

78/2014

17 de julio de 2014

*Guillermo Velarde Pinacho**

DESARROLLO DEL ARMAMENTO
NUCLEAR DE COREA DEL NORTE

[Visitar la WEB](#)

[Recibir BOLETÍN ELECTRÓNICO](#)

DESARROLLO DEL ARMAMENTO NUCLEAR DE COREA DEL NORTE

Resumen:

Corea del Norte viene fabricando desde hace años, misiles de alcance corto y actualmente de alcance medio, que son considerados entre los mejores misiles que pueden ser adquiridos en condiciones económicas óptimas.

Con respecto a su programa nuclear, el gobierno norcoreano eligió las bombas atómicas de plutonio al ser más compactas que las de uranio y, por tanto, las apropiadas para su empleo en la cabeza de un misil.

El presente trabajo expone problemas científicos y técnicos que se tuvieron que resolver en Corea del Norte para la fabricación de sus bombas atómicas de plutonio. Para ello, previamente tuvieron que analizar los métodos del proyectil y de la implosión. Para la fabricación de las bombas atómicas de plutonio, los físicos e ingenieros nucleares norcoreanos tuvieron que llevar a cabo el proyecto del método de la implosión y el desarrollo de sus componentes: detonadores con desviación estándar del orden de la mil millonésima de segundo, lentes de explosivo convencional de alta velocidad de detonación y resolver parcialmente la compleja metalurgia del plutonio.

Finalmente, se expone de forma resumida la política llevada a cabo por Corea del Norte que le permitiera disponer del tiempo necesario para fabricar la bomba atómica de plutonio.

Abstract:

During several years the Democratic People's Republic of Korea has manufactured short-range missiles and currently, medium range missiles. They are considered among the best missiles that can be acquired at optimal economic conditions.

From the beginning of its nuclear program, North Korea chose to develop plutonium atomic bombs since they are more compact than uranium atomic bombs and, therefore, appropriate for the use in a warhead.

This paper presents scientific and technical problems that North Korean physicists and engineers had to solve for the manufacturing of the plutonium atomic bombs. To do this, previously they had to analyze both the gun and implosion methods. For the production of the plutonium atomic bomb, North Korea conducted the techniques to design and develop the following components: detonators, conventional high explosive lenses, and partially resolve the complex metallurgy of plutonium.

***NOTA:** Las ideas contenidas en los **Documentos de Opinión** son de responsabilidad de sus autores, sin que reflejen, necesariamente, el pensamiento del IEEE o del Ministerio de Defensa.

Finally, this paper summarizes the policy pursued by North Korean government to allow this country sufficient time to produce the plutonium atomic bomb.

Palabras clave:

Bombas atómicas de uranio y de plutonio. Métodos del proyectil y de la implosión. Lentes de explosivo convencional de alta velocidad de detonación. Metalurgia del plutonio. Acuerdo Marco.

Keywords:

Uranium and plutonium atomic bombs. Gun and implosion methods. conventional high explosive lenses. Plutonium metallurgy. Agreed Frame.

INTRODUCCIÓN

Corea del Norte viene fabricando desde hace años misiles de alcance corto, y actualmente, de alcance medio que son considerados entre los mejores misiles que pueden ser adquiridos en condiciones económicas óptimas. Se dice popularmente que si se quiere disponer de un buque de carga, lo más económico es comprárselo a Corea del Sur y que si se quiere un misil de alcance corto, lo más económico es comprarlo a Corea del Norte.

A finales de la década de los años 70, el gobierno norcoreano decidió desarrollar un pequeño arsenal de bombas atómicas para sus misiles, contando para ello inicialmente con las minas de uranio y las fábricas de concentrados de Pyongsan y Pakchon.

El reducido grupo de físicos e ingenieros nucleares que entonces había en Corea del Norte conocía que las bombas de uranio eran más voluminosas que las de plutonio y que, mientras que la fabricación de las bombas de uranio se encontraba al alcance de cualquier país de tecnología media, las de plutonio requerían un elevado número de físicos e ingenieros nucleares altamente cualificados, ya que la tecnología de estas bombas era extraordinariamente compleja.

Sin embargo, el gobierno de Corea del Norte estaba decidido a que sus bombas atómicas fuesen lo suficientemente compactas para que cupiesen en la cabeza de sus misiles. Consideró como primera opción el desarrollo de las bombas atómicas de plutonio y, como segunda opción, las de uranio.

A principios de la década de los años 80 en el Centro de Investigaciones Científicas de Yongbyon se hallaban ubicados las siguientes instalaciones: un reactor nuclear moderado por grafito y refrigerado por gas, de unos 15 megavatios térmicos alimentado con uranio natural; una fábrica de elementos combustibles, y una planta de reelaboración o reproceso del combustible extraído de este reactor con objeto de obtener el plutonio necesario para sus bombas nucleares. Con todo ello, Corea del Norte disponía del ciclo completo del combustible nuclear que le permitía obtener el plutonio necesario para fabricar una bomba atómica al año.

A partir de entonces, el gobierno siguió el proceso habitual de los países que no habiendo firmado el Tratado de No Proliferación Nuclear (TNP), desean desarrollar armamento nuclear. Primeramente, firmó el 12 de diciembre de 1985, el TNP como muestra de que Corea del Norte renunciaba al desarrollo de armamento nuclear. Posteriormente, envió centenares de físicos e ingenieros a estudiar física e ingeniería nuclear en centros de la URSS, China y Europa.

Sin embargo, el gobierno norcoreano se encontró desde un principio con dos serios problemas:

El primero de ellos era que, debido al deficiente desarrollo agrícola y a la escasez de fuentes de energía eléctrica se producían periódicamente hambrunas, por lo que necesitaban la ayuda norteamericana para el suministro de petróleo y de sus excedentes agrícolas.

Por otro lado, tenían que desarrollar una ingeniosa política de confusión y cansancio, principalmente con Estados Unidos, firmando y denunciando acuerdos con objeto de

conseguir el tiempo necesario para fabricar sus armas nucleares. Todo ello sin llegar a situaciones extremas que dieran lugar a la ruptura definitiva de las negociaciones con el gobierno norteamericano.

INICIO DE LOS CALCULOS DE LAS BOMBAS ATÓMICAS

Los físicos e ingenieros nucleares que regresaban a su país después de uno o dos años de permanencia en los centros nucleares del extranjero, empezaron a analizar detalladamente los problemas que iban a encontrarse en el desarrollo de las bombas atómicas de uranio y, especialmente, en las de plutonio.

Tenían que calcular la masa crítica del uranio y del plutonio, es decir la masa mínima de uranio o plutonio necesaria para que se produzca una explosión nuclear. Si la masa es superior a la crítica, aunque sólo sea ligeramente, tarde o temprano un neutrón de la radiación cósmica produciría su explosión, mientras que si la masa es inferior a la crítica, cualquier neutrón exterior solamente produciría algunas fisiones nucleares sin dar lugar a la explosión. La masa crítica depende del enriquecimiento del uranio o del plutonio, de su densidad y de la configuración de la masa.

Aunque se desconocen los resultados obtenidos por los científicos norcoreanos, es de suponer que obtuvieron resultados análogos a los que habíamos obtenido dos décadas antes, en 1964 en el Proyecto Islero. Considerando una esfera maciza de uranio de densidad 18,7 gramos por centímetro cúbico, o de plutonio de densidad 19,9 gramos por centímetro cúbico, ambos enriquecidos al 94%, rodeada de una capa de uranio natural de 10 centímetros de espesor, la masa crítica de este uranio sería de 20 kilogramos con un radio de 6,3 cm, mientras que la del plutonio sería de 5,0 kg y un radio de 3,9 cm.

Estos resultados justifican la elección de las bombas atómicas de plutonio para ponerlas en la cabeza de un misil.

Si un país desea tener una fuerza de disuasión nuclear, seguirá la vía del uranio o del plutonio, según el objetivo que persiguiera con sus bombas atómicas. Si pretendiera emplearlas como bombas de gravedad transportadas por un bombardero, el camino indicado sería el de las bombas de uranio, mientras que si su objetivo fuera emplearlas en un misil, el camino sería el de las bombas atómicas de plutonio.

SEGUNDA OPCIÓN: BOMBAS ATÓMICAS DE URANIO

Para obtener el uranio enriquecido necesario para una bomba, hay que enriquecer el uranio natural, que solamente contiene un 0,7% de uranio 235 y el resto de un 99,3% de uranio 238, a más del 80% en uranio 235.

Desde 1945 hasta mediados de la década de los años 60, el procedimiento industrial empleado para enriquecer el uranio se llevaba a cabo en las plantas de difusión gaseosa en donde el uranio natural se transformaba en hexafluoruro de uranio gaseoso, haciéndolo pasar miles de veces por membranas semipermeables que iban dejando pasar

sucesivamente el compuesto más ligero: el hexafluoruro de uranio 235. Al final del proceso se obtenía uranio enriquecido a un 3% o 4% para los reactores nucleares productores de energía eléctrica, o a más de 80% para las bombas atómicas de uranio.

Este método era extremadamente complejo, requería una alta tecnología en la fabricación de las membranas y, sobre todo, grandes cantidades de energía eléctrica, por lo que sólo era accesible a las grandes potencias nucleares.

Desde la década de los años 60 hasta hoy, el método óptimo para enriquecer el uranio se realiza en plantas de ultracentrifugadoras. El hexafluoruro de uranio natural se introduce en una ultracentrifugadora de metro y medio de altura por unos 40 cm de diámetro que gira a unas 40.000 revoluciones por minuto. Como se ha visto antes, el componente más pesado, el hexafluoruro de uranio 238, se dirige hacia la superficie de la ultracentrifugadora, mientras que el componente más ligero, el hexafluoruro de uranio 235, se dirige hacia el centro. Repitiendo esta operación en miles de ultracentrifugadoras, se logra obtener el uranio con el enriquecimiento deseado.

RED JAN

Plantas de ultracentrifugación de las características anteriores se han obtenido en las últimas décadas en el mercado negro a través de la Red Jan. Esta Red se inició cuando en 1976 Abd al-Qadir Jan y varios ingenieros pakistaníes que trabajaban en la empresa holandesa FDO de ultracentrifugadoras para URENCO que suministra el uranio enriquecido al 3% o 4% para los reactores nucleares europeos, regresaron a Pakistán con una gran cantidad de documentación técnica. El Presidente Ali Bhutto le nombró director del subprograma de obtención de uranio enriquecido del programa nuclear paquistaní.

En 1979, se construyó en Pakistán la fábrica de ultracentrifugadoras de Sihala (experimental); en 1984, la de Kahuta y en 1987, la de Golra. En esta última fábrica de ultracentrifugadoras se empleó ya la tecnología más avanzada.

Jan aprovechó esta experiencia en beneficio propio estableciendo una amplia red para el suministro de plantas de ultracentrifugadoras. Para ello, se construyó en Malasia una fábrica camuflada de componentes para las ultracentrifugadoras que posteriormente se exportarían a través de Dubai al mejor postor. El 4 de octubre de 2003 el carguero BBC China que transportaba ultracentrifugadoras procedente de Malasia y con destino a Libia, fue interceptado al atravesar el Canal de Suez. Esta interceptación resultó posible tras la aplicación de las medidas reflejadas en la *Proliferation Security Initiative* (PSI) propuesta por los Estados Unidos y destinada a la interceptación de materiales relacionados con la fabricación de armas nucleares, radiológicas, químicas o biológicas que pudieran ser transportados ilegalmente, así como posibles sistemas de lanzamiento de estas armas.

Aunque la Red Jan fue entonces desmantelada, hay sospechas de que hubiera podido ser reconstruida sin la participación del ingeniero Jan ni la de sus más directos colaboradores.

Alrededor del año 2000, la Red Jan suministró a Corea del Norte centrifugadoras de los modelos P1 y P2, así como la tecnología desarrollada por URENCO y parece que también por

la fábrica japonesa Rokkasho-mura. La planta de ultracentrifugadoras se instaló en Mont Chouma. Corea del Norte justificó esta planta con objeto de obtener el uranio ligeramente enriquecido necesario en los futuros reactores nucleares productores de energía eléctrica, del tipo de agua ligera a presión, PWR (*Pressurized Water Reactors*).

Hay pruebas no concluyentes de que Corea del Norte pudiera tener otra planta de ultracentrifugadoras enterrada en un lugar desconocido, con la que podría obtener uranio altamente enriquecido para su segunda opción de obtener bombas atómicas de uranio, al ser éstas de fácil fabricación y poder optimizarse sin tener que realizar pruebas nucleares, las cuales son necesarias para el desarrollo de las bombas de plutonio.

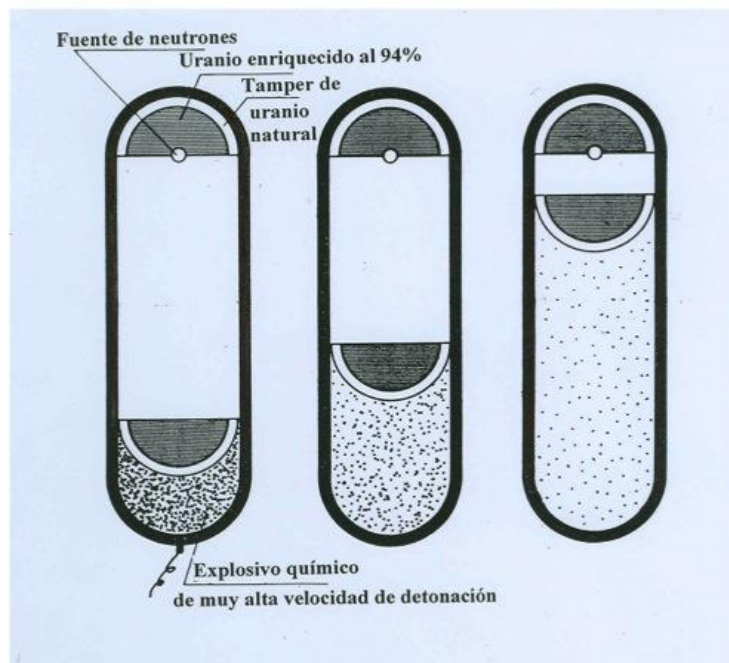


Figura 1.- Esquema del método del proyectil

Una vez obtenido el uranio enriquecido a más del 80%, la fabricación de la bomba atómica de uranio por el método del proyectil no presentaba grandes dificultades técnicas. La configuración más sencilla consiste en fabricar dos semiesferas de uranio altamente enriquecido de unos 15 kilogramos cada una (Figura 1). Cuando se quiere efectuar la explosión nuclear, se da fuego a un detonador que produce en un explosivo convencional una onda de presión que lanza una semiesfera contra la otra, formando finalmente una esfera con una masa supercrítica de 30 kg (la masa crítica es de unos 20 kilogramos) en cuyo instante una fuente auxiliar de neutrones emitirá un haz de neutrones que iniciarían en la esfera de masa supercrítica una serie exponencial de fisiones nucleares, dando lugar a la explosión nuclear. El tiempo empleado en el proceso es de unos 25 microsegundos y el rendimiento sería inferior al 5%.

PRIMERA OPCIÓN: BOMBAS ATÓMICAS DE PLUTONIO

Corea del Norte obtuvo el plutonio enriquecido al 94% en plutonio 239 del reactor de Yongbyon. Sin embargo, una vez obtenido este plutonio, la fabricación de la bomba atómica presentaba grandes dificultades científicas y técnicas.

El método del proyectil empleado inicialmente en las bombas de uranio era inaplicable para las de plutonio, ya que el plutonio enriquecido al 94% está formado por el 94% de plutonio 239 y el resto, un 6%, por plutonio 240 el cual se fisiona espontáneamente, emitiendo neutrones. Para las masas consideradas en una bomba atómica de plutonio, el plutonio 240 emite un neutrón cada 3 microsegundos aproximadamente. Como en el método del proyectil el proceso dura unos 25 microsegundos, durante este tiempo el plutonio 240 emitiría unos 8 neutrones, dando lugar a una explosión nuclear de unas pocas décimas de kilotón o, simplemente, a un fogonazo.

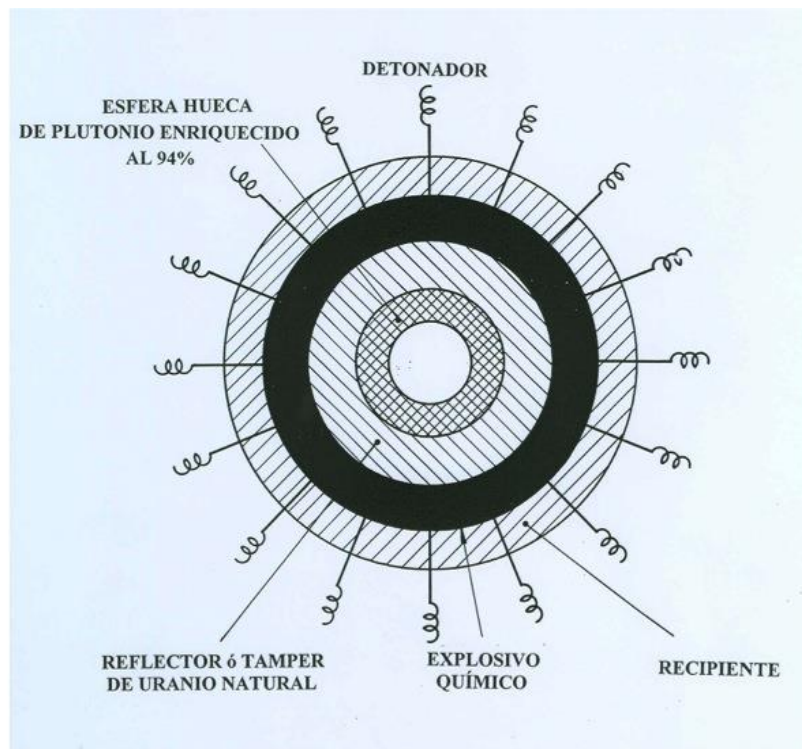


Figura 2.- Esquema del método de la implosión empleado en las bombas atómicas de plutonio

Para las bombas atómicas de plutonio los ingenieros nucleares norcoreanos tenían que emplear una configuración que permitiera que el proceso de explosión durase menos que 3 microsegundos y para asegurar una explosión de decenas de kilotones, este proceso tendría que durar del orden del medio microsegundo.

Por ello se vieron obligados a emplear el complejo método de la implosión, para cuyo desarrollo se parte de una bola hueca de plutonio enriquecido al 94% cuya masa crítica es de unos kilogramos superior al de los 5 kilogramos de una bola maciza.

Este método de la implosión consiste en un sistema de unas treinta y dos lentes de explosivos convencionales que rodean una capa de uranio natural y ésta, a su vez, rodea una esfera hueca de plutonio enriquecido al 94%. Al dar fuego simultáneamente a esos detonadores, las lentes de explosivo convencional generan una onda de presión centrípeta que comprime la bola hueca en una bola maciza supercrítica, en cuyo momento se inyectan los neutrones de una fuente exterior produciendo la explosión. El proceso dura medio microsegundo con un rendimiento superior al 25% (Figura 2).

Para desarrollar las bombas atómicas de plutonio, los físicos e ingenieros nucleares norcoreanos tuvieron que resolver una serie de problemas extraordinariamente complejos:

- 1) Obtener los detonadores que tuviesen una desviación estándar del orden de la mil millonésima de segundo.
- 2) Fabricar las correspondientes lentes de explosivo convencional que dieran lugar a una onda de implosión lo más esféricamente posible.
- 3) Desarrollar la metalurgia del plutonio que entonces estaba parcialmente clasificada. Se sabía que el plutonio tiene numerosas formas alotrópicas distintas, cada una de ellas de diferente densidad y estable en un determinado intervalo de temperaturas.

POLÍTICA SEGUIDA POR COREA DEL NORTE PARA CONSEGUIR EL TIEMPO NECESARIO PARA FABRICAR LA BOMBA ATÓMICA DE PLUTONIO

Siguiendo el criterio de sus físicos e ingenieros nucleares, el gobierno de Corea del Norte consideró que tardaría unos diez años en poder desarrollar las bombas atómicas de plutonio, pero que debido a las presiones inevitables de los Estados Unidos, este período podría dilatarse durante más tiempo.

Cuando el 12 de diciembre de 1985 Corea del Norte firmó el TNP no declaró el Centro Nuclear de Yongbyon. Sin embargo, en 1989 los satélites norteamericanos detectaron la existencia de un reactor nuclear de unos pocos megavatios térmicos y las fábricas de elementos combustibles y de reelaboración o reproceso del combustible extraído del reactor nuclear. El gobierno quiso justificar la existencia de estas fábricas para producir radioisótopos para medicina, para la esterilización de alimentos y de material sanitario, y para la formación de sus físicos e ingenieros nucleares. No obstante, para cumplir estos objetivos bastaría con un reactor nuclear de una potencia del orden de la décima parte de la del de Yongbyon. Como consecuencia, los Estados Unidos impusieron a Corea del Norte una serie de sanciones económicas y comerciales.

A partir de entonces, tanto los gobiernos norcoreano como norteamericano establecieron una política de *apretar pero no ahogar*, con objetivos distintos. Corea del Norte, el de

conseguir el tiempo necesario para fabricar su primera bomba atómica de plutonio. Los Estados Unidos para socavar el régimen comunista.

A continuación se expone un resumen cronológico de la política seguida:

- El 30 de enero de 1992 el gobierno de Corea del Norte se vió obligado a firmar el acuerdo de salvaguardias con el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), permitiendo la inspección de los centros nucleares declarados previamente según el TNP.
- A finales de 1992 y principios de 1993 Corea del Norte rechazó diversas inspecciones propuestas por el OIEA, por no cumplir las condiciones de salvaguardias firmadas el 30 de enero de 1992.
- El 12 de marzo de 1993 anunció su retirada del TNP, pero después de 89 días, anuló este anuncio (el TNP requiere que transcurran tres meses para que la retirada sea efectiva).
- El 21 de octubre de 1994, Corea del Norte y los Estados Unidos firmaron el Acuerdo Marco (Agreed Framework, AF), por el cual Corea del Norte se comprometía a aceptar plenamente el acuerdo de salvaguardias del OIEA, firmado anteriormente, a cambio de que los Estados Unidos levantasen las sanciones económicas impuestas; construyesen dos reactores nucleares productores de energía eléctrica del tipo reactor de agua ligera a presión, PWR (*Pressurized Water Reactor*), que deberían entrar en servicio en 2003 y suministrasen 500.000 toneladas de petróleo al año hasta que se construyese el primer reactor, como compensación por no poder disponer de la energía eléctrica de este reactor.
- En 2002, los Estados Unidos, basándose en que Corea del Norte había desarrollado misiles de alcance medio que vendía a otros países, paralizaron la construcción de los dos reactores nucleares PWR y suspendieron el envío de las 500.000 toneladas de petróleo.
- El 21 de enero de 2003, Corea del Norte, considerando que el desarrollo de misiles no entraba en el AF y que la paralización de las obras de los PWR y la suspensión del envío de petróleo violaba el AF, decidió retirarse del TNP y continuar con su programa nuclear. La retirada se hizo efectiva desde el día siguiente, no respetando los tres meses de plazo ya que se basaban en que habían anunciado su retirada el 13 de marzo de 1993. Esta retirada del TNP tiene diversas interpretaciones jurídicas.
- El 1 de agosto de 2003, Corea del Norte preocupada por la escasez de productos alimenticios, de energía eléctrica y de petróleo y temiendo que los Estados Unidos pudieran reanudar un nuevo bloqueo, propuso que el AF se ampliase a cinco países más: Estados Unidos, Rusia, China, Japón y las dos Coreas, con la confianza de que tardarían varios meses, e incluso años, en ponerse de acuerdo entre si.
- El 9 de octubre de 2006 Corea del Norte efectuó en el polígono de pruebas de Hwaderi (Kilju) su **primera prueba nuclear** obteniendo una energía de 0,5 a 0,8 kilotones.

Algunos grupos de opinión política consideraron que la prueba nuclear había sido un fracaso que demostraba la incapacidad de Corea del Norte de fabricar armas nucleares. La realidad era todo lo contrario, suponía un éxito espectacular, ya que con esta prueba demostraban que dominaban la compleja tecnología del plutonio. El que la explosión fuera de menos de un kilotón probablemente fue debido a que las lentes de explosivo convencional no habían funcionado adecuadamente o que los detonadores tenían una desviación estándar superior a la necesaria, pero este problema podría solucionarse en un par de años.

- El 14 de octubre de 2006, el Consejo de Seguridad de la ONU propuso una serie de sanciones a Corea del Norte que no fueron apoyadas por Rusia ni China.
- El 13 de febrero de 2007 los seis países del nuevo AF lograron por fin reunirse y acordaron con el gobierno norcoreano que, a cambio de recibir el suministro de petróleo y los excedentes agrícolas, volarían la torre de refrigeración del reactor. Como un reactor no puede funcionar sin la refrigeración necesaria, de nuevo, algunos grupos de opinión política creyeron que la voladura de su torre de refrigeración impediría el funcionamiento de este reactor ya que la construcción de otra nueva sería fácilmente detectada.

Corea del Norte decidió volar la torre de refrigeración pero no destruyó el reactor nuclear, con la excusa de que acarrearía problemas de contaminación ambiental. Sin embargo, al tiempo que volaban su torre de refrigeración, se estaban enterrando las tuberías para extraer del río Kuryoni el agua necesaria para la refrigeración del reactor, lo que le permitiría entrar en funcionamiento empleando el nuevo sistema de refrigeración.

- El 14 de abril de 2009, debido a la denuncia de la ONU por las pruebas realizadas con el del misil norcoreano Taepo Dong II, de unos 4000 km de alcance, Corea del Norte renunció a reunirse definitivamente con los seis países del AF, expulsando a los inspectores de la OIEA y reanudando el programa de armas nucleares.
- El 25 de mayo de 2009, Corea del Norte realizó su **segunda prueba nuclear**, que según las mediciones de los siguientes sismógrafos se obtuvo:
 - El *US Geological Survey*, con 23 estaciones, midió 4.7 grados en la escala de Richter, que corresponden a 4.7 kilotones.
 - El *International Data Center*, con cerca de 20 estaciones, midió 4,5 grados Richter, que corresponden a 2.5 kilotones.
 - El *Japan Meterological Agency*, midió 5.3 grados en la escala de Richter, correspondiente a 10 kilotones.

Desechando la medida japonesa, puede considerarse que la energía de la explosión fue de unos 3.5 kilotones.
- El 12 de febrero de 2013, Corea del Norte realizó su **tercera prueba nuclear** con la que alcanzó una energía de unos 8 a 12 kilotones. Esta prueba demostró que ya habían resuelto los problemas técnicos de las bombas atómicas de plutonio.

Hay que tener en cuenta que durante el Proyecto Manhattan los científicos tuvieron serias dudas sobre la fiabilidad del complejo proceso de la implosión. Temían que la bomba atómica de plutonio que habían construido en Los Alamos no explotara correctamente. Por esta razón consideraron necesario realizar una prueba previa que tuvo lugar el 16 de julio de 1945 en el desierto de Alamogordo en Nuevo México. En la prueba de esta bomba atómica de plutonio, proyectada para obtener unos veinte kilotones, se obtuvieron menos de la mitad. Después de efectuar determinadas correcciones la *Fat Man*, la bomba atómica de plutonio explosionada en Nagasaki el 8 de agosto de 1945, obtuvo unos 14 kilotones.

En la figura 3 se representan las instalaciones nucleares de Corea del Norte.

CONCLUSIONES

Corea del Norte tiene una agricultura y una ganadería insuficiente para abastecer a su población. Por otro lado, carece de petróleo y tiene graves problemas de abastecimiento energético.

Sin embargo, este país dispone de una alta tecnología en la fabricación de misiles de alcance corto y medio como el Taepo-Dong I de 2000 kilómetros de alcance y el Taepo-Dong II, de 4000 kilómetros. Parece ser que aunque las pruebas de este misil realizadas en 2006 fallaron, actualmente se considera que ya pudiera estar operativo. Estos misiles, de una gran fiabilidad y con precios difícilmente competitivos, han sido adoptados por Pakistán e Irán.

En la actualidad Corea del Norte tiene de 6 a 10 bombas atómicas de plutonio, estando en el proceso de hacerlas más compactas para poder poner una o varias en la cabeza de un misil.

El peligro radicaría en que pudiendo encontrarse en situaciones económicas extremas (hambrunas, falta de combustibles y energía, etc), decidiera vender, en un futuro próximo y al mejor postor, misiles con cabeza nuclear, de igual modo a como la Red Jan de Pakistán vendió ultracentrifugadoras a Irán, a Corea del Norte y lo intentó con Libia.

i

*Guillermo Velarde Pinacho**

General de División del EA (reserva)

Catedrático Física Nuclear

Presidente del Instituto de Fusión Nuclear de la UPM

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Velarde, G. Cálculos y estudios propios.
- 2.- Velarde, G. *Componentes Estratégicos de la Seguridad y Defensa. Proliferación Nuclear. La Energía y su Relación con la Seguridad y Defensa. Monografías del CESEDEN 98. Ministerio de Defensa. Julio 2007.*
- 3.- Joint Statement of the Fourth Round of the Six-Party Talks. Beijing 19 September 2005. U.S. Department of State. www.state.gov
- 4.- Office of Foreign Assets Control (OFAC). North Korea: An Overview of Sanctions With Respect to North Korea. Updated May, 6, 2001. www.treasury.gov
- 5.- Security Council and UN officials condemn DPR Korea's nuclear test. 12 February, 2013. www.un.org



Figura 3.- Instalaciones nucleares de Corea del Norte (adaptación de diversas fuentes)

***NOTA:** Las ideas contenidas en los *Documentos de Opinión* son de responsabilidad de sus autores, sin que reflejen, necesariamente, el pensamiento del IEEE o del Ministerio de Defensa.