

16/2018

02 de mayo de 2018

José Ignacio Castro Torres

El impulso electromagnético y las
armas de radiofrecuencia: La
vulnerabilidad de las sociedades
evolucionadas

El impulso electromagnético y las armas de radiofrecuencia: La vulnerabilidad de las sociedades evolucionadas

Resumen

El impulso electromagnético (EMP) es un fenómeno que puede acontecer tanto por causas naturales como por consecuencia de una explosión nuclear. Sus efectos son especialmente dañinos sobre las redes de energía eléctrica, comunicaciones y equipos electrónicos. Aunque ya se han producido anteriormente acontecimientos de este tipo, actualmente sus resultados podrían ser catastróficos. Ello es debido a que la sociedad actual se encuentra tan tecnológicamente avanzada que depende de infraestructuras críticas interconectadas para su supervivencia. Ante esta posibilidad se deben tomar una serie de medidas para garantizar la continuidad de unos servicios mínimos que aseguren la vida de los ciudadanos. Igualmente las Fuerzas Armadas deben realizar los estudios necesarios para garantizar la continuidad de las operaciones a pesar de recibir ataques de armas basadas en el EMP, ya sean de origen nuclear o de radiofrecuencia.

Palabras claves

Impulso electromagnético (EMP), armas de destrucción masiva (ADM), tormenta solar, Estrategia de Seguridad Nacional (ESN), infraestructuras críticas, guerra relámpago.

*Electromagnetic Pulse and Radiofrequency Weapons: Developed
Societies' Vulnerability*

Abstract

Electromagnetic Pulse (EMP) is a phenomenon that could happen both by natural occurrence or consequence from a nuclear detonation. Its effects are especially harmful for electricity grids, communication assets and electronic equipment. Although this kind of events have already happened in the past, their results could be catastrophic nowadays. This issue is best explained by current society's technical development, which links its survival to interconnected critical infrastructures. Due to the aforementioned facts, procedures must be implemented in order to enable these vital services' continuity, to assure civil population's survivability. In the same way, Armed Forces must undertake research studies to guarantee operations' continuity regardless potential EMP based weapons attacks, both from nuclear and radiofrequency originated.

Keywords

Electromagnetic Pulse (EMP), Weapons of Mass destruction (WMD), Solar Flare, National Security Strategy, Critical Infrastructures, Lighting War.

Introducción

Una sencilla definición de impulso electromagnético (conocido por las siglas EMP en inglés) sería la de «una emisión masiva energía electromagnética de alta intensidad en un brevísimo instante de tiempo». Esta puede afectar a las líneas de abastecimiento energético, comunicaciones y equipos eléctricos y electrónicos¹.

Las anomalías ocasionadas por el EMP pueden tener causas naturales, ya que este fenómeno podría producirse como consecuencia de una «fulguración solar», aunque normalmente la magnetosfera terrestre es capaz de proteger nuestro planeta de los efectos nocivos de este posible suceso.

Sin embargo, han existido ocasiones a lo largo de la historia en que las defensas naturales no han sido suficientes para que la superficie terrestre recibiese una elevada tasa de energía electromagnética. Cabe agregar que algunas veces se han visto principalmente afectados los sistemas de comunicaciones y de conducción de energía eléctrica².

Existen acontecimientos referenciados en que el fenómeno ha sido trascendentalmente importante, siendo uno de los más significativos el «Evento Carrington» en el año 1859. En aquel entonces una especialmente fuerte tormenta solar afectó a la Tierra, produciendo que el sistema telegráfico en Norteamérica, Europa y parte de Australia y Asia resultase severamente dañado. Otros fenómenos de mucha menor magnitud se registraron en 1989, principalmente en Canadá y en 2003 en Norteamérica y Suráfrica, aunque causando mayores efectos debido a que las redes eléctricas se encontraban muy extendidas globalmente³. Cabe destacar que más adelante se produjo otra tormenta magnética en 2011, que afectó principalmente a China. Al haberse producido el salto tecnológico a la electrónica digital, los daños fueron aún más perjudiciales⁴.

¹ ALDEA GRACIA, Pedro Luis, «Aspectos Conjuntos de la Guerra Electrónica», Boletín de Información 208-V, Centro Superior de Estudios de la Defensa Nacional (CESEDEN), Madrid, 1988, p.11. En las postrimerías de la «Guerra Fría» se contemplaba la posibilidad de la existencia de armas nucleares basadas sobre sus efectos electromagnéticos. Este temor pasaría a un segundo plano tras la desaparición de la Unión Soviética.

² RODRÍGUEZ HIDALGO, Inés, «Estableciendo conexiones Sol-Tierra: una nueva perspectiva», Instituto de Astrofísica de Canarias, Departamento de Astrofísica de la Universidad de La Laguna, disponible en: http://www.am.ub.edu/~blai/charlas/texto_3nivel.pdf. Fecha de la consulta 03.04.2018.

³ HOMEIER, Nicole y WEI, Lisa, Solar Storm Risk to the North American Electric Grid, Lloyd's, 2013.

⁴ MOSKOWITZ, Clara, «Mega Solar Flare Disrupts Communications GPS», 2/17/2011 NBC News, disponible en: http://www.nbcnews.com/id/41651732/ns/technology_and_science-space/t/mega-solar-flare-disrupts-communications-gps/#.WsNu02YUI9A. Fecha de la consulta 03.04.2018.

Sin embargo, un EMP también puede ser generado de forma artificial, pudiendo causar daños de proporciones devastadoras. Antes de la primera prueba nuclear de la historia, el físico Enrico Fermi previó la posibilidad de la ionización atmosférica por rayos gamma durante su realización, por lo que se aislaron doblemente las líneas de comunicación con los aparatos de medida. Aun así, muchos datos se perdieron por la aparición de un «pico electromagnético» que paralizó los equipos más próximos⁵.

Aunque el fenómeno aparecería de nuevo en las pruebas de diferentes países, no sería hasta 1958, durante la realización de un ensayo nuclear a gran altitud, cuando se comprobó que los efectos del EMP eran mucho más severos que en las explosiones de superficie⁶. Con esta premisa, se realizaron pruebas específicas focalizadas sobre los efectos electromagnéticos de las armas nucleares a gran altitud.

En 1962 el experimento *Starfish Prime*, dentro de la Operación *Fishbowl*, fue llevado a cabo mediante la explosión de un artefacto de 1,4 megatonnes a 400 kilómetros de altura sobre una región inhabitada del océano Pacífico. Los efectos del EMP se hicieron sentir en Hawai, alejado unos 1.500 kilómetros, dañando las líneas de conducción eléctrica y las comunicaciones por microondas⁷.

Por su parte la URSS también realizó experiencias de este tipo, siendo el más significativo el «Proyecto K», también en el año 1962. En principio el plan era mucho más modesto que el norteamericano, ya que realizó varias explosiones entre 1,2 y 300 Kilotones con una altitud máxima de 300 kilómetros. Sin embargo, los efectos fueron auténticamente devastadores sobre las rudimentarias instalaciones eléctricas de toda la región de Kazakistán, produciendo fuertes daños en las líneas de energía eléctrica, transmisiones y generadores de electricidad. En este caso la dependencia del EMP de

⁵ BAINBRIDGE, Kenneth T., «Trinity (Report LA-6300-H)», Los Alamos Scientific Laboratory, May 1976, p. 53.

⁶ GLADECK, F.R., «Operation Hardtack I, United States Atmospheric Nuclear Weapons Tests, Nuclear Test Personnel Review», Prepared by the Defense Nuclear Agency as Executive Agency for the Department of Defense, Defense Nuclear Agency, Washington, D.C., 1 December 1982, pp. 252, 259-271. En aquel entonces los EE. UU., experimentaron 35 armas nucleares en la operación Hardtack. Una parte de la operación (Test Yucca, Teak y Orange) consistió en la prueba de esta arma como defensa Anti Misil Balístico, detonándose tres bombas a gran altitud utilizando dos cohetes y un globo como vectores de lanzamiento. Las potencias de las armas fueron de 1,7 Kilotones y 3,8 Megatonnes las dos últimas.

⁷ YOUSIF, ME, «Exploring the High-altitude Nuclear Detonation and Magnetic Storms», J Astrophys Aerospace Technol 2, 2014, p.1.

la intensidad y orientación del campo magnético terrestre intensificaron los efectos, debido a la localización geográfica, entre otros parámetros⁸.

No solo las armas nucleares podrían producir un EMP, ya que determinados tipos de acumuladores de energía que puedan liberar esta en un breve espacio de tiempo y transformarla en energía electromagnética, podrían utilizarse para causar este fenómeno. No obstante, el EMP de estas armas tendría una escala muy pequeña en comparación con las armas anteriormente citadas⁹. Este sería el caso de las armas de microondas de gran potencia, que transmitirían su energía a través de una antena o emisor incorporado a un generador de alta frecuencia, especialmente dañinos contra los equipos electrónicos¹⁰. Esta tecnología se ha desarrollado hacia los sistemas de energía dirigida, que mediante la emisión de un haz de mayor frecuencia y potencia, puede causar daños físicos¹¹.

En países como EE. UU., el tema del EMP ha sido tenido en consideración en varias ocasiones, a pesar de que esta cuestión se había apaciguado desde el final de la Guerra Fría. Sin embargo, la preocupación surgiría de nuevo en 2004, al hacer un análisis de vulnerabilidades de EE. UU. y sus aliados y en 2008 al hacer una revisión de las vulnerabilidades de sus «infraestructuras nacionales críticas» en el seno del Comité de Fuerzas Armadas del Congreso estadounidense¹².

Ante esta situación, la Comisión Norteamericana para la Fiabilidad de la Energía (NERC) emitió un informe en el año 2013, que versaba sobre las posibles acciones a tomar ante una distorsión magnética terrestre, bien causada por el sol o como consecuencia de una explosión nuclear. Dichos informes serían complementados en 2015 y 2016, haciendo

⁸ Conductive Concrete and Electromagnetic Shielding, «Russian Nuclear EMP Bomb: Data kept secret over 40 years», disponible en: <http://www.kgroenha.net/Elektromagn/Conductive%20Concrete.htm>. Fecha de la consulta 04.04.2018.

⁹ KOPP, Carlo, «The Electromagnetic Bomb - A Weapon of Electrical Mass Destruction», disponible en: <http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a332511.pdf>. Fecha de la Consulta 05.04.2018. Aunque existen varias tecnologías, las más comunes son las basadas en explosivos o propelentes que transforman esta energía a través de Generadores de Compresión de Flujo o Generadores Magneto-Hidrodinámicos (HMD). Otro tipo se basa en Generadores de Microondas de Alta Potencia (HPM), del que el más significativo es el Oscilador de Cátodo Virtual o Vircator.

¹⁰ LAGNEAU, Laurent, «Le projet franco-allemand de canon électromagnétique avance» 09/12/2017. Zone Militaire, disponible en: <http://www.opex360.com/2017/12/09/le-projet-franco-allemand-de-canon-electromagnetique-avance/> Fecha de la consulta 16.04.2018.

¹¹ Convention on Certain Conventional Weapons, «Article 36 Directed Energy Weapons Discussion paper for the Convention on Certain Conventional Weapons (CCW)» Geneva, November 2017, disponible en: <http://www.article36.org/wp-content/uploads/2017/11/DEW-Final-17Nov17.pdf> Fecha de la consulta 10.04.2018.

¹² House of Representatives, Committee on Armed Services, «Threat posed by Electromagnetic Pulse (EMP) attack», Washington, D.C., Thursday, July 10, 2008.

un especial énfasis en la preservación de los transformadores de las redes de energía eléctrica¹³.

A principios de 2017 el Congreso estadounidense aprobó el *Critical Infrastructure Protection Act* (CIPA), que buscaba la protección de las redes de distribución de todo tipo de abastecimientos, energía y telecomunicaciones, así como las de difusión de información pública, entre otras.

A finales de 2017 se puso de nuevo en marcha una comisión al respecto ante la posibilidad de que Corea del Norte pudiese emplear contra la población estadounidense un arma de estas características, toda vez que los norcoreanos se encuentran dotados de tecnología nuclear, misiles y conocimientos adicionales sobre EMP, posiblemente transferidos por Rusia en el año 2004¹⁴.

El informe norteamericano era aún más alarmante, al tener en cuenta que esta arma podría encontrarse instalada a bordo de los satélites norcoreanos *Kwangmyongsong-3* *Kwangmyongsong-4*, que se encuentran orbitando sobre EE. UU. y otros países.

A mayor distancia que los norteamericanos, la Unión Europea (UE) puso en marcha en 2006 el «Programa Europeo Para la Protección de las Infraestructuras Críticas» (EPCIP). En este sentido se emitieron una serie de recomendaciones para proteger, contra contingencias naturales o acciones terroristas, aquellas redes de infraestructuras necesarias para la vida y actividad económica de sus Estados miembros¹⁵.

Sin embargo, las iniciativas europeas se derivaron fundamentalmente hacia el ámbito de la protección de las infraestructuras críticas como consecuencia de los casos de ciberataques, emitiendo en 2016 una directiva al respecto. En ella no quedó reflejada la posibilidad de una tormenta solar o un EMP, ya que la directiva se centraba fundamentalmente en la protección de las tecnologías de información en tanto en cuanto

¹³ North America Electric Reliability Corporation, «Proposed Reliability Standard TPL-007-1 (Transmission System Planned Performance for Geomagnetic Disturbance Events)», Atlanta, GA, 2016, p. 4.

¹⁴ GRAHAM, William R. y PRY, Vicent, «North Korea Nuclear EMP Attack: An Existential Threat», Commission to assess the threat to United States from Electromagnetic Pulse (EMP) attack to US, Committee on Homeland Security, Sub-committee on Oversight and Management Efficiency hearing «Empty threat or serious danger: Assessing North Korea risks to the homeland», House of Representatives, October 12, 2017, p. 3. Ya en el año 2004, dos generales rusos habían advertido a la Comisión que se había transferido «accidentalmente» a Corea del Norte personal científico y el diseño de un arma nuclear basada en el EMP, en una época en la que también se encontraba en la República Norcoreana personal chino y paquistaní.

¹⁵ EU Science Hub, «Critical infrastructure protection», disponible en: <https://ec.europa.eu/jrc/en/research-topic/critical-infrastructure-protection>. Fecha de la consulta 12.04.2018.

afectan a las citadas infraestructuras¹⁶. Sea como fuere el origen del daño sobre las infraestructuras críticas, algunos países de la Unión entre los que cabe destacar a Alemania, tomaron medidas para asegurar la supervivencia de sus poblaciones en caso de un suceso de este tipo¹⁷.

Ante la falta del impulso en el seno de la UE, a finales de 2016 se insistió sobre el peligro del EMP por parte del Centro de Investigación Conjunta de la Comisión Europea en el riesgo ante las tormentas solares. Dicho centro emitió el informe *Space Weather and Critical Infrastructures: Findings and Outlook*, en el que se reconoció la inexistencia de cometidos claramente definidos por parte de las autoridades europeas. Por ello, el centro propuso la realización de un ejercicio a gran escala en el que se simulase esta contingencia, en el mismo sentido en que se realizan simulacros ante emergencias nucleares, fenómenos sísmicos, incendios o inundaciones¹⁸.

En el año 2017, a propuesta española, comenzó el debate en el Parlamento Europeo para que se investigase sobre esta posibilidad. La Asociación Española de Protección Civil para el Clima Espacial (AEPCCCE) abrió el tema mediante una interlocución parlamentaria, basándose en incidentes que se han producido en centrales nucleoelectricas. En esta misma línea, la AEPCCCE ha mostrado igualmente su preocupación ante un EMP intencionado¹⁹.

En España la citada asociación ha presentado una iniciativa ante la Comisión Mixta Congreso-Senado denominada «Ponencia especial de estudio para la elaboración de una estrategia nacional española para el clima espacial y el EMP» e igualmente ha presentado la iniciativa ante diversos parlamentos autonómicos²⁰.

¹⁶ Official Journal of the European Union, «Directive (EU) 2016/1148 of the European Parliament and the Council of 6 July 2016 concerning measures for a high common level of security of network and information systems across the Union, Annex II Types of entities for the purposes of point (4) of Article 4».

¹⁷ Nuevatribuna.es, «Alemania destina 200 millones a 150 depósitos de alimentos para caso de gran emergencia», 20 de diciembre de 2013 (18:59 h.), disponible en: <http://www.nuevatribuna.es/articulo/sociedad/alemania-destina-200-millones-euros-150-depositos-alimentos-caso-gran-emergencia/20131219113541099332.html> Fecha de la Consulta 10.04.2018.

¹⁸ KRAUSMANN, E., ANDERSSON, E., GIBBS, M., MURTAGH, W., «Space Weather and Critical Infrastructures: Findings and Outlook», European Commission's Joint Research Centre (JRC), Ispra (VA), 2016, p. 20.

¹⁹ Asociación Española de Protección Civil para el Clima Espacial (AEPCCCE), «Planes de emergencia EMP obligatorios para todas las instalaciones nucleares de Europa», disponible en: <https://www.change.org/p/comisi%C3%B3n-europea-plan-de-emergencia-emp-obligatorios-para-todas-las-instalaciones-nucleares-de-europa>. Fecha de la consulta 10.04.2018.

²⁰ Asociación Española de Protección Civil para el Clima Espacial (AEPCCCE), «Por una estrategia nacional española para el clima espacial y el EMP», disponible en: <https://www.change.org/p/comisi%C3%B3n-mixta-congreso-senado-de-seguridad-nacional-por-una-estrategia-nacional-espa%C3%B1ola-para-el-clima-espacial-y-el-emp>. Fecha de la consulta 10.04.2018. Un resumen de la situación española en este sentido se puede encontrar en el artículo de ABC Ciencia «¿Está España preparada para defenderse de una gran tormenta solar?», disponible en:

Las características del EMP

Aunque la descripción y análisis en detalle del EMP podrían ser objeto de una publicación técnica, se considera necesaria la comprensión básica del fenómeno para llegar a una verdadera concienciación de sus posibles consecuencias. Más allá de la aprehensión de esta realidad, estaría además la voluntad de plantear las medidas preventivas y de gestión de consecuencias en caso necesario.

Los efectos de una explosión nuclear se dividen en mecánicos, térmicos, radiactivos y electromagnéticos. Dentro de estos últimos se encuentra el ya referido EMP. Este impulso es una onda electromagnética con un gran parecido a las ondas de radio, aunque se diferencia de estas últimas en que crea muchos mayores campos electromagnéticos, ya que la señal de radio de una emisora puede ser del orden de magnitud de los milivoltios, mientras que la del EMP puede alcanzar decenas de miles de voltios. Además la energía emitida por el EMP se concentra en el tiempo en fracciones de segundo, lo que impide que los dispositivos de protección ante el aumento de tensiones eléctricas, como fusibles o diferenciales, tengan la rapidez efectiva para evitar el daño de los equipos que deben proteger. Una característica adicional es que la emisión del EMP se produce en un amplio rango de amplitudes y frecuencias²¹.

La unidad de medida de la intensidad de un EMP es el Voltio/metro, que indica la tensión eléctrica que tiene que soportar la antena que recibe la señal. Aunque este pulso no es directamente adverso para los seres vivos y determinados materiales, si lo es para las redes y equipos eléctricos y electrónicos. Los daños son especialmente lesivos cuando estos sistemas se encuentran en conexión con cables de una gran longitud, como pueden ser las redes de energía eléctrica o antenas. Las consecuencias suelen ser grandes averías permanentes sobre transformadores, condensadores y transistores, que deben ser reemplazados por elementos nuevos, así como otros daños temporales como la reinicialización de los equipos informáticos o la inestabilidad o pérdida de tensión en las líneas de suministro eléctrico²².

Aunque se suele hablar del EMP en su conjunto, lo cierto es que su señal se emite en tres impulsos denominados temprano (E1), intermedio (E2) y tardío (E3).

http://www.abc.es/ciencia/abci-esta-espana-preparada-para-defenderse-gran-tormenta-solar-201701231713_noticia.html. Fecha de la consulta 10.04.2018.

²¹ Office of Technological Assessment, «The effects of nuclear war», United States Congress, Washington D.C., 1997, p. 22.

²² Office of Technological Assessment (OTA,) «The Effects of Nuclear War», United States Congress, Washington DC, 1997, p. 22.

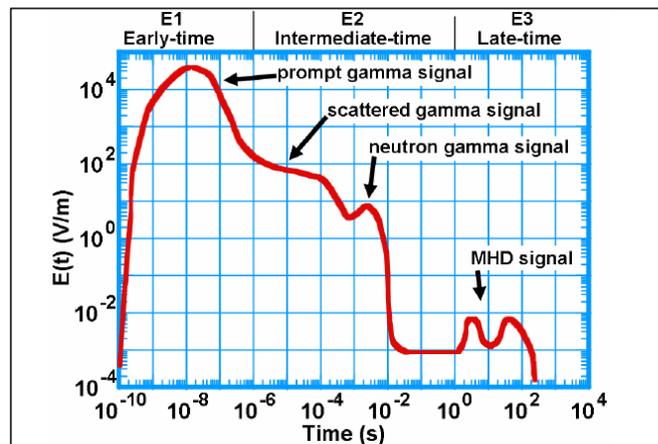


Figura 1: Forma de la onda de un EMP genérico

Fuente: Edward Savage James Gilbert William Radasky

The Early-Time (E1) High-Altitude Electromagnetic Pulse (HEMP) and Its Impact on the U.S. Power Grid
Metatech Corporation, Goleta, CA 2010 p. 2-2.

El impulso E1 es la señal de mayor intensidad y se emite antes del primer microsegundo. Dicha señal puede inducir grandes voltajes capaces de inutilizar principalmente los equipos de telecomunicaciones y los sistemas informáticos. Aunque es tan rápida que no da tiempo a actuar a los sistemas tradicionales de corte de corriente, si se puede proporcionar una adecuada protección con los equipos basados en «supresión de sobrevoltajes transitorios»²³.

La segunda fase, denominada E2, es muy parecida al fenómeno atmosférico del rayo y dura entre un microsegundo y un segundo. Teniendo en cuenta esta característica, se considera que la protección ante esta señal es relativamente fácil, ya que la tecnología de los pararrayos se encuentra ampliamente difundida. El perjuicio que se podría producir por causa del E2 es que estos «pararrayos» hubieran sido previamente dañados por el E1²⁴.

La fase más retardada o E3 puede llegar a durar varios minutos y sus efectos son similares a los que causan las tormentas solares. Por la posible dualidad de su origen, natural y artificial, merece la pena ser tratado con mayor detenimiento.

²³ Semiconductor Components Industries, LLC, «Transient Overvoltage Protection TND335/D», Phoenix, AZ, 2008, p. 14.

²⁴ FOSTER JR, John S., et al., «Report of the commission to assess the threat to the United States from electromagnetic pulse (EMP) attack» Critical national infrastructures, Electromagnetic Pulse (EMP) Commission, McLean, VA, 2008, pp. 34-35.

La característica fundamental de la señal del E3 es que esta hace fluctuar el campo magnético terrestre hasta que este finalmente se recupera²⁵. La consecuencia es que se producen corrientes continuas inducidas geomagnéticamente (GIC), que son más importantes cuanto mayor sea la longitud del elemento inducido. Se comprende inmediatamente que las largas líneas de suministro de energía eléctrica alterna son especialmente sensibles, siendo su principal vulnerabilidad los transformadores de corriente. En caso de una explosión nuclear, si el sistema no se encuentra previamente protegido contra el E1 y el E2, su colapso está prácticamente asegurado²⁶.

No se tiene constancia de datos empíricos de los resultados de la protección contra las grandes redes de distribución eléctrica, aunque existen experiencias en los generadores eléctricos de tipo militar. A pesar que la industria nucleoelectrónica posee una relativa protección ante el E3, lo cierto es que en las ocasiones en las que esta se ha visto afectada, se han producido fallos en los sistemas exteriores al reactor. En cuanto a las fuentes de energía renovable, no existe una experiencia acumulada, debido a su relativamente novedosa implantación²⁷.

No obstante lo anterior, se han realizado estudios de modelización, con lo que se puede predecir el impacto de las GIC que causa el E3. A este respecto se puede actuar protegiendo la red de suministro mediante el empleo combinado de resistencias neutras a tierra, condensadores de bloqueo o condensadores en serie. Los sistemas de control pueden ser diseñados de modo que eviten la producción de señales armónicas al E3, con un encapsulamiento que los aisle ante la sobretensión (jaulas de Faraday) o bien mediante el cambio automatizado de las rutas de acceso²⁸.

La vulnerabilidad de las sociedades evolucionadas ante el EMP

El momento de desarrollo tecnológico en el que se encuentran actualmente las sociedades de nuestro entorno es muy sensible. En el transcurso de la evolución se ha progresado desde la no dependencia eléctrica a la extensión progresiva de la

²⁵ También es llamado Pulso Magnetohidrodinámico (MHD).

²⁶ FOSTER JR, John S., et al., «Report of the commission to assess the threat to the United States from electromagnetic pulse (EMP) attack», Op. Cit. p. 35.

²⁷ Idaho National Laboratory, «Strategies, Protections, and Mitigations for the Electric Grid from Electromagnetic Pulse Effects», U.S. Department of Energy, Office of Electricity Delivery and Energy Reliability, January 2016, p. 8.

²⁸ HORTON, Randy, «Magnetohydrodynamic Electromagnetic Pulse» Assessment of the Continental U.S. Electric Grid Voltage Stability Analysis Electric Power Research Institute (EPRI), Palo Alto, CA, 2017, p. 2-1.

electricidad, la electrónica de tecnología de válvulas de vacío y finalmente a la tecnología de semiconductores y su miniaturización.

Esto se ha producido junto con una reciente revolución de las redes de comunicaciones a través de internet, lo que ha creado un complejo entramado de interdependencias, donde se entrelazan multitud de sistemas de distribución, información y control de todo tipo.

Entre los muchos incidentes que han puesto de manifiesto la vulnerabilidad de esta interdependencia de sistemas se podría citar, a modo de ejemplo, el apagón eléctrico que en el año 2006 afectó a varios países europeos. La avería se originó en Alemania, perturbando también a Francia, Bélgica, Italia y España, donde se produjo una caída de 2.500 megawattios, cortándose además la interconexión con Marruecos²⁹.

Haciendo una revisión de la Estrategia de Seguridad Nacional (ESN) del año 2017, cualquier incidente de este tipo que se produjese por causas naturales, accidentales o intencionadas afectaría a la Seguridad Nacional en su conjunto, ya que se podrían ver comprometidos simultáneamente objetivos como la Defensa Nacional, la lucha contra el terrorismo, la seguridad energética, la no proliferación de ADM, la protección ante emergencias y catástrofes, la protección de las infraestructuras críticas y la seguridad de los espacios aéreos y ultraterrestres.

Aunque se han mencionado casi todos los objetivos de la ESN, no quiere decir que el resto no se pudiesen encontrar afectados. Sin embargo, y si hubiese que hacer una priorización sobre cuál sería el más vulnerable, este posiblemente sería el de la protección de las infraestructuras críticas.

²⁹ El País, «Un fallo en la red eléctrica alemana deja una hora sin luz a millones de personas en Europa». 4NOV2006, Disponible en: https://elpais.com/elpais/2006/11/04/actualidad/1162631823_850215.html. Fecha de la Consulta. 09.04.2018.

La interdependencia de las infraestructuras

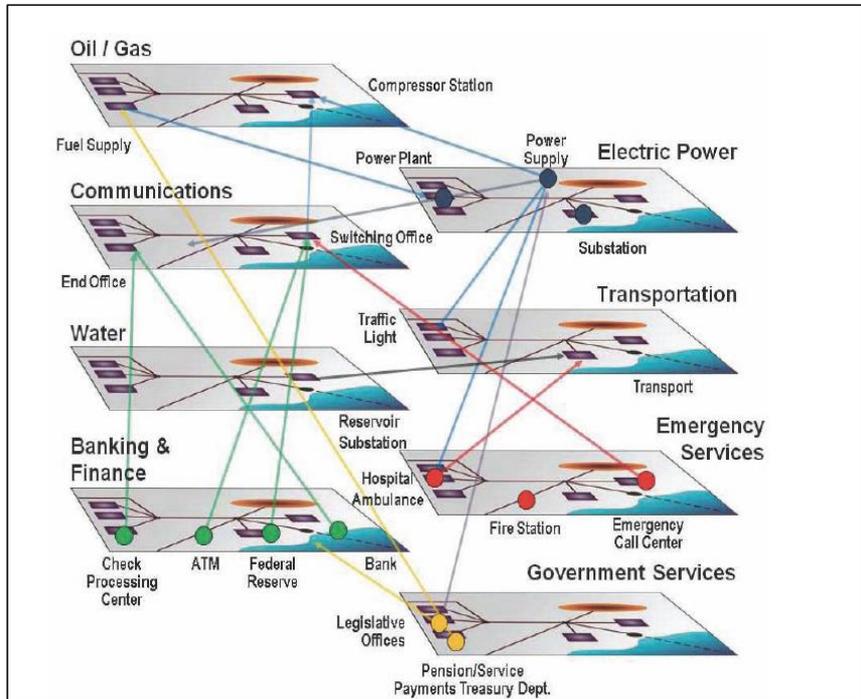


Figura 2. Interconexiones en los elementos de Control de las Infraestructuras Críticas
 Fuente: Electromagnetic Pulse (EMP)
 Commission Report of the Commission to Assess the Threat to the United States from Electromagnetic Pulse (EMP) Attack, p. 12.

A pesar de que existen diferentes redes para el normal desarrollo de las sociedades evolucionadas, se tiende a considerar estas de una manera aislada, sin tener en cuenta que son unas dependientes de las otras. De este modo, existiría un «sistema de sistemas» que ocasionaría una interdependencia vital entre estos. En concordancia con lo expuesto, la «Comisión Estadounidense para el Asesoramiento de la Amenaza de un Ataque de EMP a los EE. UU.» enumera los siguientes dominios, aunque no los separa, debido a su interdependencia: Energía eléctrica; telecomunicaciones; banca y finanzas; petróleo y gas natural; transporte; alimentación; agua; servicios de emergencia; espacio; gobierno.

Normalmente los elementos de producción y distribución en los procesos industriales son controlados automáticamente a través de los sistemas SCADA³⁰. Este tipo de tecnología proporciona una gran capacidad de reacción en tiempo real, sin que se tenga que recurrir a la intervención humana para el control del proceso o el restablecimiento de una situación anómala. En el caso de ser necesaria una decisión, los elementos de juicio necesarios son proporcionados por el sistema, a través del cual se puede actuar. De este modo se pueden controlar grandes redes de distribución, como podrían ser la de energía eléctrica, suministro de aguas o gas natural, ampliamente extendidas en España.

Estas redes se encuentran diseñadas para que un fallo puntual no afecte a todo el sistema, por lo que cuando se planifican o modifican se tiene en cuenta la inclusión de elementos redundantes, reconducción de flujos o facilidad de reparación. Sin embargo, cuando se producen fallos múltiples, estas redes se encuentran menos preparadas para proporcionar una respuesta adecuada, sobre todo cuando estos se producen a la vez. Por este motivo los sistemas son protegidos por barreras, salvaguardas y defensas, en un entorno integral de resiliencia³¹.

Si bien cualquier elemento del sistema sería vulnerable ante un EMP, los elementos de mando y control podrían ser sustituidos con una relativa facilidad, si se contase con equipos de repuesto en los nodos de la red. Por el contrario, la sustitución de los sensores remotos sería mucho más difícil, ya que se encuentran dispersos a través de todo el sistema, por lo que este quedaría carente de la información necesaria para su buen funcionamiento³².

La vulnerabilidad de los ejércitos de las sociedades evolucionadas

Las Fuerzas Armadas no son ajenas a este problema, ya que a la dependencia de las redes anteriores hay que añadir que la industria civil se ha puesto a la cabeza en la producción de tecnología, lo que ha llevado a que para abaratar costes se recurra directamente a esta a través de elementos comerciales civiles denominados COTS

³⁰ Se corresponde con el acrónimo inglés Supervisory Control and Data Acquisition. A los sistemas SCADA hay que superponer los sistemas DCS (Digital Control System) y los PLC (Programmable Logic Controllers).

³¹ DAHLBERG, Rasmus, «Resilience and complexity: Conjoining the discourses of two contested concepts, Culture Unbound», Journal of Current Cultural Research, 2015, vol. 7, n.º 3, pp. 541-557. Para profundizar en los orígenes de los fallos en los sistemas complejos véase: PERROW, Charles, «Normal accidents: Living with high risk technologies», Princeton University Press, 2011.

³² FOSTER JR, John S., et al., «Report of the commission to assess the threat to the United States from electromagnetic pulse (EMP) attack», Op. Cit., pp. 6-7.

(*Commercial off the Shelf*). Muchos de estos no tienen tantas prestaciones como los elementos expresamente diseñados para la industria de defensa y además, en el caso que nos compete, son especialmente vulnerables³³.

En este sentido, los EE. UU. realizaron un verdadero análisis introspectivo, llegando a la conclusión de tener una protección desigual ante el EMP, ya que sus misiles intercontinentales y bombarderos estratégicos se encontraban altamente protegidos, mientras que no era esto así para sus sistemas de armas tácticos, lo que consideraban además que era perfectamente conocido por sus potenciales adversarios³⁴.

Esta posibilidad, que fue advertida en 2008, fue igualmente reiterada e incrementada en 2017 ante la posibilidad de que Corea del Norte pudiera hacer uso de armas nucleares basadas en el EMP. A las vulnerabilidades anteriormente citadas los informes norteamericanos hacían mención al profuso uso la electrónica digital y su extrema debilidad ante los fuertes incrementos de tensión eléctrica. De este modo se llegó a estimar que ningún dispositivo electrónico debería considerarse inmune ante un EMP a no ser que hubiese sido robustecido y sometido a pruebas de aceptación, ya que los dispositivos civiles reforzados ante el EMP no se consideraban fiables³⁵.

A las relativas vulnerabilidades de los sistemas de combate y comunicaciones puramente militares hay que añadir otras dos nuevas debilidades. La primera de ellas sería que mucho del equipamiento informático, electrónico o eléctrico que no pertenece a los sistemas referidos es de tecnología puramente comercial. La segunda de las vulnerabilidades se basa en la interdependencia, ya que en muchas operaciones las comunicaciones se basan en la tecnología satélite y de internet, que proporcionan determinados operadores de servicios civiles³⁶. A esto hay que añadir que gran parte de la logística en operaciones es proporcionada por contratistas, que al verse perjudicados podrían afectar indirectamente el sostenimiento de estas.

³³ Para un mayor conocimiento de impacto de los elementos COTS en el ámbito militar se sugiere la lectura de: RIVERA PARDO, José Luis, «COTS: Ventajas e Inconvenientes de su presencia en los sistemas de armas», Revista Ejército de Tierra Español, Número 861, Logística de Alto Nivel, Madrid, 2012, pp. 30-35.

³⁴ WILSON, Clay, «High Altitude Electromagnetic Pulse (HEMP) and High Power Microwave (HPM) Devices: Threat Assessments», Congressional Research Service Report for Congress, Congressional Research Service, 2008, p. 14.

³⁵ GRAHAM, William R. y PRY, Vicent, «North Korea Nuclear EMP Attack: An Existential Threat», Op. Cit., pp. 7-8.

³⁶ MURRAY, Williamson, «Technology And The Future Of War», Hoover Institution, Tuesday, November 14, 2017, disponible en: <https://www.hoover.org/research/america-and-future-war>. Fecha de la consulta 16.04.2018.

Ante la situación expuesta se han creado entramados industriales dispuestos a mejorar las capacidades de los sistemas militares, e incluso, algunos de estos han llegado a simplificarse hasta su invulnerabilidad ante el EMP³⁷. Por otra parte, el EMP se ha continuado investigando, como una parte de las armas de energía dirigida que se puedan emplear en un futuro³⁸.

No solamente se está realizando un esfuerzo en el ámbito tecnológico, sino que al encuadrarse el empleo de un arma de EMP dentro de las ADM, las doctrinas de los diferentes Estados y alianzas están evolucionando para adaptarse a dicho riesgo en las operaciones futuras, lo que será objeto de los siguientes epígrafes.

El EMP como arma estratégica

Si bien los efectos de un EMP pudieran ser en cierto modo encajados por las fuerzas militares de los estados de los que España es un socio y aliado, no lo sería así para las sociedades que los sustentan.

Entre las muchas lecciones que ha dado la historia sobre los conflictos hay dos que siempre deben ser tenidas en cuenta. La primera es que ningún conflicto es igual a cualquiera de los ya pasados y la segunda de ellas es que el factor sorpresa es una baza que jugará cualquiera de los contrincantes para obtener la ventaja. Si hacemos una extrapolación a un posible futuro conflicto en que se utilizase el EMP, se podría dar la confluencia de ambas circunstancias.

El apoyo a la legitimidad de las intervenciones militares es una constante de las sociedades democráticas, a las que hay que unir el principio fundamental de la voluntad de vencer. Ambos pueden ser doblegados mediante un golpe de impacto y por esta razón el empleo de armas basadas en el EMP se encuentra contemplado en determinadas corrientes de pensamiento, de las que derivan las correspondientes doctrinas militares. Algunos analistas estiman que Rusia podría usar armas de EMP no nucleares en combinación con ciberataques y acciones convencionales, empleando el EMP nuclear como opción contra las infraestructuras críticas, destacando especialmente las redes de

³⁷ FREEDBERG, Sydney J. Jr., «The EMP-Proof Truck: AM General Doubles Down On Humvee», October 03, 2017 at 2:35 PM, disponible en <https://breakingdefense.com/2017/10/the-emp-proof-truck-am-general-doubles-down-on-humvee/>. Fecha de la consulta 16.04.2018.

³⁸ Las Fuerzas Armadas españolas no han sido ajenas a esta investigación, principalmente en el ámbito de la «Protección de la Fuerza». Entre los muchos documentos españoles al respecto, cabe destacar como estudio prospectivo la publicación del MADOC SUBDIVA 4-0-73 «Tendencias Específicas de las Armas. Ciclo 2011».

suministro eléctrico. Este sería el nuevo concepto de «guerra relámpago» en parangón con el de *Blitzkrieg* de la Alemania de la Segunda Guerra Mundial, que se podría trasladar a nuestros tiempos a un nuevo modelo de guerra de bajo contacto, que además se podría incluir en el concepto genérico de «guerra híbrida». Se podría considerar que ante la superioridad occidental en tecnología, la opción rusa sobre la guerra de «no-contacto» pasaría por la aceptación de armas nucleares de baja potencia en la periferia de su territorio³⁹.

En cierto modo la doctrina china es parecida a la rusa, ya que el concepto de «guerra de la información» de Shen Weiguang se basa en derrotar fuerzas enemigas superiores tecnológicamente evitando el contacto. Este concepto se emplearía tanto en tiempo de paz como de guerra, siendo posible en este último el empleo de armas basadas en el EMP. El objetivo sería la paralización de las fuerzas militares enemigas, al tiempo que sus comunicaciones, sistemas económicos, eléctricos e informáticos, minando la moral de la fuerza hostil y de su población⁴⁰.

Para Irán, que posee una cercanía de conveniencia con Rusia, pueden ser más que de interés sus postulados sobre el futuro de la guerra. A este respecto se ha barajado en varias ocasiones la posibilidad de que los iraníes puedan preparar lo que se ha denominado como «cibergedón». Hay que tener en cuenta que tras la firma en 2015 del «Joint Comprehensive Plan of Action» (JCPOA) en el que se limitaba en el tiempo el programa nuclear iraní, este podría mantenerse por debajo del umbral del acuerdo, pero con la posibilidad de poder ser reactivado. Igualmente Irán ha mantenido un programa de producción de misiles, que siempre ha querido desvincular del citado acuerdo⁴¹.

Además de esto, existen informes relativos a que el tráfico mercante iraní se ha desviado de sus rutas en varias ocasiones, lo que preocupa especialmente a los estadounidenses,

³⁹ KIBB, Jacob, «Russian Sixth Generation Warfare and Recent Developments», Eurasia Daily Monitor. 2012, disponible en: <https://jamestown.org/program/russian-sixth-generation-warfare-and-recent-developments/> Fecha de la consulta 17.04.2018. El autor cita en esta publicación el libro de Vladimir Slipchenko y Makhmut Gareev «Будущая война/ Guerra Futura» (Moscow: Polit.ru OGI. 2005) donde se recoge con mayor detalle el nuevo concepto de «Guerra Relámpago» basado en la combinación del efecto del EMP de armas de radio-frecuencia y nucleares, ciberataques y acciones convencionales.

⁴⁰ GERTZ, Bill. «iWar: War and Peace in the Information Age», Threshold Editions, New York, NY, 2017, pp. 137-140.

⁴¹ TALEBLU, Beham Ben, «Iranian ballistic missile test since the nuclear deal-2.0». Foundation for Defense of Democracies Washington, D.C., 2018, p.1.

por el posible lanzamiento de un misil desde un barco mercante que se encuentre próximo al territorio norteamericano⁴².

Igualmente Corea del Norte podría ser un actor en posesión de este tipo de tecnología y emplearla en el ámbito estratégico, ya sea mediante el programa de misiles que se encuentra desarrollando, como los ya referidos satélites. Las posibilidades norcoreanas parecen ser muy avanzadas, toda vez que ha realizado pruebas nucleares basadas en tecnología de plutonio y ensayos con misiles balísticos de gran alcance. En relación al empleo de buques mercantes, cabe destacar el incidente del año 2013 en que un carguero norcoreano transitó a lo largo del golfo de México con dos lanzadores de misiles escondidos en su carga, aunque estos no llevaban armamento nuclear. El hecho no fue descubierto hasta que el buque no se encontró en el canal de Panamá⁴³.

También es posible que actores nucleares en el ámbito occidental puedan recoger esta posibilidad, aunque como última opción estratégica. La doctrina militar francesa contempla la disuasión ante un ataque contra sus «intereses vitales» a través de la amenaza o destrucción de los centros de poder militares, económicos y políticos del adversario. En este caso la definición de «intereses vitales» podría ser problemática, ya que podría dar lugar a un fatal error de cálculo por parte del agresor sobre los límites que desencadenarían una acción de represalia. En esta línea las autoridades militares francesas han dejado entrever que una acción nuclear basada en un EMP podría ser una opción⁴⁴.

El EMP en el nivel operacional: Anti-Acceso/denegación de área

Del epígrafe anterior se puede considerar que las armas de EMP no nucleares pueden emplearse en el nivel operacional dentro de los nuevos conceptos rusos de «guerra relámpago».

También es posible también que un arma nuclear basada en un EMP pueda ser empleada en este nivel contra una fuerza opositora. No obstante, los posibles efectos de

⁴² SCOTT, Stewart, «Gauging the Threat of an Electromagnetic Pulse (EMP) Attack», Stratfor Security Weekly Sep. 9, 2010, disponible en: <https://worldview.stratfor.com/article/gauging-threat-electromagnetic-pulse-emp-attack>. Fecha de la Consulta 18.04.2018.

⁴³ PRY, Peter, «Heading Toward An EMP Catastrophe» the Mackenzie Institute Disponible en: <http://mackenzieinstitute.com/heading-toward-emp-catastrophe/> Fecha de la consulta 10.04.2018

⁴⁴ TERTRAIS, Bruno, «French Perspectives on Nuclear Weapons and Nuclear Disarmament, National Perspectives on Nuclear Disarmament», Barry M. Blechman y Alexander K. Bollfrass (Eds.), The Henry L. Stimson Center, Washington, DC, 2010, pp. 42-43.

este tipo de armamento deberían ser detalladamente estudiados para no causar efectos no deseados.

Esta posibilidad podría acontecer además dentro del concepto de «anti-acceso/denegación de área» conocido en inglés como *anti-access/area denial* (A2/AD). En una rápida síntesis, la denegación de acceso buscaría evitar que se desplegasen las fuerzas proyectadas para una operación, mientras que la denegación de área buscaría que las fuerzas que se encuentren dentro de una zona de operaciones no puedan llevar estas a cabo.

Para entender mejor la aplicación de este concepto, es necesario hacer un análisis de la doctrina militar iraní, por ser distinta de las occidentales o exsoviéticas. En el año 2004, el entonces viceministro de defensa iraní, Mohammad Shafii-Rudsari, preconizó la necesidad de una «estrategia diversa» para poder hacer frente a un gran poder militar clásico, como el estadounidense. Esta idea se plasmó doctrinalmente en la «defensa mosaico» que sería expuesta por el anterior jefe de la Guardia de la Revolución iraní, general Alí Jafari. Ante la invasión de su territorio nacional con capacidades tecnológicamente superiores, el mando y control se podría dividir en varias zonas independientes unas de otras donde se integrarían acciones de guerra irregular, defensa clásica, y ataques esporádicos⁴⁵.

Volviendo momentáneamente al campo de las relaciones internacionales existe actualmente una controversia sobre la continuidad del JCPOA, que liderada por EE. UU., está poniendo en tela de juicio que Irán haya cumplido su parte del acuerdo nuclear a lo que se añade la continuidad del programa iraní de misiles. Si el programa nuclear iraní se encontrase en el umbral de un programa nuclear militar, la incorporación de este armamento sería una posibilidad que no se puede descartar⁴⁶.

Aparte de todo esto, habría que tener muy en cuenta que varios Estados podrían encontrarse desarrollando tecnologías y doctrinas A2/AD, basadas en el empleo de armas nucleares de EMP. Entre estos podrían estar Rusia, China y Corea del Norte⁴⁷.

⁴⁵ Pakistan Defence, «Iran's Mosaic Doctrine - An Unrestricted Army», Discussion in 'Iranian Defence Forum' started by Homajon, Aug. 4, 2012, disponible en: <https://defence.pk/pdf/threads/irans-mosaic-doctrine-an-unrestricted-army.200295/> Fecha de la consulta 19.04.2018.

⁴⁶ Mc INNIS, J. Matthew, «The Future of Iran's Security Policy», American Enterprise Institute, 2017, pp. 33-35.

⁴⁷ GOURÉ, Daniel, «The U.S. Is Building Its Own Anti-Access Air and Missile Defense System», April 16, 2018 disponible en: https://www.realcleardefense.com/articles/2018/04/16/the_us_is_building_its_own_anti-access_air_and_missile_defense_system_113326.html. Fecha de la consulta 19.04.2018.

Armamento táctico EMP

No parece viable, en la mayoría de los casos, que un mando componente (terrestre, naval o aéreo-espacial) tuviera la iniciativa para emplear un arma nuclear basada en el EMP, toda vez que sus efectos serían superiores a la extensión de sus zonas de operaciones, por lo que estos deberían estar bajo la planificación y decisión de un mando al menos de nivel operacional.

En el nivel táctico el empleo de armas de EMP puede ser contemplado dentro del uso de las armas de microondas de alta energía, conocidas como *High Power Microwave Weapons* (HPM).

El origen de este tipo de armas se remonta a la operación «Iraqi Freedom» en la que los EE. UU. se plantearon la forma de destruir la capacidad militar de objetivos que contenían ADM o que se encontraban profundamente enterrados, de tal forma que la utilización de explosivos convencionales podría, en cada caso, producir daños colaterales por contaminación química o no llegar a ser efectivo⁴⁸.

La investigación sobre estas armas se focalizó en un principio en el ámbito de la guerra electrónica, desarrollándose en EE. UU. misiles de crucero con una «carga de pago» basada en un emisor HPM. Dependiendo de la programación del arma, esta podría causar desde pequeñas anomalías hasta la destrucción física del equipamiento electrónico⁴⁹.

Igualmente se han encontrado nuevas aplicaciones en el campo de la defensa antimisil, mediante la concentración del haz de proyección. No obstante en este ámbito ya existe otro tipo de armas en servicio, como el sistema israelita *Iron Beam*, basado en tecnología láser y con capacidad para destruir blancos aéreos a bajas altitudes⁵⁰.

Los últimos desarrollos de este tipo de armas se han focalizado hacia la defensa contra sistemas aéreos tripulados de forma remota (RPAS), que se han venido manifestando como una amenaza creciente en zonas de operaciones. El objetivo de los nuevos

⁴⁸ WILSON, Clay, «High Altitude Electromagnetic Pulse (HEMP) and High Power Microwave (HPM) Devices: Threat Assessments». Op. Cit., p. 10.

⁴⁹ POCOCK, Chris, «High-Powered Microwave Weapons Note Quite Ready» JULY 10, 2016, AIN on line, disponible en: <https://www.ainonline.com/aviation-news/defense/2016-07-10/high-powered-microwave-weapons-note-quite-ready>. Fecha de la Consulta 19.04.2018.

⁵⁰ AHRONHEIM, Anna, «Preparing for the next round between Israel and Gaza», Jerusalem Post, March 4, 2017, disponible en: <http://www.jpost.com/Israel-News/Preparing-for-the-next-round-483094>. Fecha de la consulta: 19.04.2018.

diseños es poder batir múltiples objetivos, seleccionando igualmente cual es el nivel de daño que se quiere ejercer sobre estos⁵¹.

Aunque no se poseen conocimientos fehacientes, existen informes de que China ha realizado avances mucho más importantes en el ámbito defensivo de las HPW, desarrollando este tipo de armas para la utilización como sistemas antimisil, antisatélite o de supresión de defensas antiaéreas. Una vez incorporadas estas armas a las fuerzas armadas chinas, podrían formar parte de su sistema de A2/AD⁵².

El empleo del EMP por parte de organizaciones terroristas o criminales

Si bien es factible la confección de pequeñas armas de EMP, no parece que su uso sea rentable por parte de un grupo terrorista, no estimándose que sus efectos pudieran ir mucho más allá de una acción puntual.

Existe la posibilidad de producir un EMP nuclear de gran altura por parte de este tipo de actores, si le fuese proporcionada un arma de estas características y que esta pudiese ser detonada a la altitud requerida, ya fuese mediante una plataforma aérea o un globo. Si bien la primera de las opciones no parece la más viable, debido al control del tráfico aéreo, la segunda parece tener más visos de probabilidad, toda vez que fue una de las opciones que se emplearon durante la ya referida operación *Hardtack*, en el experimento *Yucca*. También podría contemplarse la también citada posibilidad del lanzamiento de un misil desde un buque mercante que se aproximase a la costa⁵³.

En esta línea son sobradamente conocidos los daños devastadores que tendría una explosión nuclear aérea elevada sobre las infraestructuras críticas de un país, especialmente sobre las redes de telecomunicaciones y aún más sobre las redes de suministro de energía eléctrica. Este hecho puede ser atractivo para grupos terroristas o criminales, o a otros actores estatales que les empleen a modo de «proxies».

⁵¹ ACKERMAN, «Evan Raytheon Sets Phasers to Drone Destruction with Directed Energy Weapon Test», IEEE Spectrum, disponible en: <https://spectrum.ieee.org/tech-talk/aerospace/military/raytheon-sets-phasers-to-drone-destruction-with-directed-energy-weapon-test> Fecha de la consulta 19.04.2018.

⁵² KANIA, Elsa B., «The PLA's Potential Breakthrough in High-Power Microwave Weapons», The Diplomat, March 11, 2017, disponible en: <https://thediplomat.com/2017/03/the-plas-potential-breakthrough-in-high-power-microwave-weapons/> Fecha de la consulta: 19.04.2018.

⁵³ WALES, Brandon, «Oversight of Federal Efforts to Address Electromagnetic Risks», US Department of Homeland Security Written testimony of NPPD Office of Cyber and Infrastructure Analysis Director Brandon Wales for a House Committee on Homeland Security, Subcommittee on Oversight and Management Efficiency, May 17, 2016, disponible en: <https://www.dhs.gov/news/2016/05/17/written-testimony-nppd-house-homeland-security-subcommittee-oversight-and-management>. Fecha de la consulta 19.04.2018

Hay que tener en cuenta que en el pasado se han producido numerosos casos de ataques a las redes de electricidad por parte de este tipo de grupos. Entre los ejemplos más significativos se podría citar el apagón del 25 de enero de 2015, en que separatistas de Beluchistán consiguieron la interrupción del suministro eléctrico del 80% del territorio de paquistán⁵⁴.

Esta capacidad de actuación ha sido contemplada principalmente en los EE. UU., donde a la posibilidad de un ataque por parte de un actor estatal se ha unido la de un atentado. A este respecto se trató la opción terrorista durante la última comparecencia de la Comisión sobre el EMP ante el Congreso en año 2017⁵⁵.

Conclusiones

A lo largo del presente documento se han podido constatar las vulnerabilidades de las sociedades evolucionadas ante determinados acontecimientos. Los niveles de daño en correspondencia con las probabilidades de acaecimiento darían como resultado el riesgo a que estas sociedades se enfrentan y si es pertinente, tomar las medidas apropiadas para su mitigación.

En el caso de la posibilidad de la ocurrencia de un fenómeno ocasionado por un EMP, ya sea por causas naturales o artificiales, se ha podido constatar el daño de magnitudes desproporcionadas que podría infringir en un entorno de alto desarrollo tecnológico e interdependencia.

Dentro del aspecto concreto de las infraestructuras críticas, el resultado de un EMP podría acarrear la parálisis de una sociedad, debido al diferente grado de deterioro producido sobre los sistemas que la sustentan. Focalizando aún más dónde se causaría el mayor daño, se considera que el más preocupante es el derivado de la paralización de la red de suministro de energía eléctrica.

Aunque no se ha hablado de la probabilidad de acaecimiento, lo cierto es que los fenómenos naturales causados por las tormentas solares han sido una constante a lo largo de los tiempos. Aunque no sea un hecho muy común, lo cierto es que el factor temporal va incrementando las posibilidades de que el fenómeno se produzca, teniendo

⁵⁴ SHAHRAM, Haq, SAAD Hasan, ZAFAR, Bhutta, SHEHZAD, Baloch, «Power breakdown: Nationwide blackout», January 25, 2015, The Express Tribune, disponible en: <https://tribune.com.pk/story/827222/power-breakdown-nationwide-blackout/> Fecha de la consulta: 19.04.2018.

⁵⁵ GRAHAM, William R. y PRY, Vicent, «North Korea Nuclear EMP Attack: An Existential Threat», Op. Cit., p. 3.

en cuenta que a través del mismo intervalo de tiempo las sociedades se tecnifican aún más, haciéndose más vulnerables. A este respecto existen varios estudios, pronosticando un 12 por ciento de probabilidad de suceso del fenómeno en la próxima década⁵⁶.

A las probabilidades por causas naturales hay que añadir la posibilidad de que se produzca un EMP artificial debido a una detonación nuclear. Aunque el cálculo probabilístico se sale de este ámbito, lo cierto es que las tendencias actuales se dirigen a un mundo que tiende al orden multipolar, en el que existen potencias emergentes claramente revisionistas. Estas nuevas potencias, en oposición al decadente orden unipolar, son aspirantes a la hegemonía global o regional en sus respectivos ámbitos. En este entorno competitivo el ámbito de las relaciones internacionales tiende hacia posturas muy cercanas al realismo ofensivo, ya que los actores estatales buscan el dominio sobre los demás dentro del sistema en el que estos se encuentren. Esta búsqueda de poder estaría encaminada al establecimiento de un nuevo *estatus quo* en el que habría nuevas potencias hegemónicas dominantes. Para los autores de esta corriente de pensamiento, la hegemonía sólo se podría alcanzar a través de la adquisición de la capacidad nuclear⁵⁷.

En este entorno, parece también que sea lógico que el resto de potencias revisen sus capacidades nucleares, ya sea para mantenerse en una posición de liderazgo o para buscar la seguridad basada en la disuasión. No obstante, toda acción de un actor hacia la búsqueda del poder tiene una serie de barreras infranqueables por parte de otro. El no saber cuáles son las verdaderas «líneas rojas» a cruzar y la tendencia a la supresión de los canales múltiples de comunicación en un entorno competitivo, pueden traer como consecuencia los errores de percepción y el desencadenamiento del conflicto.

A la vista de todo lo anterior, parece lógico reconocer que el posible daño producido y las posibilidades de que este ocurra son lo suficientemente importantes para tomar medidas para evitar o paliar este tipo de sucesos.

En el plano de las Relaciones Internacionales se haría necesario considerar este tipo de ataques nucleares como desproporcionados, buscando la autorestricción de los posibles

⁵⁶ PRIGG, Mark, «NASA reveals new prediction system for giant 'doomsday' solar storms that could cost America \$41 billion a day», 26 January 2017, DailyMail, disponible en: <http://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-4161180/NASA-prediction-doomsday-solar-storms.html#ixzz5DCTKI9wV> Fecha de la consulta 20.04.2018.

⁵⁷ MEARSHEIMER, John J., «The tragedy of great power politics», WW Norton & Company, 2001, pp. 53-55.

agentes proliferantes en lo que se podría denominar como *self-binding* dentro de las teorías social-constructivistas. No obstante, esta iniciativa debería estar acompañada de incentivos y sanciones, en la misma línea que la Comunidad Internacional demuestra hacia las armas químicas. Esta serie de actuaciones se encontraría en consonancia con la ESN española del año 2017, principalmente dentro del objetivo de la «No-proliferación de ADM». A pesar de ello se debe estar preparado ante una posible contingencia de este tipo en todos los ámbitos de la ESN, ya que las perspectivas no parecen muy halagüeñas.

Se considera que la protección de las infraestructuras críticas debe ser una prioridad y se debe estudiar cuáles son las interdependencias actuales entre todas ellas, para de este modo buscar nuevos sistemas que las hagan tener el adecuado grado de independencia que garantice su resiliencia ante un incidente.

Todas las infraestructuras deben asegurar su supervivencia mediante el empleo de sistemas alternativos y redundantes, a la par que se les debe dotar a estos de la robustez conveniente para soportar un incidente de estas características. Como no se podrán proteger todos y cada uno de los elementos de los sistemas, se deberán robustecer especialmente aquellos que sean más valiosos. Del mismo modo deben preverse los esfuerzos necesarios para la recuperación de los sistemas de forma priorizada, incluyendo los simulacros, del mismo modo que se realizan para otras posibles contingencias como accidentes nucleares, incendios o inundaciones.

Especial mención merecen las infraestructuras de suministro eléctrico, ya que es muy posible que no sean capaces de soportar con la integridad suficiente los efectos de un fenómeno EMP. Por ello se deben establecer los sistemas autónomos de energía para las instalaciones más necesarias, así como el abastecimiento necesario para su utilización continuada. A esto hay que añadir la posibilidad de que diferentes áreas geográficas puedan operar de manera autónoma, sin que las interconexiones de la red colapsen su conjunto.

Igualmente deberá preverse un sistema alternativo para los medios de transporte colectivos basados en la energía eléctrica, hasta que se pueda restablecer su operatividad.

En una situación de este tipo, el abastecimiento de productos alimenticios y agua no se encuentra garantizado. Por ello y al igual que otros países de nuestro entorno se debería

establecer un sistema de almacenamiento y rápida distribución de productos no perecederos y agua para la población.

En el ámbito militar, parece que el empleo de armas basadas en el EMP, ya sean de origen nuclear como de radiofrecuencia es una posibilidad muy a tener en cuenta. Los nuevos conceptos de «guerra relámpago» y de «no-contacto» deben ser incorporados a las doctrinas militares, asimilados y practicados, del mismo modo que ya se hace cuando se realiza instrucción y adiestramiento en ambientes degradados.

Igualmente habría que revisar las características y la robustez de los sistemas de armas y equipos ante un entorno operativo de este tipo, buscando un equilibrio entre los requerimientos de la industria militar y lo que puede proporcionar la tecnología COTS. Del mismo modo, se debería contar con el suficiente grado de protección para los contratistas que proporcionen servicios a las Fuerzas Armadas durante operaciones. De este modo se garantizaría la continuidad de determinadas redes de comunicaciones así como de los operadores logísticos internacionales.

Aunque este conjunto de recomendaciones es de carácter genérico, lo cierto es que estas deberían estar plasmadas con detalle en la legislación europea y española, así como en sus procedimientos de actuación. Es posible que en un futuro próximo den fruto las iniciativas puestas en marcha en los diferentes ámbitos.

*José Ignacio Castro Torres
Coronel de Infantería (DEM)
Analista del IEEE*