

# *El Pulso Electromagnético, una amenaza para las Comunicaciones.*

Edwin James Gaul

Cuando se habla de una detonación nuclear se piensa de inmediato en términos de explosión, radiación térmica y radiación nuclear; sin embargo, existe un efecto que puede ser más nocivo para el Ejército en el campo de combate: "El pulso electromagnético" (PEM).

Del conocimiento claro que posean los Jefes Militares, Comandantes Tácticos y analistas en todos los niveles acerca de este fenómeno, depende en gran parte la efectividad del Ejército, antes y durante una confrontación nuclear táctica. Interpretaciones equivocadas pueden ocasionar la destrucción de los sistemas de comunicaciones en el momento más crítico.

En este artículo se examina la amenaza del PEM, se define la realidad del fenómeno, se explica por qué ocurre, qué daños puede causar en el equipo electrónico y de comunicaciones, y qué se puede hacer para contrarrestarlo.

El Pulso Electromagnético es tremendamente destructivo debido a sus propiedades y efectos únicos:

- No afecta a las personas. Solamente al equipo, y, en particular, al equipo de comando, control y comunicaciones, y a los sistemas eléctricos y electrónicos.
- La zona de influencia o de efecto del PEM es extensa. Cubre cientos de kilómetros cuando la explosión nuclear se provoca a gran altura, y varía entre 10 y 100 kilómetros cuando la explosión nuclear es de superficie.
- El PEM causa daños irreparables a los equipos electrónicos situados a una distancia mucho mayor que aquella en que pueden sufrir el efecto de la explosión, la radiación nuclear o la radiación térmica.

— Los modernos sistemas de comando, control y comunicaciones incrementan la vulnerabilidad y los riesgos. El PEM afecta a los equipos eléctricos, especialmente aquellos en que se aplica la compleja tecnología de semiconductores (transistores). Como las Fuerzas Militares dependen, cada día más, de sistemas sofisticados, la amenaza del PEM aumenta proporcionalmente.

Se visualiza mejor la magnitud de la amenaza del PEM cuando se la compara con la de otros fenómenos electromagnéticos. En la figura N° 1 se establece la densidad de potencia generada por diferentes fuentes.

### COMPARACION DE PODER ELECTROMAGNETICO

<u>FUENTE DE PODER/ENERGIA</u>	<u>DENSIDAD DE PODER</u> (Wattios por M <sup>2</sup> )
Radio receptor corriente	10 <sup>-3</sup>
Radio transmisor corriente	10 <sup>2</sup>
Radar direccional	10 <sup>3</sup>
Pulso electromagnético	10 <sup>6</sup>

Figura 1

La cuantificación de la amenaza del PEM y sus repercusiones sobre las doctrinas tácticas aún no se ha establecido; sin embargo, se puede afirmar que, a pesar de constituir un problema complejo, es posible encontrar alguna solución, ya que se dispone de los suficientes conocimientos científicos y tecnológicos para combatir las vulnerabilidades y garantizar la supervivencia de los sistemas de comando, control y comunicaciones.

El PEM puede definirse como un pulso de energía electromagnética de banda ancha y de corta duración, producido por la interacción de la radiación de una explosión nuclear con la atmósfera o de ésta con la superficie terrestre.

Existe la tendencia a comparar el aspecto electromagnético del PEM con el rayo; sin embargo, aunque existen semejanzas, producto de su naturaleza electromagnética, deben ser tratados como dos fenómenos diferentes. Se puede

comprender mejor el fenómeno del PEM cuando se considera la causa que lo origina, o sea, la interacción de la radiación nuclear con la atmósfera. La figura N° 2 representa la detonación de un arma nuclear y muestra las formas de energía que produce.

### PRODUCCION DE ENERGIA EN UNA EXPLOSION NUCLEAR

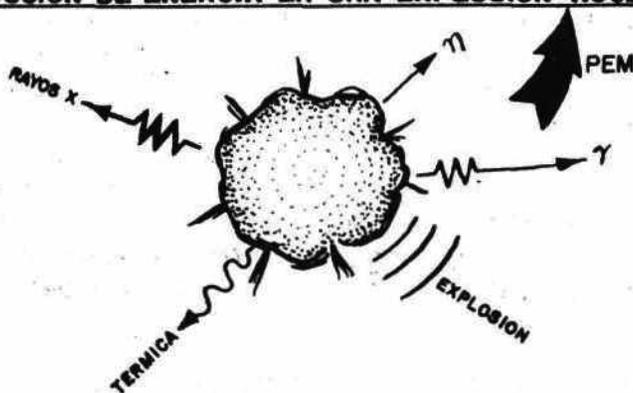


Figura 2

La radiación nuclear está compuesta por rayos gama, rayos X y neutrones producidos en el centro de la detonación. Los rayos gama, originados en una detonación nuclear a cualquier altitud, son la fuente principal de la generación del PEM. La figura 3 muestra las diferentes alturas de la explosión y sus efectos en la producción y propagación del PEM: explosiones en la exósfera, en el aire, en la superficie, cerca a la superficie y en la subsuperficie.

### REGIMENES DE ALTITUD DEL PEM

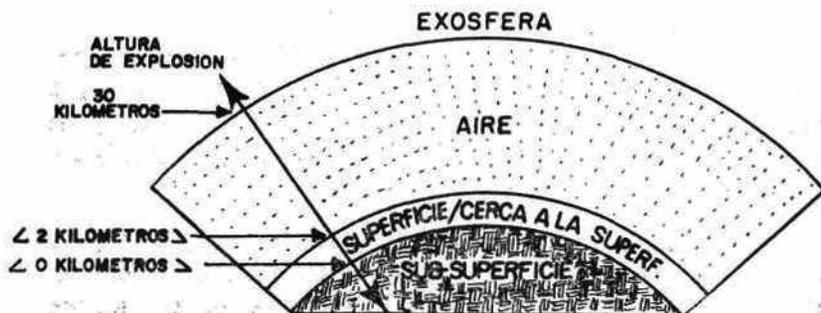


Figura 3

Como se muestra en la figura N° 4, una explosión nuclear a cualquier altitud, produce dos clases de campos electromagnéticos en dos regiones diferentes: un campo de origen y un campo radiado. Esto se puede comparar con una gigantesca antena, la cual dentro de sí, contiene un fuerte campo electromagnético y a su vez irradia otros a considerables distancias.

La región de origen del PEM comprende físicamente el volumen de la atmósfera dentro de la cual se produce la interacción de los rayos gama con las moléculas del aire. Esto produce una fuerte energía eléctrica acompañada de la formación de ondas de energía de forma asimétrica, que generan el campo radiado. Esta energía se propaga fuera de la región de origen constituyendo el PEM radiado. La potencia y área de efecto de las dos clases de PEM, (el de la región de origen y el radiado), dependen de la altura de la explosión y del tamaño del arma utilizada.

#### REGION DE ORIGEN Y PEM RADIADO

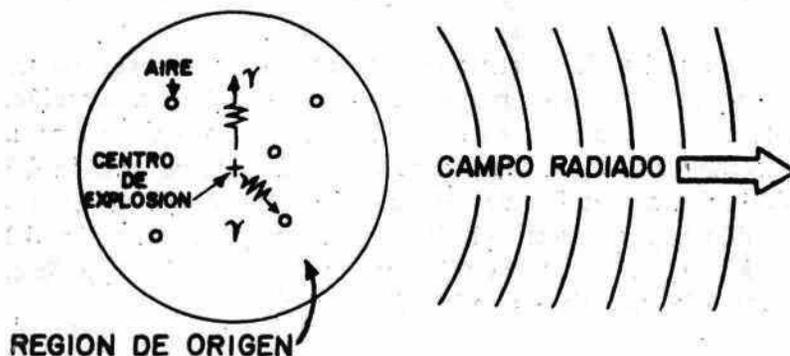


Figura 4

La figura N° 5 muestra en forma sintética la potencia y el área de efecto del campo de origen y del PEM radiado, según las diferentes alturas de la explosión. Según esto, cualquier sistema electrónico instalado en tierra estará sometido a estas potencias destructivas.

Un detenido examen de los datos contenidos en la Figura 5 permite establecer la existencia de dos fuentes de destrucción para los equipos instalados en tierra: el campo radiado

por una explosión en la exósfera y el campo de origen de una explosión en superficie o cerca de ella. El área de cobertura del PEM es considerable: miles de kilómetros cuadrados resultan afectados por una explosión en la exósfera y entre 10 y 100 kilómetros por una explosión sobre la superficie o cerca de ella.

**POTENCIA Y AREA DE COBERTURA DEL PEM SOBRE SISTEMAS TERRESTRES**

	Región de origen		Radiado	
	Potencia (kilómetros cuadrados)	Area (kilómetros cuadrados)	Potencia (kilómetros cuadrados)	Area (kilómetros cuadrados)
Exosfera	No aplicable	No aplicable	Alta	10 <sup>6</sup>
Aire	No aplicable	No aplicable	No aplicable	No aplicable
Cerca Superficie	Baja-Alta	10	Baja	50
Superficie	Alta	10	Baja	50
Sub-superficie	Alta	< 1	No aplicable	No aplicable

Figura 5

¿Cómo afecta el PEM al equipo electromagnético?

Antes de explicar los efectos del PEM sobre el equipo, es necesario comprender su composición. Como ya fue definido, es una banda ancha de amplia gama de frecuencias. La Figura 6 da una idea sobre las diferentes frecuencias que componen al PEM.

La definición anterior se asocia con los efectos que resultarían si un gran número de transmisores de alta potencia sintonizados en diferentes frecuencias, son puestos al aire en forma simultánea al máximo de poder y apagados microsegundos después. El resultado sería un bloqueo de energía electromagnética de alta potencia en todas las frecuencias, durante unos microsegundos.

Todos los conductores de electricidad (cables, alambres, antenas, estructuras metálicas, etc.), poseen la propiedad de absorber ciertas frecuencias mejor que otras y con diferentes grados de eficiencia, lo que normalmente se denomina "coupling" o acoplamiento. El material que se acopla con la energía electromagnética puede también absorber suficiente cantidad de energía del PEM, lo cual da origen a variaciones de voltaje y corriente que ocasionan daños en los sistemas sensibles a estas variaciones.

## FRECUENCIAS DEL PEM

### TRANSMISORES

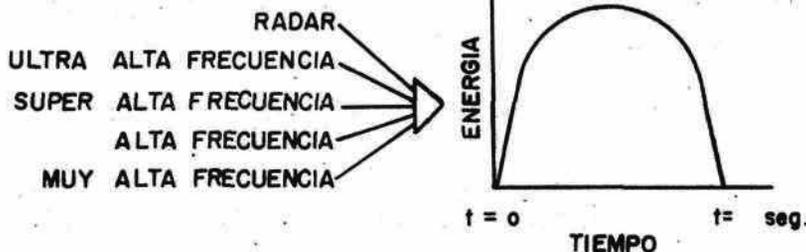


Figura 6

Los equipos modernos de comunicaciones son bastante sensibles a tales variaciones, debido al extensivo uso de microcircuitos y transistores. Esto obliga a investigar cuidadosamente sobre nuevas especificaciones en el diseño, pues de lo contrario estos aparatos no podrán resistir adecuadamente las variaciones de voltaje y corriente resultantes de su acoplamiento con el PEM, con los consiguientes daños en sus componentes internos o, cuando menos, deficiencias en el funcionamiento de los equipos. Será necesario, entonces, efectuar intensivas pruebas y análisis para determinar los alcances del acoplamiento de energía del PEM y los diferentes grados de daño o destrucción que ésta puede producir.

Algunos procedimientos que se pueden utilizar para minimizar el mortífero efecto del PEM son:

- Instalación de artefactos protectores en cables, alambre y bajadas de antena.
- Reemplazo de transistores demasiado sensibles al efecto del PEM, por otros más resistentes, los que generalmente son más costosos.
- Modificación de las técnicas de conexión a tierra.
- Protección eléctrica de las estructuras metálicas, buscando un mayor grado de aislamiento.

Sin embargo, es necesario enfatizar sobre el hecho de que actualmente es casi imposible determinar o predecir a

ciencia cierta el efecto que puede tener el PEM sobre los más recientes y complicados equipos electrónicos y de comunicaciones, y mucho más aún sobre los modelos del futuro. El Ejército norteamericano con base en los criterios establecidos por la Agencia Nuclear, desarrolla un programa de investigación sobre la protección de los equipos más importantes. Este programa incluye pruebas de los componentes electrónicos, de los circuitos eléctricos, del ensamblaje, de los productos terminados y del sistema total. La prueba final se hace empleando simuladores de PEM portátiles, que posee y opera dicha Agencia.

#### Las operaciones tácticas y la supervivencia del equipo electrónico.

En el Teatro de Operaciones, los requerimientos de protección nuclear para los equipos dependen de la capacidad nuclear del enemigo. Si existe la posibilidad de explosiones nucleares de alta potencia y a gran altura, todo el equipo de comando, control y comunicaciones es completamente vulnerable; esta consideración se relaciona con lo explicado acerca de una detonación de bastante altitud, figura N° 5, en donde se dejó establecido que el área de influencia puede llegar a cubrir miles de kilómetros cuadrados.

El efecto de una explosión nuclear en la superficie es más sutil. Las figuras siguientes muestran lo que ocurre con el equipo, en un ambiente de guerra nuclear táctica, cuando el material ha sido diseñado para resistir los efectos del PEM y cuando no se ha previsto tal eventualidad.

En el primer caso, figura N° 7, la supervivencia del equipo previamente protegido está garantizada para distancias de 1 a 2 kilómetros del lugar de la detonación. ¿Pero, qué ocurre si no existe la protección contra el PEM?

Experiencias recientes demuestran que los efectos del arma nuclear (explosión, radiación térmica y radiación atómica), pierden su efectividad más allá de los 2 o 4 kilómetros del punto de la detonación, mientras que el efecto del PEM continúa hasta los 5 o 10 kilómetros, figura N° 8. Esto indica claramente que un Comandante puede quedar privado de su equipo de comunicaciones más importante en un radio de 10 kilómetros, medido desde el punto de la explosión nuclear.

### EQUIPO CON PROTECCION

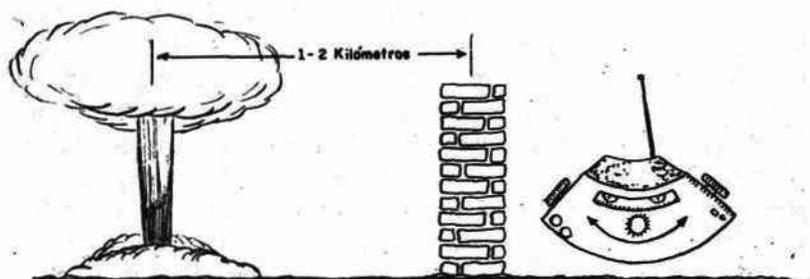


Figura 7

### EQUIPOS SIN PROTECCION

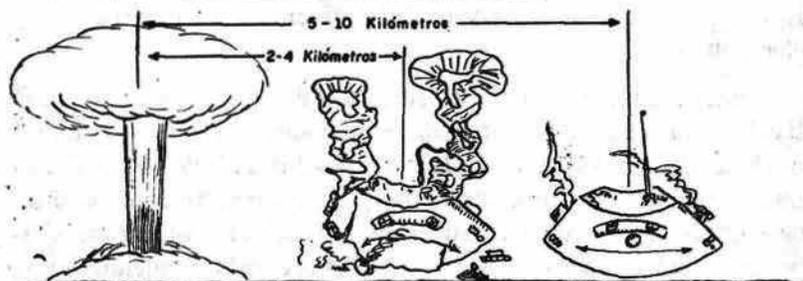


Figura 8

### Conclusiones.

El PEM posee un efecto tremendamente destructor debido a la energía que contiene, al área que cubre y a la gran vulnerabilidad propia de los modernos equipos electrónicos.

La protección contra el PEM requiere de un costoso programa que incluya la experimentación previa de los diseños, pruebas, análisis y experiencias en el campo de combate. Si la protección contra el PEM se planea e integra desde la etapa inicial de producción de los equipos, los costos serán más bajos en comparación con los que demandaría esa protección para equipos ya instalados.

Por último, un programa de supervivencia nuclear debe suministrar la información que un comandante necesita para el planeamiento y desarrollo de las operaciones tácticas, dentro de un confiable margen de seguridad para sus tropas y sus equipos.

Traducción y adaptación del artículo "Electromagnetic Pulse".  
Military Review — US Army Command and General Staff College,  
Fort Leavenworth, Kansas — N° 3 — Marzo 1975.