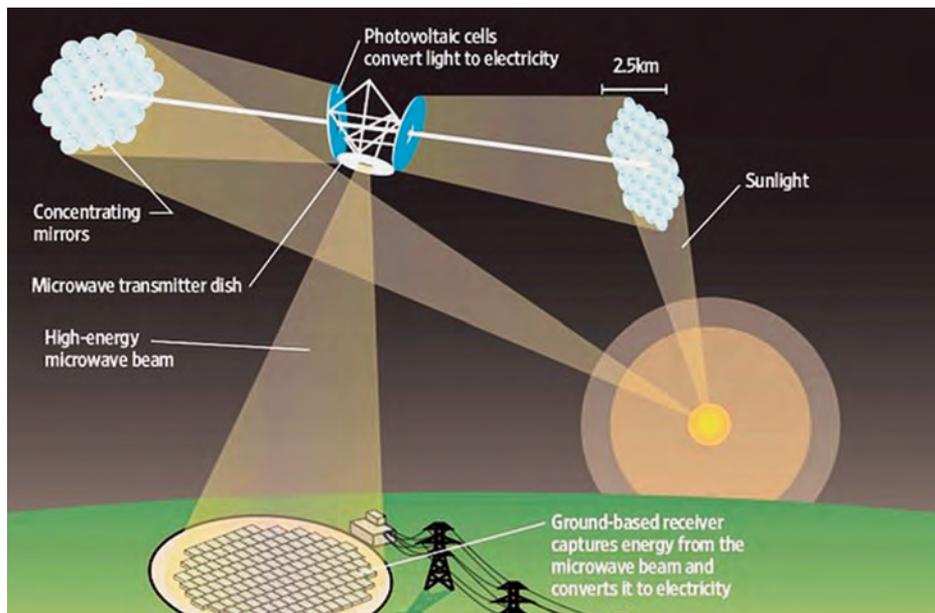
por ejemplo), sino que con modificaciones adecuadas se podrá enviar energía a largas distancias, como a todas las plantas de uno o varios edificios en una ciudad.

## Energía sin cables a larga distancia

Considerando la resonancia o no, la inducción EM alcanza distancias relativamente cortas si lo que realmente ambicionamos es el traslado de energía sin cables a cientos kilómetros de distancia. Entre los métodos en desarrollo existen dos con resultados relativamente eficientes: *microondas* y *rayo láser*.

### Método de microondas

La transmisión de energía mediante ondas de radio puede hacerse más direccional, alcanzando mayores distancias de energía radiante, con el uso de radiación de onda corta, en el rango de las microondas. Una antena rectificadora (rectenna) puede utilizarse para convertir de nuevo la energía emitida por



Transferencia a larga distancia. Método de microondas.

microondas en electricidad, con resultados de eficiencia práctica de conversión superiores al 95 por 100 en la antena.

La energía radiante por microondas tiene, sin embargo, la problemática de la necesidad de voluminosas antenas transmisoras y receptoras debido a los límites de difracción a la hora de aplicar la direccionalidad a distancias kilométricas. Algunos proyectos que pretenden recibir energía de «estaciones solares satelitales» usando este método requieren una antena transmisora de un kilómetro de diámetro y una receptora de 10 km para un haz de microondas en 2,45 GHz. Estos tamaños pueden ser reducidos acortando la longitud de onda, aunque esta medida hace que exista el riesgo de bloqueo por absorción debido a la lluvia y/o condensación de agua (nubosidad densa).

En definitiva, aunque con altos porcentajes de eficiencia, este método está aún en desarrollo debido a las implicaciones de aparatosos sistemas para su implementación. Además, aunque está dentro de los límites de seguridad, la opinión pública se resistiría a la idea de ser constantemente bañada en microondas desde el espacio, aunque el riesgo sería relativamente bajo.

### *Método de rayo láser*

En el caso de las radiaciones EM más cerca de la región visible del espectro, la energía puede transmitirse a través de un rayo láser apuntado a una célula fotovoltaica, la que la convertiría en electricidad. Este mecanismo se conoce generalmente como «energía radiante», porque la energía es transferida a un receptor puntual que puede convertir la luz del láser en energía eléctrica. En una comparativa con los otros métodos cabe señalar:

- El láser colimado permite la transmisión con haz estrecho a muy largas distancias, reduciendo los sistemas de transmisión y recepción.
- Los tamaños compactos de los láseres de estado sólido se ajustan a pequeños productos.
- Debido a la banda en la que trabajan, se anula cualquier tipo de interferencia con las comunicaciones existentes, tales como *wifi* o telefonía móvil 3G/4G.
- Control de acceso definido: solo los receptores apuntados recibirán la energía.

A su vez este método cuenta con ciertos inconvenientes en su desarrollo:

- La radiación láser tiene sus riesgos. A niveles bajos de potencia puede cegar a seres humanos y otros animales, y a altos niveles de potencia pueden matar por calentamiento en un punto focalizado.
- La conversión de luz a electricidad es poco eficiente. La conversión en

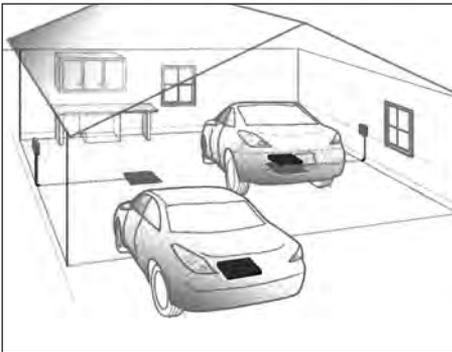
- las células fotovoltaicas alcanza entre 40/50 por 100 de eficiencia.
- La absorción atmosférica y la absorción y dispersión de nubes, niebla, lluvia, etc., provocan pérdidas de hasta 100 por 100.
- Rayo directo: requiere una línea de visión directa con el objetivo.

## Aplicaciones prácticas y desarrollos

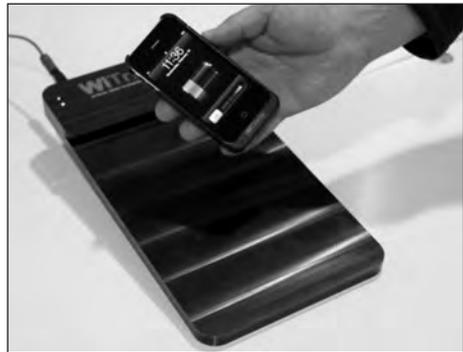
### *Desarrollos en el campo de batalla*

La transferencia de energía a media distancia basada en *fuentes de energía resonante inalámbrica* ha concluido en proyectos ya patentados —como los «tapetes de recarga»— o en desarrollos con visos de ser comercializados en el mercado próximamente.

A día de hoy WiTricity Corp. (4) es la compañía más avanzada en los desarrollos de esta tecnología, presentando a primeros de año el primer sistema mundial de carga inalámbrica para dispositivos de consumo, tales como el iPhone 5. Implementando el método de transferencia de energía sin cables a media distancia, han demostrado la capacidad de cargar dispositivos electrónicos a varios metros y de diferentes requerimientos de potencia (desde algunos mW hasta kW). A su vez, han sido capaces de superar la disyuntiva del «rayo directo» de otros métodos, ya que han conseguido transferir energía a través de una variedad de materiales «magnéticamente transparentes», tales como madera, granito, plástico y vidrio; además de conducir la líneas de campo magnético «envolviendo» objetos metálicos con el fin de transferir la energía.



Alfombras de recarga inalámbrica.



Sistema mundial de carga inalámbrica para dispositivos de consumo.

(4) [www.witricity.com](http://www.witricity.com).

Un dato que constata el éxito de esta compañía es que el fabricante de automóviles japonés Toyota ha firmado acuerdos para beneficiarse de la propiedad intelectual de WiTricity Corp. para así poder cargar sus vehículos eléctricos e híbridos a través de la alfombra de carga inalámbrica instalada en el suelo de garajes y plazas de aparcamiento.

Hoy en día los soldados en el «campo de batalla» —bien sea un equipo de la UGNE, bien un trozo de visita y registro, cualquier unidad de reconocimiento de Infantería o incluso FP a bordo— se estima que cargan de dos a cinco kilogramos de peso solo en baterías de sus equipos, y este peso tiende a aumentar con periféricos extras a los esenciales. Bien es cierto que el avance técnico hace que las baterías disminuyan en tamaño y peso, pero el ratio energía-peso tiende a disminuir su eficiencia.

Una solución inalámbrica proporcionaría los beneficios de una mayor eficiencia energética y peso, sin reducir la flexibilidad de las misiones. En 2011, la agencia americana DARPA (5) anunció que pretendía implementar centros de carga inalámbricas en las áreas de operaciones. La idea es proveer de una fuente de alimentación única, separada físicamente de aquellos dispositivos a dar servicio y poder cargar varios de ellos simultáneamente. También hablaríamos de una pila/batería de alta capacidad energética que sería portada por un único soldado y que alimentaría al resto de su equipo hasta una distancia de cinco metros sin necesidad de cables. Podríamos hablar de conceptos similares si equipamos vehículos (*VAMTAC*, *Piraña*) con estas *fuentes de energía resonante inalámbrica* y que aquellos individuos que estén a suficiente proximidad de los mismos recarguen sus baterías de forma involuntaria.

Para lograr estos objetivos, el Ejército (Army) de Estados Unidos, desde 2012 ha destinado anualmente del orden de cinco o seis millones de dólares para avanzar en estas tecnologías.

### *Desarrollos a bordo de buques*

De igual manera, y con los mismos desarrollos conceptuales, este método podría ser igualmente implementado a bordo de buques. Instalar una o varias *fuentes de energía resonante inalámbrica* en distintas secciones y/o cubiertas de un buque, según su porte, ahorraría cableado de alimentación de infinidad de equipamiento dispuesto en todos y cada uno de los compartimientos del buque. En mi opinión, la realización de estudios de viabilidad a bordo de buques (I + D + i) en este área sería muy interesante pues, a día de hoy, existe numeroso equipamiento y dispositivos que dependen de la carga de baterías constantemente, e implementar esta tecnología aseguraría la portabilidad y

---

(5) DARPA. *Defense Advanced Research Projects Agency*.

alimentación eléctrica de los dispositivos al mismo tiempo. Ejemplos son: *walkies* de maniobra, cascos CI con comunicaciones de SI, aparatos de medida, detección de radiación y/o temperatura, monitores...

Antes de cualquier estudio de viabilidad de esta tecnología a bordo de buques de guerra existen de forma preliminar varias problemáticas potenciales:

- Las líneas de campo magnético y la lucha MCM son, *a priori*, incompatibles.
- Hasta la fecha, los avances aseguran que las líneas del campo magnético pueden envolver materiales metálicos. Así, a bordo de buques, tendríamos que considerar que el material interior fuera «magnéticamente transparente» y compatible con la necesaria estanqueidad.

### *Desarrollos teóricos del futuro*

Mirando a un futuro no muy lejano y aplicando el desarrollo conceptual del método de transferencia de energía sin cables a larga distancia, se puede garantizar su aplicación en operaciones de ayuda humanitaria frente a catástrofes naturales.

Los estudios (6) hasta el momento realizados están basados en buques con alta capacidad de generación de energía, como son aquellos con propulsión nuclear. La idea es alcanzar aquellas zonas de difícil acceso trágicamente afectadas por estos desastres a través de globos aerostáticos y láseres, con la intención de transferir la energía necesaria (cientos de kilovatios) para reponer los suministros energéticos. Así, desde el buque enviaríamos el láser por fibra óptica a un globo aerostático lanzado y firme desde el buque. Desde ahí, transferiríamos la energía por láser a otro globo levantado en la zona de la catástrofe y este convertiría la luz en energía, transfiriéndola a tierra por el cable firme del globo y dando el suministro energético requerido. Con esta tecnología se podrían enviar cientos de kilovatios de potencia a cientos de kilómetros. Así, estas técnicas mermarían el sufrimiento de recientes desastres, como el que azotó Filipinas al paso del tifón *Hiyan*, o el huracán *Sandy* en Haití en 2012.

También el campo de la medicina es partícipe en estos desarrollos tecnológicos. Los sistemas inalámbricos de energía se están introduciendo en dispositivos médicos implantados en el cuerpo humano, como corazones artificiales, marcapasos o bombas de infusión. Con *la transferencia de fuentes de energía inalámbrica resonante*, estos dispositivos pueden ser eficientemente alimentados a través de los tejidos del cuerpo humano. Así estas técnicas eliminan los

---

(6) Stephen Blank, del Instituto Tecnológico de Nueva York.

cables conductores de todos estos dispositivos y posteriores cirugías para reemplazar las baterías agotadas de los mismos.

## Conclusiones y visión de futuro

Con un ámbito tan amplio de aplicación, se puede afirmar que el uso de *la transferencia de energía resonante inalámbrica*, la energía sin cables, será prevalente en muchas áreas de la vida en los próximos años. Numerosas empresas de electrónica ya están desarrollando los componentes para compatibilizar sus dispositivos con este tipo de fuentes de energía, incluso en aquellos de tamaño más reducido. Esto, sin duda, estimulará otros desarrollos más innovadores y creativos a aplicar en base a esta tecnología; no solo a conveniencia de las exigencias de mercado, sino también frente a las necesidades operativas de la industria de Defensa.

Queda demostrado que la energía inalámbrica es una opción fundamental en aquellas situaciones donde el «par de cobre» es impracticable. Esta técnica ayuda a despejar la amalgama de cables donde incluso una única fuente de energía sin cables sería capaz de suministrar alimentación inalámbrica a diferentes dispositivos, posicionados a diferentes distancias. Además, la duración de la batería ya no sería un problema, haciendo que el equipamiento sea más pequeño y ligero. Así, la previsión futura de esta tecnología es deshacerse de gran parte de los conductores físicos en edificios —y en buques quizás—, donde gran parte del equipamiento se comportaría como si tuviera «batería infinita».

El principal problema que plantea la transferencia de energía inalámbrica es su eficiencia, la cual merma en proporción a la distancia entre la fuente y el dispositivo. Sin embargo, los pioneros más optimistas de esta tecnología inalámbrica aseguran que el futuro traerá niveles de eficiencia que igualarán a los del cobre, incluso superándolos.

## BIBLIOGRAFÍA

- TESLA, Nikola (Beograd, Yugoslavia, 1978): *Colorado Spring Notes 1899-1900*. Museo de Nikola Tesla, en Beograd (Publicado por Nolit: Beograd, Yugoslavia, 1978).
- SHEEHAN, Chris: *Cutting the Cable: The Future of Wireless Power*. Royal United Services Institute, RUSI Analysis, 14 de enero de 2014.
- HODSON, Hal: «Send wireless power long range with lasers and balloons». Revista *New Scientist*, 6 de diciembre de 2013.
- WiTricity Corp.: [www.witricity.com](http://www.witricity.com)