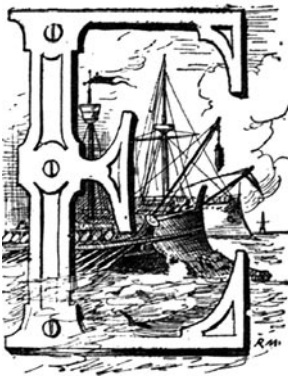


DETONACIONES SUBMARINAS EN LOS GASODUCTOS NORD STREAM 1 Y 2

Rafael Francisco CARREÑO FELICES



N la madrugada del lunes 26 de septiembre de 2022, los sismógrafos del mar Báltico y los sensores de presión de Nord Stream detectan respectivamente grandes liberaciones de energía de manera instantánea (grandes detonaciones) y una brusca caída de presión en ambos gasoductos. Horas más tarde, se confirman importantes fugas de gas que abarcan cientos de metros en superficie, se establecen áreas de seguridad de cinco millas náuticas en superficie en torno a esas fugas e incluso restricciones al tráfico aéreo en las proximidades. Poco después, los sismólogos dan las primeras estimaciones sobre las cantidades de explosivo que pudieron provocar semejantes liberaciones de energía. Nord Stream, una infraestructura crítica

de la UE, ha sido sabotada.

Casualidades de la vida, durante las tres semanas anteriores se celebraron en Cartagena dos seminarios teóricos y prácticos de la OTAN y la UE sobre búsqueda, recogida y explotación técnica de restos y evidencias en el entorno marítimo, incluyendo escenarios prácticos sobre grandes detonaciones submarinas (200 kg de TNT). Ambos proyectos, *Technical Exploitation in Water Environment* de la OTAN (TEWE) y *Technical Exploitation in Maritime Environment* de la UE (TEXMAR), surgen del creciente interés por estas áreas durante los últimos años. Nuestros compañeros de la Marina sueca, con los que apenas tres días antes estábamos discutiendo los efectos del explosivo bajo el agua y los procedimientos para recoger evidencias en escenarios sobre grandes detonaciones submarinas, me confirman que están inmersos en las investigaciones de lo ocurrido.

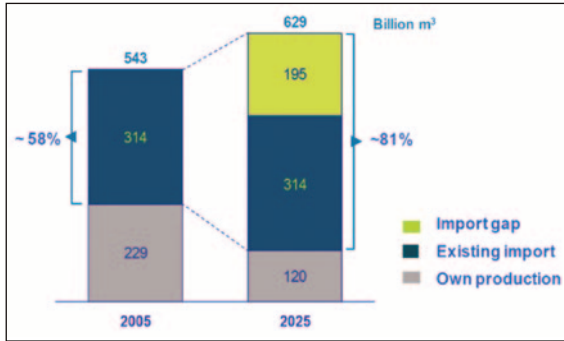


Imagen extraída de los documentos del proyecto Nord Stream que refleja la previsión de que la UE aumentase su demanda de gas natural en un 31 por 100 durante los veinte años siguientes a la fundación de Nord Stream

No obstante, si bien considero que lo relatado en el párrafo anterior fue únicamente fruto del azar, el hecho de que el Centro de Excelencia C-IED de Hoyo de Manzanares (OTAN) y la Agencia Europea de Defensa (UE) hayan confiado en la Unidad de Buceadores de Medidas Contra Minas (UBMCM) para apoyar y liderar respectivamente los proyectos TEWE y TEXMAR, no es casualidad. La UBMCM tuvo su origen

hace casi un siglo, en secciones de la antigua Unidad Especial de Buceadores de Combate (UEBC), y cuenta con más de cuarenta años de experiencia en los ámbitos de empleo de explosivos, búsqueda y recuperación de objetos bajo el agua, así como en tareas de explotación técnica de nivel 1. Como autor, me veo en la obligación de incluir este párrafo, ya que las opiniones y análisis que voy a compartir se nutren en gran medida de mi experiencia como buzo y EOD submarino de la UBMCM.

El contexto

Antes de sumergirme en mi análisis, debo mencionar ciertos aspectos clave sobre el contexto que rodea al proyecto Nord Stream desde su inicio.

Hace ya más de dos décadas, ante la evidente tendencia alcista de la demanda de energía de Europa, se decide invertir en un proyecto que garantice esa estratégica y creciente necesidad energética (1).

Sin entrar en detalles para evitar polémicas ajenas a este artículo, me limitaré a decir que en 2010, cinco años más tarde de la creación de Nord Stream AG (consorcio de cuatro empresas europeas y una rusa, Gazprom, que ostenta el 51 por 100 de la propiedad del proyecto), Europa decidió apostar por el gas natural ruso y por la construcción de los gasoductos Nord Stream 1 y 2, que tendrían una vida útil de al menos cincuenta años. Esta decisión se mostró en ese momento como la opción más eficiente a largo plazo respecto a otras, como

(1) Según documentos del propio proyecto Nord Stream, se estimaba que desde el año 2005 a 2025 la UE incrementaría su demanda de gas natural en aproximadamente un 31 por 100.



Imagen extraída de los documentos del proyecto Nord Stream que refleja las conclusiones del estudio comparativo que se hizo de las tres opciones posibles para cubrir las crecientes necesidades energéticas de la UE: metaneros, gasoductos tendidos en tierra o tendidos en el fondo marino del mar Báltico

el transporte mediante metaneros, implicando una inversión de unos 7,4 billones de euros repartidos entre 12 países.

Según los documentos del proyecto Nord Stream (2), se barajaron distintas opciones para el tendido de los gasoductos, eligiéndose finalmente la del tendido completamente submarino, debido a que, entre otras cosas, las alternativas a través de países de Europa del Este y de la península escandinava requerían de mayor longitud de los gasoductos y con ello las caídas de presión serían mayores, se necesitaban más estaciones para comprimir el gas, la vida útil de los gasoductos podía verse reducida a la mitad y, en general, implicaban un mayor coste.

También se valoraron diferentes opciones en el propio tendido submarino, reconociendo en distintos niveles de exigencia y precisión el lugar donde finalmente se depositaron los gasoductos. Se evitaron zonas con obstáculos naturales, pecios, municiones y minas remanentes de conflictos (eliminando las que fueron necesarias), y se eligió el fondo marino más adecuado.

(2) Todos los documentos del proyecto Nord Stream a los que se hace referencia se encuentran en fuentes abiertas y son accesibles a través de la página web de Nord Stream, AG: <https://www.nord-stream.com/> (último acceso: 26 de octubre de 2022). En total, más de 150 documentos y 13.000 páginas para cualquiera que desee obtener más información.

Se analizó incluso la salinidad a lo largo del pasillo escogido para su tendido, con el objetivo de dotarlos de la protección galvánica más adecuada, y el impacto medioambiental que podrían provocar durante y después de la construcción, incluso en el caso de que se produjesen fugas o roturas.

El resultado fueron dos gasoductos robustos y fiables que permitían a Europa recibir hasta 55 billones de metros cúbicos de gas natural ruso al año. En parte gracias a esto, por un lado, la industria europea ha visto cubiertas sus necesidades de energía, gozando de una década en la que ha podido seguir siendo competitiva en el mercado internacional y, por otro, Rusia ha tenido garantizadas sus exportaciones de energía.

Sin embargo, en el ámbito geopolítico se podría entender que la apuesta por la energía rusa pudo implicar una dependencia, e incluso influencia, de Rusia en la toma de decisiones de la Unión, a la vez que disminuyó la de otros aliados. Por ejemplo, no podemos analizar la posición de la Unión respecto a la Guerra de Ucrania sin pensar en nuestras importaciones de energía rusa que en parte financian su campaña militar.

La advertencia del presidente de Estados Unidos, en la que aseguraba que «acabaría con Nord Stream 2» si Rusia invadía Ucrania (el 7 de febrero de 2022, apenas 16 días antes del inicio del conflicto) y la exigencia de Rusia —desde abril de 2022— de que Europa compre su energía en rublos en lugar de en dólares evidencian el pulso económico y financiero en el que las dos superpotencias se disputan la influencia en Europa, y quizás algo más. Aunque también deberíamos considerar otros intereses extranjeros, como el que podría encontrar China en el inicio de un conflicto convencional y/o nuclear entre Occidente y Rusia, o el que podría tener la propia Ucrania en que Europa se deshiciera de la dependencia energética con Rusia que pudiese estar impidiéndole tomar parte de forma más activa en el conflicto. Para terminar de rizar el rizo, curiosamente un día después del sabotaje se inauguró un nuevo gasoducto que conecta Noruega y Polonia, también a través del mar Báltico.

Son simples ejemplos de sospechas hasta ahora infundadas que brotan de la herida de la desconfianza que se ha abierto en Europa y que podría llegar a infectar nuestras relaciones internacionales si no logramos sanarla a tiempo. Solo la verdad puede hacer desaparecer esa sombra de la traición que oscurece nuestros pensamientos. Quienes puedan sentirse ofendidos por nuestras dudas, deben también comprender y respetar la necesidad y el deber de Europa de investigar lo ocurrido de forma objetiva e imparcial; porque estas heridas, si no cicatrizan bien, nunca lo hacen.

No puedo evitar que las detonaciones submarinas en los gasoductos de Nord Stream me recuerden al sabotaje del *Maine* de 1898 en La Habana, del que se acusó infundadamente a España, provocando un gran sufrimiento a nuestra nación. Por honor a la verdad y a nuestro pasado, no debemos caer en ese error de verter acusaciones infundadas sobre nadie.

¿Realmente fue un sabotaje?

Hay un hecho determinante ante la cuestión de si se trató o no de un acto de sabotaje, y es que diversos sismógrafos del mar Báltico detectaron importantes liberaciones de energía de manera instantánea, justo en la zona donde se encontraron las fugas de gas y poco antes de que se detectasen las caídas de presión en los gasoductos. Localizaron una primera gran detonación a las 02:03B de la madrugada y otra a las 07:04B de la tarde. Esas detonaciones provocaron respectivamente ondas sísmicas de 2,3 y 2,1 grados de la escala de Richter.

Los científicos que trabajan con estos sensores, los sismólogos, están habituados a las liberaciones de energía provocadas por detonaciones y son capaces de diferenciarlas rápidamente de otras provocadas, por ejemplo, por seísmos. Una detonación (con explosivo) es una reacción química instantánea que difiere, entre otras cosas por su velocidad, de otro tipo de liberaciones de energía, como las provocadas por seísmos.

El mar Báltico, en concreto, es una zona frecuente de ejercicios militares, donde son habituales las detonaciones submarinas, por ejemplo las que se

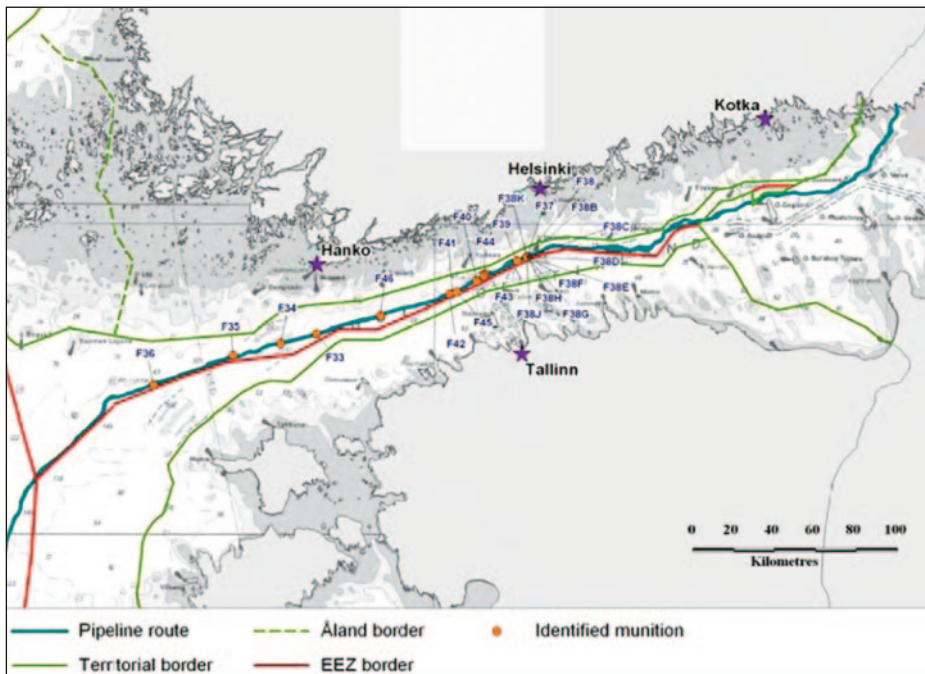


Imagen extraída de los documentos del proyecto Nord Stream en la que se aprecian las municiones que habían sido identificadas en la ZEE de Finlandia, a fecha de enero de 2011, durante la segunda fase de estudio de la canal donde se emplazarían los gasoductos

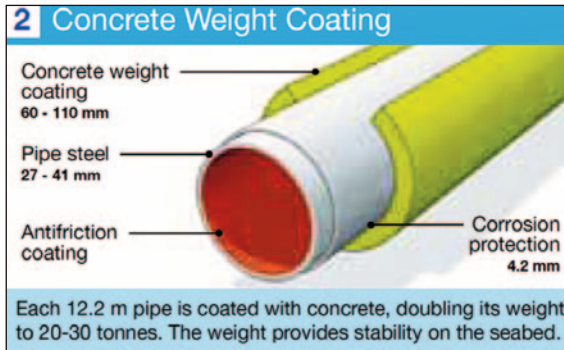


Imagen extraída de los documentos del proyecto Nord Stream en la que se muestran los distintos espesores de los gasoductos: entre 27 y 41 mm de acero (con un recubrimiento interior antifricción para facilitar la circulación del gas), unos 4,2 mm de recubrimiento anticorrosión de polietileno y entre 60 y 110 mm de hormigón armado. Como explicaré más adelante, las pequeñas variaciones de los espesores de acero y hormigón se deben a las diferentes presiones a las que circula el gas

gasoductos, por lo que la transmisión de la energía por el fondo marino (onda sísmica de la detonación) puede ser bien apreciada por los sismógrafos y las estimaciones deberían ser bastante precisas. En otros casos, con detonaciones a media agua (por ejemplo, minas de orinque) o en superficie (minas a la deriva), la energía de la detonación que alcanza el fondo marino es mucho menor, y los sismógrafos tienen más dificultades para poder detectar o hacer estimaciones fiables sobre las cantidades de explosivo utilizadas.

Por mi experiencia en la UBMM, sé que los sismógrafos pueden detectar ondas sísmicas de 2,1 grados Richter, con cargas de alto explosivo de algo menos de 130 kg de TNT, siempre y cuando estas se encuentren perfectamente emplazadas en el fondo. Por lo tanto, intuyo que las cargas explosivas que sabotearon los gasoductos debieron de ser equivalentes en torno a 100 y 200 kg de TNT. No creo que se empleasen cantidades mayores, porque sobredimensionar la carga dificulta su manejo bajo el agua sin aportar ninguna ventaja. Detonaciones de ese tipo serían más que suficientes para romper un gasoducto como los de Nord Stream, siempre y cuando las cargas estuviesen bien emplazadas en íntimo contacto o casi.

No obstante, que las roturas se produjesen por detonaciones submarinas no implica necesariamente que el explosivo haya sido colocado deliberadamente con ese fin. Podría plantearse la posibilidad de que podrían ser remanentes de guerra los que originaron las detonaciones, pero esta opción es de una probabilidad nula por varios motivos:

producen para eliminar remanentes de guerra arrojados o depositados durante o tras la finalización de la Primera y la Segunda Guerra Mundial principalmente. Por lo tanto, los datos de los sismógrafos, junto a su experiencia en el mar Báltico, determinan que es altamente probable (por no decir seguro) que las roturas de los gasoductos se producen por detonaciones submarinas.

Además, conforme explicaré más adelante, todo apunta a que las detonaciones se produjeron con las cargas posadas en el fondo, en íntimo contacto con los

- En primer lugar, si bien es improbable que un remanente de guerra detone por sí solo, la probabilidad de que se produjesen varias detonaciones casi simultáneas es directamente nula. También es improbable que se realicen involuntariamente trabajos o ejercicios con explosivos sobre o en las proximidades de los gasoductos.

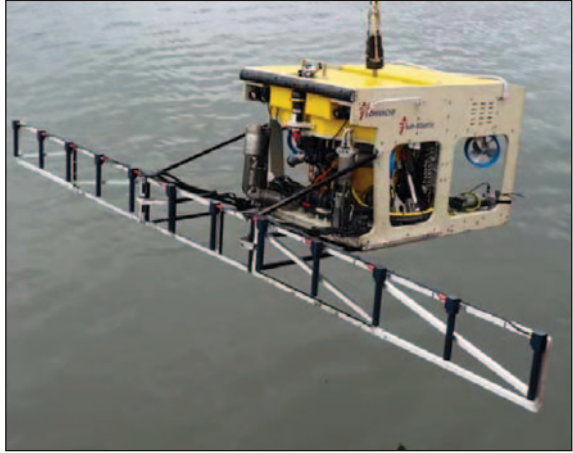
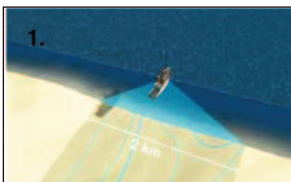
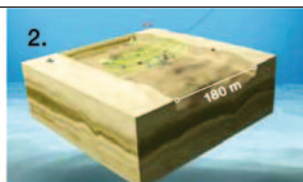


Imagen extraída de los documentos del proyecto Nord Stream en la que se aprecia uno de los ROV empleados durante la tercera fase de reconocimiento de los pasillos de 25 metros de ancho, donde finalmente se emplazaron los gasoductos. Obsérvese que se equipó al ROV con un magnetómetro para detectar posibles anomalías magnéticas en el fondo marino

- Por otro lado, a poco que investiguemos sobre el proyecto Nord Stream y sobre cómo se construyeron los gasoductos, concluiremos que es totalmente improbable que estos se tendiesen sobre algún remanente de guerra. Se analizó el fondo marino tres veces antes de colocarlos: primero, una canal de dos kilómetros de ancho; a continuación, una calle de unos ciento ochenta metros en más detalle y, por último, un pasillo de veinticinco metros con altísima fiabilidad. Se evitaron obstáculos naturales, pecios, se adaptó el fondo donde se requirió y se neutralizaron remanentes de guerra cuando se encontraron.



1.
A geophysical survey carried out in 2005 established an initial 2 kilometre wide corridor to be further investigated.



2.
Two potential routes were investigated in a detailed geophysical survey of an 180 metre corridor. This provided both engineering data and the image resolution required to identify munitions.



3.
In 2008 a 25 metre corridor for each pipeline was inspected with high resolution equipment. Potentially dangerous objects were evaluated by independent experts.

Imagen extraída de los documentos del proyecto Nord Stream que detalla el estudio en tres fases de los pasillos donde se terminaron emplazando los gasoductos

¿Quién lo perpetró?

Si las roturas se debieron a detonaciones con alto explosivo, emplazado deliberadamente, ¿quién pudo colocarlo allí?

Para responder a esta pregunta debemos conocer primero cómo trabaja el explosivo bajo el agua y concretamente en íntimo contacto con una tubería submarina por la que circula un gas inflamable a presión, para a continuación determinar los medios que pudieron emplearse y, por último, concluir quién pudo ser el responsable.

¿Cómo trabaja el explosivo bajo el agua?

Como dije anteriormente, una detonación (con explosivo) es una reacción química en la que se libera gran cantidad de energía de forma instantánea; concretamente, aparte de la liberación de energía, el explosivo también se descompone en moléculas gaseosas que, sumadas a la alta temperatura, generan una tremenda presión. La temperatura y la presión que se producen son tales que literalmente funden todo lo que se encuentra próximo o en íntimo contacto al punto de detonación y, por supuesto, a mayor cantidad de explosivo, mayores serán los efectos. Los gases al expandirse, además de daños por las altas temperaturas, generan una onda de choque, conocida como *blast*, que se propaga a la velocidad del sonido (en el medio en el que se encuentre) y que golpea, aplasta, proyecta o rompe todo lo que encuentra, cuando tiene energía suficiente.

A lo anterior hay que añadir una característica de las detonaciones en superficie (en el aire) y es la capacidad de poder direccionar la energía o la frag-

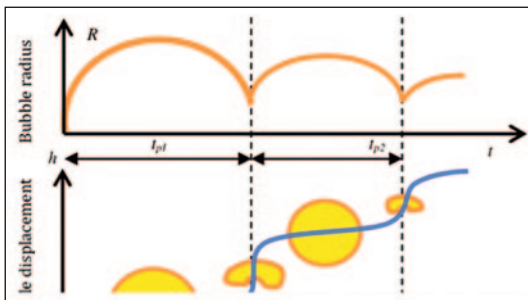


Imagen de varias representaciones del Diagrama de Snay en la que se presenta cómo la burbuja de gases se expande y contrae (muy rápido) conforme asciende hasta superficie. Al expandirse, los gases se enfrían, provocando la contracción, y al contraerse se calientan, produciendo una nueva expansión

mentación. Sin entrar en tecnicismos de EOD, me limitaré a reseñar que las detonaciones en superficie ofrecen diversas posibilidades según cómo se conforme la carga explosiva. Básicamente se pueden realizar dardos que perforan o cortan metal (o cualquier otro material) y proyectar hacia una dirección concreta gran parte de la energía de la detonación o metralla que coloquemos.

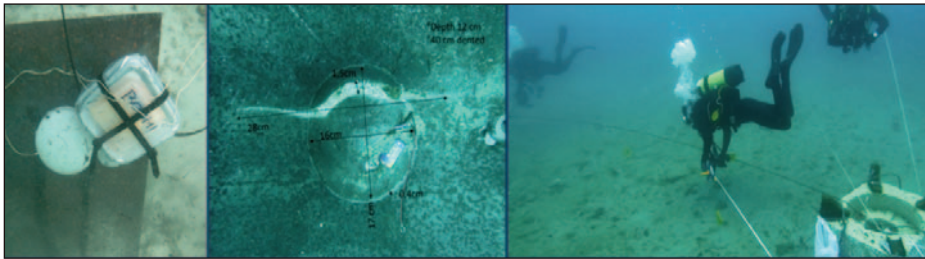
Sin embargo, en el ámbito submarino, la energía se libera de forma omnidireccional,

generando una burbuja que se expande y contrae (muy rápido), conforme al Diagrama de Snay (3) La fragmentación o energía que queramos proyectar apenas superará el radio de expansión de la primera burbuja y se detendrá rápidamente por el efecto enfriador y obstaculizador del agua que rodea la detonación. Se puede calcular la cantidad de explosivo conociendo el radio máximo de la primera burbuja de gases, pero es muy complicado conocer ese dato. Se podría estimar en función de los fragmentos que encontremos en el fondo (si los hay), pero no es sencillo porque algunos pueden proyectarse algo más lejos de ese radio máximo de la primera burbuja. Por lo tanto, quizás la mejor forma de calcular la cantidad de explosivo sea a través de los datos de los sismógrafos y de las estimaciones de los sismólogos, especialmente en detonaciones sobre el fondo marino.

Existen diversas aproximaciones para calcular los diferentes parámetros característicos de las detonaciones submarinas. A continuación, dejo en forma de ecuación una de esas aproximaciones para calcular el radio máximo de expansión de gases de la primera burbuja:

$$r_{\text{máx}} = \frac{12,8 * W^{1/3}}{Z^{1/3}} \text{ ft}$$

siendo Z la profundidad en pies, más 33, en la que se produce la detonación y W el peso en libras de la equivalencia en TNT del explosivo.



Imágenes de las prácticas del seminario TEXMAR 22-2. A la izquierda, un IED con una carga explosiva de un kilo de PG3; en el centro, los efectos de la detonación del IED anterior (se observa que esta atravesó la plancha metálica de acero naval de dos centímetros de espesor), y a la derecha, varios buceadores investigan una gran detonación submarina (mina Motala con 200 kilogramos de TNT; la detonación se produce con la mina orincada a 10 metros del fondo y de la superficie)

(3) En el agua, la energía de la detonación se disipará principalmente al levantar una columna de agua en superficie (a mayor profundidad, menor será la columna), en cada expansión y contracción de los gases según ascienden a superficie conforme al Diagrama de Snay y en el *blast*, que viajará a la velocidad del sonido en el medio (agua) y se atenuará en la medida que el frente de la onda de choque aumente su superficie al distanciarse del punto de detonación.

Una mina lapa de un par de kilogramos de alto explosivo puede atravesar 20 o 30 milímetros de acero naval, pero la primera burbuja de gases de una mina naval con 200 kilogramos de alto explosivo apenas alcanza los ocho metros de radio bajo el agua y ninguna de sus proyecciones superará los 15 metros. A escasa distancia fuera de la primera burbuja de expansión de gases (bajo el agua), no habrá efectos térmicos que afecten al metal, desaparecen las proyecciones/fragmentación y la energía del *blast* se disipará rápidamente hasta el punto de que difícilmente dañará un espesor de acero de un par de centímetros fuera de esa burbuja. Es un simple ejemplo, para que puedan hacerse la idea de que bajo el agua los efectos destructivos del explosivo se determinan más por el contacto íntimo que por la cantidad de explosivo. Evidentemente, ante detonaciones submarinas, se establecen distancias de seguridad mucho mayores al radio máximo de la primera burbuja de expansión de gases.

El único elemento que podríamos considerar que se proyecta son esos propios gases de la detonación, que se desplazarán hacia donde encuentren menor resistencia. Normalmente será la superficie, pero también podría ser otro elemento compresible, como el interior de un buque, un submarino o una tubería rellena de gas; evidentemente, para que esto ocurriese, la detonación debería producirse muy próxima a ese medio compresible.

Estas características de las detonaciones submarinas pueden suponer una ventaja desde el punto de vista del atacante pues, al no buscar fragmentación, el contenedor de la carga no necesita ser metálico y, tras la detonación, todo lo que no sea metal (con decenas o cientos de kilos de alto explosivo, a veces incluso el metal) se descompondrá y será imposible obtener cualquier evidencia de ello. Si a esto añadimos que la densidad del explosivo es muy parecida a la del agua y el poco alcance submarino de detectores tipo radares de profundidad (GPR) que podrían localizar esas diferencias de densidad, la dificultad de encontrar cargas en el ámbito submarino puede ser máxima. Las minas navales de última generación ya presentan diseños sin apenas elementos metálicos, entre otras cosas. Pero en nuestro caso, nos ofrecen la ventaja de poder extraer dos conclusiones:

- Las cargas explosivas que destruyeron los gasoductos contaban con cientos de kilogramos de alto explosivo (según los sismólogos) y además es posible que tuviesen muy pocos elementos metálicos; por lo tanto, las posibilidades de recoger evidencias que puedan ser de interés son muy bajas.
- Las cargas explosivas debieron de colocarse en íntimo contacto con los gasoductos.

¿Cómo trabaja el explosivo en íntimo contacto con una tubería submarina por la que circula un gas inflamable a presión?

Desde el punto de vista del funcionamiento del explosivo, deben considerarse también las particularidades de su empleo en tuberías. Cuando en una tubería circula un fluido a cierta velocidad y cerramos una válvula deteniendo el flujo bruscamente, provocamos un pico de presión que retrocede desde la válvula hacia el origen del flujo. Este pico de presión, debido a la energía cinética del fluido, se conoce como presión de ariete y puede incluso llegar a hacer reventar la tubería. Imaginen el pico de presión de ariete que puede producirse cuando una detonación no solo detiene el flujo de manera instantánea, sino que además lo hace retroceder a la vez que lo calienta a miles de grados, incrementando enormemente la presión en su interior (4).

Ese pico de presión de ariete puede potenciarse sustancialmente cuando, en lugar de una detonación en un punto de la tubería, se producen dos simultáneas separadas unos pocos de metros. En este caso, el punto máximo de presión se alcanzaría en el punto del interior de la tubería donde coincidan las ondas de choque (*blasts*) de ambas detonaciones. Sin embargo, si se buscó esto o no en el sabotaje, creo que no es demasiado relevante.

Respecto a las variables de inflamabilidad y presurización del gas, quizás no sean tan determinantes como lo reseñado los dos párrafos anteriores. Por un lado, en cuanto a la inflamabilidad, cabe destacar que el gas natural que se transporta a través de gasoductos es tratado previamente para evitar combustiones espontáneas y, además, necesita de un oxidante, que no tiene en el ámbito submarino, para iniciar la reacción en cadena de su descomposición. Por otra parte, esa hipotética descomposición del gas natural (obviando la limitación del oxidante) en un gasoducto roto, se produciría en régimen de combustión (llama) o

(4) Si probamos a disparar con munición explosiva una bombona de butano (en el aire) o si debilitamos desde el exterior un recipiente a presión lo suficiente como para que rompa, los efectos que observaremos serán similares a los de una detonación producida desde el interior. En el caso de los gasoductos, las detonaciones, aparte de romper su espesor, habrían dejado debilitadas las zonas próximas, y el gas natural experimentaría un enorme aumento de su presión en el interior por el efecto de la presión de ariete y por el propio calor de las detonaciones. Al escapar por zonas debilitadas, ese gas natural a muy alta presión podría producir esos falsos indicios que nos llevarían a pensar erróneamente en detonaciones internas. Al atravesar una plancha metálica con una detonación, suelen aparecer «pétalos» que sobresalen hacia la dirección en la que se han expandido los gases; pero si la detonación provoca a su vez una liberación de energía de dentro hacia fuera, todos o algunos de esos «pétalos» en el metal pueden quedar orientados hacia fuera. Por otro lado, una detonación interna real solo podría llevarse a cabo introduciendo las cargas desde una de las aperturas de los gasoductos en las estaciones rusa y/o alemana. En este caso, desconozco el nivel de dificultad que implicaría emplazar las cargas de este modo, pero sin duda entrañaría una alta posibilidad de descubrir al responsable en caso de fallo de alguna de las cargas. Por lo tanto, descartaría totalmente que se hubiesen producido detonaciones en el interior de los gasoductos.

deflagración, pero difícilmente alcanzaría una velocidad de descomposición de régimen de detonación que le confiriese potencia suficiente como para causar nuevas roturas en el gasoducto, exceptuando quizás la zona muy próxima a las propias roturas producidas por la detonación que, al quedar debilitadas, sí podrían llegar a deformarse hacia fuera en puntos muy localizados (5).

Además, respecto a la presurización del gas, hay que reseñar que las roturas de los gasoductos se encontraron en el tramo final, donde la presión a la que circulaba el gas se estima que estaría entre los 120 y los 130 bares, mientras que la presión en el fondo rondaría alrededor de ocho y 13 bares, ya que las detonaciones se produjeron entre los 70 y los 120 metros de profundidad, de modo que la diferencia entre la presión dentro y fuera de los gasoductos podría variar entre los 107 y los 122 bares aproximadamente. Esas diferencias de presión no son en absoluto significativas para el espesor de 27 mm de acero que tienen los gasoductos en el tramo donde se produjeron las detonaciones y no son comparables con el incremento de la presión que sufriría el gas natural por ese efecto de la presión de ariete y, sobre todo, por el calor de las propias detonaciones.

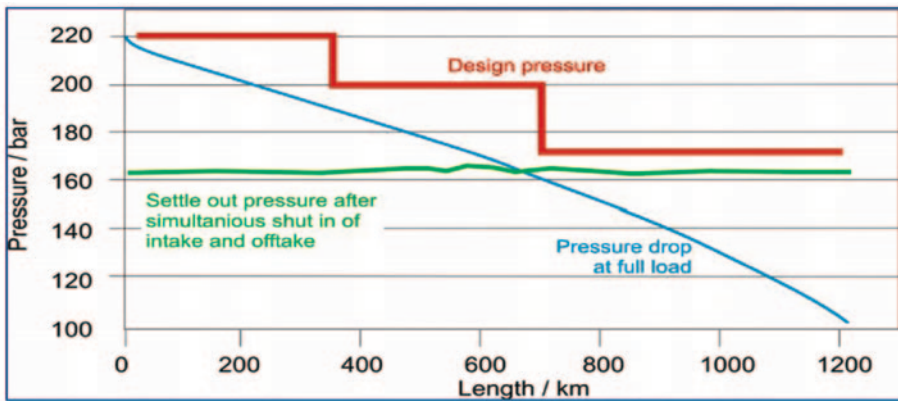


Imagen extraída de los documentos del proyecto Nord Stream en la que se observa que las detonaciones se produjeron en el último tramo y con el menor espesor de acero (27 mm), con una presión menor a la de los tramos anteriores, que debería de rondar entre 120 y 130 bares

(5) Podemos clasificar las descomposiciones químicas de elementos en tres grupos en función de la velocidad a la que se producen estas reacciones. En líneas generales, según la cinética química de la reacción, hablaremos de:

- Combustión (llama) cuando la descomposición es lenta.
- Deflagración cuando es más acelerada, pero sin superar la velocidad de propagación del sonido en el elemento (masa del propio explosivo).
- Detonación cuando se produce a velocidades mayores a la de propagación del sonido en el elemento.

Property	Value (range)
Inner diameter of steel pipe	1,153 mm
Wall thickness of steel pipe	Section 220 barg: 34.6 mm Section 200 barg: 30.9 mm Section 170 barg: 26.8 mm
Thickness of concrete coating	60 to 110 mm
Total length (per pipeline)	~ 1,222 km

Tabla extraída de los documentos del proyecto Nord Stream en la que se aprecian los distintos espesores de acero que se utilizaron en el gasoducto en función de la presión del gas que circulaba por su interior, siendo el último tramo donde se produjeron las detonaciones, el de menor espesor (casi 27 mm), debido a que por él circulaba también una presión menor

Por último, en el ámbito de Zapadores (Ejército de Tierra e Infantería de Marina), Operaciones Especiales o de Buceadores de Medidas Contra Minas (Armada), es habitual el empleo de explosivos para destrucción de obstáculos, como alambres, cables, cadenas, vigas, barras o tuberías de hierro, etc. Para conseguirlo existen fórmulas y técnicas para calcular la cantidad de explosivo necesaria según la forma en la que se coloque. El caso de las tuberías, más aún cuando se encuentran en el agua y rellenas de agua, es quizás uno de los casos más complejos, pero existe una técnica que resulta siempre efectiva con la cantidad de explosivo suficiente: el empleo de cargas enfrentadas que producen un efecto o par de corte (corte, que no estrangulamiento del metal).

Se han publicado noticias que anuncian que han desaparecido cincuenta metros de sección de gasoducto. Este se compone de elementos de 12,2 metros de largo y de al menos 20 toneladas cada una, de hormigón armado y acero principalmente; esto quiere decir que, supuestamente, han desaparecido más de 80 toneladas de hormigón armado y acero. Nada más lejos de la realidad. Les aseguro que las detonaciones medidas por los sismógrafos no han desintegrado ni 80 ni 20 ni una sola tonelada de acero u hormigón. Todo lo que «ha desaparecido» se halla justo donde estaba antes de la detonación. Las proyecciones



Imágenes del autor sobre diferentes resultados de una práctica de destrucción de obstáculos bajo el agua. A la izquierda, dos cargas enfrentadas consiguen cortar una viga en forma de L (un perfil de hierro); a la derecha, dos cargas enfrentadas iguales a las anteriores no consiguen cortar una tubería llena de agua (bajo el agua). Apréciase que al trabajar con cargas enfrentadas no se obtienen cortes completamente limpios, sino que los obstáculos sufrirán ciertas deformaciones

de una detonación submarina apenas pueden desplazarse más allá de unos metros fuera de la primera burbuja, y las primeras, según las estimaciones de los sismógrafos, lo más probable es que no hayan superado los 10 metros de radio. Ningún *blast*, presión de ariete o efecto de corte puede haber movido ninguna sección de gasoducto más de 10 metros. Y si alguien piensa que se lo llevaron para no dejar evidencias, que se imagine un submarino arrastrando 80 toneladas bajo el agua y con toda Europa mirando. Hablando en serio, es increíble lo difícil que es a veces encontrar cosas bajo el agua, aun cuando sabes que están ahí. Esa sección de 50 metros de gasoducto les aseguro que está justo donde estaba antes de la detonación, probablemente enterrada y deformada (6).

¿Qué medios pudieron emplearse?

En el emplazamiento de una carga explosiva para sabotear una infraestructura crítica submarina, deben considerarse dos aspectos: la necesidad de ser discreto y el interés en detonar a voluntad o mediante temporizador.

La discreción se puede ver muy comprometida *a posteriori* si se ha operado en superficie sobre el gasoducto; una imagen de satélite o cualquier otra unidad que pudiera reportar tu posición te podría delatar. El riesgo de operar desde superficie es, a mi parecer, demasiado elevado.

Por otro lado, en este caso no creo que hubiese interés en detonar a voluntad. Una activación remota bajo el agua solo puede hacerse eficazmente de dos formas: por cable o por señal acústica. El cable implica estar cerca y dejar rastro, y la señal acústica también conlleva estar cerca. Las horas intempestivas y las detonaciones casi simultáneas en puntos separados por grandes distancias refuerzan la hipótesis de que detonaron de manera temporizada y que la orden de sabotear los gasoductos se debió de dar días, semanas o incluso meses antes de que las cargas fuesen colocadas. Estas se emplazaron en la parte del gasoducto con menor espesor de acero y sin enterrar. El espesor no es necesariamente algo determinante cuando trabajas con grandes cargas explosivas y pequeñas diferencias de espesor de acero, pero que el gasoducto no esté enterrado sí lo es a la hora de poder encontrarlo bajo el agua y emplazar el explosivo en íntimo contacto con él.

Las profundidades a las que se produjeron las detonaciones oscilan entre los 70 y los 120 metros. Esto reduce los medios capaces de emplazar las cargas a dos principalmente:

(6) Que no se encuentren cincuenta metros de gasoducto es, sin duda, un hecho curioso. Habrá que usar un magnetómetro o detectores de metales para que la búsqueda pueda penetrar más en el lecho marino, pero es totalmente improbable que se haya desplazado más de 10 metros.



Imagen extraída de los documentos del proyecto Nord Stream sobre la que si se sitúan las posiciones donde se produjeron las detonaciones, se puede concluir que ocurrieron entre los kilómetros 1.000 y 1.100 de los gasoductos respecto a su inicio en la costa rusa. Concretamente, suceden en zonas donde estos no se encontraban enterrados ni reforzados, sino que se hallaban simplemente posados sobre el fondo

- Buceadores: podrían bajar a esas profundidades empleando mezclas de heliox o trimix (7), si bien esta posibilidad es altamente improbable debido a los siguientes motivos:

Property	Value (range)
Capacity	55 bcm/y (27.5 bcm/y per pipeline)
Gas	Dry, sweet natural gas
Design pressure	KP 0 to KP 300: 220 barg KP 300 to KP 675: 200 barg KP 675 to KP 1220/1222: 170 barg
Offshore design temperature	-10 to 60 °C
Offshore operating temperature	-10 to 40 °C

Tabla extraída de los documentos del proyecto Nord Stream en la que se muestra cómo se reduce la presión del gas en función de la distancia al inicio del gasoducto (entiéndase que KP equivale a kilómetro)

(7) El heliox es un compuesto gaseoso respirable de helio y oxígeno. El trimix es un gas respirable que está formado por la mezcla de oxígeno, helio y nitrógeno. Ambos se utilizan en buceo técnico.

- Reducido tiempo de trabajo en el fondo para los buceadores.
 - Dificultad para estos de trabajar con grandes cantidades de explosivo.
 - Necesidad de una plataforma de apoyo directamente sobre el gasoducto, con posicionamiento dinámico o posada en el fondo y que permita realizar las descompresiones correspondientes de los buceadores.
- Vehículo o arma submarina: esta opción es mucho más realista que la anterior e incluye principalmente la posible utilización de un *remotely operated vehicle* (ROV) que deposita una gran carga de contraminado, de un «vehículo suicida» no recuperable o incluso de alguna mina naval de última generación con posibilidad de desplazamiento autónomo hasta una posición prefijada.

El uso de un «vehículo suicida» o de un arma dirigida tendría la desventaja de poder dejar gran cantidad de evidencias en el fondo: cables, hélices, componentes electrónicos, tornillería... que pudieran llevarnos al tipo o modelo de arma empleada. Por lo tanto, no es el medio más idóneo.

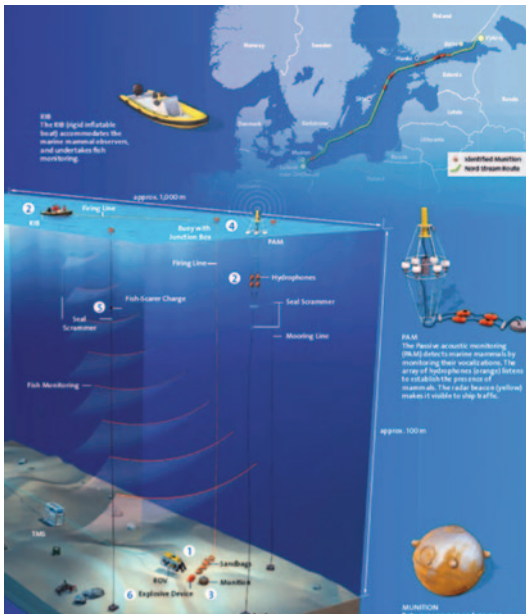


Imagen extraída de los documentos del proyecto Nord Stream en la que se ilustra el procedimiento para eliminar con ROV el riesgo explosivo de municiones y minas en el fondo

Lo que parece más probable es que se empleasen cargas temporizadas muy simples, con gran cantidad de alto explosivo y emplazadas por algún vehículo submarino tipo ROV o tripulado. En un sabotaje de este tipo es posible que se haya podido emplear un ROV desde alguna plataforma submarina para mayor discreción, aunque tampoco debería descartarse el uso de alguna otra plataforma. De esta manera, operando totalmente desde el ámbito submarino y utilizando cargas explosivas con muy poco contenido metálico, las posibilidades de dejar rastro son bastante reducidas. De hecho, durante el proyecto Nord Stream se usaron ROV para situar cargas explosivas para detonar por simpatía las municiones o minas encontradas en las proximidades de



ROV *Pluto Plus* portando una carga de contraminado con 80 kg de alto explosivo (60 por 100 RDX y 40 por 100 TNT). (Foto: Armada)

donde más tarde se colocaron los gasoductos, eliminando así el riesgo explosivo. Estos ROV se operaron desde superficie y utilizaron pequeñas cargas detonadas a voluntad, por lo que en esencia el sistema utilizado en el sabotaje podría haber sido muy similar.

Actualmente, existe tecnología para dotar a los ROV u otros vehículos submarinos de sistemas de posicionamiento bastante precisos. También se pueden equipar con sonares de distintas frecuencias, ideales para búsquedas submarinas en condiciones de baja visibilidad. Además, pueden portar uno o más brazos articulados o pinzas, lo que les permite transportar y mover pesos bajo el agua (las cargas emplazadas es probable que se transportasen dotadas con una flotabilidad neutra o muy ligeramente negativa). Concretamente en la Armada, la Fuerza de Medidas Contra Minas cuenta con un vehículo submarino tipo ROV operado desde superficie y diseñado específicamente para identificar objetos y contraminar: el *Pluto Plus*, capaz de emplazar una carga de contraminado de 80 kilogramos de alto explosivo bajo el agua y que detona remotamente ante una señal acústica submarina.

¿Quién puede ser el responsable?

Tanto los medios necesarios como el desarrollo de una operación de este tipo solo están en la actualidad al alcance de uno o varios actores estatales. De modo que, bajo la hipótesis más probable de que se trata de un acto de sabotaje perpetrado por uno o varios actores estatales, la siguiente cuestión que debemos plantearnos es ¿qué rastro pudo, o pudieron, haber dejado? Sobre esto, hay tres tipos de evidencias que se pueden encontrar:

- No evidencia: en la escena no encontramos nada que pueda ser considerado una evidencia. Las respuestas que buscamos no las hallaremos en el lugar del incidente.
- Evidencia deliberada: el responsable ha dejado la evidencia para llevarnos hasta él, lo cual es poco probable, o para que culpabilicemos a otro, lo que es más probable. De nuevo, las respuestas que buscamos no las encontraremos en el lugar del incidente.
- Evidencia no deliberada: el responsable ha dejado rastro involuntariamente que nos puede llevar hasta él.

Desafortunadamente, de las tres opciones anteriores —y bajo la hipótesis de que los responsables pueden ser uno o varios actores estatales, capaces de ejecutar una operación de sabotaje como esta— la posibilidad de que hayan dejado alguna evidencia no deliberada es menor a la de no encontrar ninguna o a la de hallar alguna deliberada. El responsable es, por lo tanto, un actor estatal que eligió el cómo, el cuándo y el dónde de la escena por algún motivo. Luego, lo más probable es que allí solo encontremos lo que él quiso dejar.

Puede que tengamos una buena aproximación de la cantidad de explosivo utilizada, que concluyamos que probablemente las cargas se emplazaron en íntimo contacto con el gasoducto mediante un vehículo submarino y que se detonaron por medio de algún temporizador, pero esos datos no nos llevarán al responsable y, con semejantes cantidades de explosivo, difícilmente encontraremos alguna evidencia que nos pueda arrojar cualquier otro dato más sobre el asunto. Y en el caso de que encontrásemos algo, tampoco podríamos descartar que hubiese sido emplazado allí deliberadamente. Si puede ser difícil encontrar 50 metros de gasoducto, imaginen la dificultad de extraer del fondo evidencias del tamaño de una pequeña hélice o de algún componente electrónico.

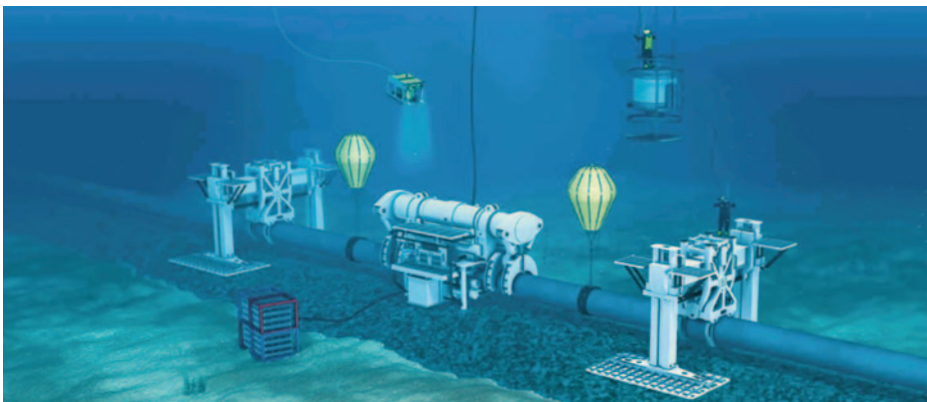


Imagen extraída de los documentos del proyecto Nord Stream que representa el ensamblaje submarino de dos tramos de uno de los gasoductos

Con esto no quiero decir que no debamos investigar las detonaciones, sino que hemos de ser realistas y no poner todas nuestras esperanzas en la posibilidad de hallar la verdad en el fondo marino del mar Báltico. Cuanto antes asumamos esto, antes podremos avanzar en la investigación, y quizás en la recuperación de la operatividad de los gasoductos (8).

El análisis de los movimientos de los buques, o de cualquier otra plataforma naval que hubiera navegado cerca del lugar desde el inicio de la Guerra de Ucrania hasta que se produjeron las detonaciones (siete meses), podría ser la línea a seguir para una investigación más fructífera, especialmente si se encuentran plataformas con capacidad de intervención subacuática que pudieran ser sospechosas de los hechos.

Conclusión

- Podemos concluir que la hipótesis más probable es que la rotura de los gasoductos de Nord Stream fueron un sabotaje grave a una infraestructura crítica de la UE, perpetrado por uno o varios actores estatales que, probablemente con algún vehículo submarino tipo ROV, situaron cargas de alto explosivo en íntimo contacto con la parte exterior de los gasoductos. Estas cargas debieron de rondar entre los 100 y los 200 kilogramos de TNT o de su equivalente de otros tipos y mezclas de alto explosivo.
- Las investigaciones en el fondo marino nos podrán ayudar a comprender mejor cómo se produjeron las detonaciones, pero difícilmente se puedan extraer de allí pruebas que incriminen al verdadero responsable. Siendo realistas, debemos buscar respuestas también en otras partes.
- De cualquier forma, la UE tiene el derecho y el deber de conocer toda la verdad de lo sucedido. Para ello, se deben respetar la objetividad y la imparcialidad de las investigaciones que se realicen, sin caer en el error de acusaciones infundadas, ya que, entre otras cosas, están en juego nuestras relaciones exteriores. Aunque afrontar la verdad podría llegar a ser incluso más duro que el propio sabotaje, pero lo será más para el responsable.

(8) Los gasoductos se construyeron en tres secciones que fueron unidas en el fondo marino. El proyecto de Nord Stream contempló la creación de varias plataformas submarinas capaces de realizar esa tarea y que hoy podrían emplearse, por ejemplo, para sustituir los tramos dañados por las detonaciones en un período de tiempo relativamente corto.

Mirage 2000 franceses realizando una pasada a la fragata *Santa María* tras un ejercicio ADEX en el golfo de Adén.
(Foto: José Antonio Parejo Cabezas)

