instituciones, capacidades de prevención y respuesta, así como diferentes condiciones de exposición y vulnerabilidad. Es precisamente sobre muchos de esos componentes donde podemos actuar.

Quizá por ello abandonar la expresión **"desastre natural"** sea mucho más que realizar una corrección del lenguaje. Significa abandonar también una visión en la que las sociedades aparecen como espectadoras impotentes frente a la naturaleza y sustituirla por otra en la que comprender el riesgo implica reconocer nuestra capacidad y nuestra responsabilidad para reducirlo.

Habitamos una Tierra dinámica y siempre lo haremos. Comprender sus procesos no nos permitirá impedir que tiemble, que los volcanes hagan erupción o que las montañas continúen transformándose. Pero sí puede ayudarnos a construir sociedades mejor preparadas para convivir con ellos.

Los fenómenos naturales son inevitables; que se conviertan en desastres no necesariamente lo es. El conocimiento, la prevención, la reducción de la vulnerabilidad y la exposición, así como una adecuada preparación y planeación, pueden hacer la diferencia.

En memoria de todas las personas que han perdido la vida como consecuencia de los recientes eventos.

Referencias:

U.S. Geological Survey. (2026). *Significant earthquakes—2026*. Earthquake Hazards Program. https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/browse/significant.php?year=2026

Centro Nacional de Prevención de Desastres. (2006). *Guía básica para la elaboración de atlas estatales y municipales de peligros y riesgos: Conceptos básicos sobre peligros, riesgos y su representación geográfica*. Secretaría de Gobernación. https://www.cenapred.unam.mx/es/Publicaciones/archivos/44.pdf



La **Dra. Norma E. Olvera Fuentes**, estudió la carrera de Física en la Facultad de Ciencias, su Maestría en el Instituto de Física y su Doctorado en Ciencias de la Tierra, en el ICAyCC, UNAM. Sus líneas de investigación tanto en licenciatura como en maestría versaron sobre el problema cuántico de difracción espacio-temporal de Moshinsky para diversas geometrías.

Bajo la dirección del Dr. Carlos Gay, su investigación doctoral analizó por medio del uso de mapas cognitivos difusos los posibles impactos que el cambio climático puede tener sobre la vulnerabilidad hídrica de la ZMVM. Su tesis doctoral fue galardoneada con el Primer Lugar del Primer Premio a la Investigación en Cambio Climático PINCC-UNAM, 2023.

Con casi 20 años de labor docente, ha impartido clases en la Facultad de Ciencias y en la Facultad de Ingeniería de la UNAM, así como en la División de Ingeniería del Tecnológico de Monterrey, Campus Santa Fe. Institución que le otorgó la Presea por Excelencia Académica como profesora de Cátedra. Como escritora tiene publicados tres libros como única autora y 5 como coautora. El número de Impluvium Gestión Integral de Sequías, en el que el Dr. Gay y la Dra. Olvera son coautores de artículo, es referencia de consulta que el CENAPRED presento para su curso "Sequías: un reto en la reducción del riesgo", marzo del 2024.

Actualmente la Dra. Olvera es Investigadora Posdoctoral del Instituto de Ingeniería de la UNAM, miembro del Sistema Nacional de Investigadores e invitada como líder de opinión del periódico Excelsior.

norma.olvera@atmosfera.unam.mx

MAYA
REVISTA DE GEOCIENCIAS

CUANDO LA URSS APAGO UN POZO DE GAS INCONTROLADO CON UNA BOMBA NUCLEAR

(Campo Urtabulak, Uzbekistán)

JHONNY E. CASAS
Escuela de Petróleo y Escuela de Geología, Minas y Geofísica, Universidad Central de Venezuela



Fuente: Pozo No11 incendiado en Ortabulak (Anisimov 2023)

INTRODUCCIÓN

A principios de la década de 1960, la división ideológica de la Guerra Fría había culminado en un sistema de paridad estratégica caracterizado por una aguda inestabilidad geopolítica. Estados Unidos y la Unión Soviética se encontraban en una disputa global por la hegemonía, impulsada no solo por la ambición territorial, sino por una competencia existencial entre el capitalismo liberal y el socialismo marxista-leninista. Un elemento central de esta confrontación fue la acelerada proliferación nuclear vertical, con miles de armas nucleares inactivas a lo largo de sus respectivos países.

Pero también, durante el apogeo de la Era Atómica, tanto Estados Unidos como la Unión Soviética exploraron el uso de Explosiones Nucleares Pacíficas (PNE, por sus siglas en inglés) para la ingeniería civil y aplicaciones industriales. El uso de armas nucleares en el sector del petróleo y el gas fue uno de los conceptos evaluados más exhaustivamente y, sorprendentemente, más prácticos. La Unión Soviética llevó a cabo pruebas más extensas bajo el programa «Explosiones Nucleares para la Economía Nacional». Mediante pequeñas explosiones nucleares, exploraron el suelo en busca de depósitos de petróleo, crearon enormes cavernas subterráneas para almacenar gas natural, trituraron mineral en minas a cielo abierto, excavaron canales y construyeron presas. Sin embargo, no todo fueron aplicaciones positivas, ya que en una ocasión, mientras exploraban en busca de petróleo, gases radiactivos contaminaron una parte significativa de una región densamente poblada cerca del río Volga.

APLICACIONES PRINCIPALES DE LAS ARMAS NUCLEARES EN EL SECTOR DEL PETRÓLEO Y EL GAS

Fracturación hidráulica (Fracking) y estimulación de yacimientos

Antes de que la fracturación hidráulica moderna (fracking) se generalizara, los geólogos luchaban por extraer el gas natural atrapado en rocas densas y no porosas («gas de lutitas» o tight gas).

- Cómo funcionaba: Se bajaba una ojiva nuclear subterránea a millas de profundidad en una formación de hidrocarburos. Al detonar, la explosión trituraba la roca circundante, creando una cavidad subterránea masiva y altamente fracturada conocida como «chimenea de escombros» (rubble chimney). El gas podía entonces fluir fácilmente hacia esta caverna y subir por la cabeza de un pozo convencional.
- Experimentos de EE. UU. (Proyecto Plowshare): La Comisión de Energía Atómica de EE. UU. realizó tres pruebas específicamente para la estimulación de gas:
  - Proyecto Gasbuggy (1967): Una explosión de 29 kilotones en Nuevo México.
  - Proyecto Rulison (1969): Una explosión de 40 kilotones en Colorado.
  - Proyecto Rio Blanco (1973): Tres dispositivos de 30 kilotones detonados simultáneamente a diferentes profundidades en Colorado.
- Resultado: Aunque las explosiones aumentaron drásticamente el flujo de gas, el gas natural extraído era radiactivo (contaminado principalmente con tritio y kriptón-85). Las empresas de servicios públicos no podían distribuir gas radiactivo a los hogares de los consumidores, lo que hizo que el proceso no fuera viable comercialmente.

Extinción de reventones de pozos fuera de control

Cuando las técnicas convencionales no lograban extinguir los incendios masivos de pozos subterráneos de gas o petróleo, la Unión Soviética recurrió varias veces a la fuerza nuclear.

- Cómo funcionaba: Los trabajadores perforaban un pozo inclinado hacia un punto cercano al revestimiento del pozo dañado, a gran profundidad bajo tierra. Se detonaba una carga nuclear dirigida, lo que aplastaba el revestimiento del pozo y compactaba la roca circundante, sellando de forma efectiva el flujo de gas desde abajo.
- El incidente de Urtabulak (1966): Una erupción en el campo de gas de Urtabulak, en Uzbekistán, había ardido de forma incontrolada durante casi tres años, desperdiciando millones de metros cúbicos de gas diariamente. En septiembre de 1966, se detonó una carga nuclear de 30 kilotones a 1500 metros bajo tierra. En 23 segundos, el pozo quedó sellado por aplastamiento, extinguiendo por completo el infierno.
- Tasa de éxito: La URSS utilizó con éxito este método para extinguir al menos cuatro reventones de gas fuera de control entre 1966 y 1981.

Creación de cavidades para almacenamiento subterráneo

Ambas naciones, especialmente la URSS, necesitaban contenedores de almacenamiento profundo para petróleo, gas natural y condensados, así como para químicos tóxicos.

- Cómo funcionaba: Se detonaban dispositivos nucleares en depósitos profundos de sal subterránea. El calor intenso derretía y vaporizaba la sal, creando enormes cavernas subterráneas impermeables y revestidas de una capade material vitrificado, capaces de albergar vastas cantidades de combustible bajo presión.
- Escala: La Unión Soviética detonó docenas de dispositivos para formar depósitos de almacenamiento de gas condensado, particularmente alrededor del campo de gas de Astrakhan, ubicado al sur de Rusia, cerca del Mar Caspio.

EL CASO DEL CAMPO DE URTABULAK (UZBEKISTÁN)

El campo de gas de Urtabulak, en el sur de Uzbekistán, es un importante depósito de hidrocarburos dentro de la región de Bukhara-Khiva, famoso por sus yacimientos en arrecifes carbonatados del Jurásico Superior. Los principales horizontes con hidrocarburos (como los horizontes XV-P) consisten en formaciones densas de caliza arrecifal y dolomitas, asignadas al Jurásico Superior (Oxfordiense). Capas gruesas de arcillas plásticas y evaporitas (sal/anhidrita) se superponen a los yacimientos de carbonato, proporcionando un sello de roca impermeable, crucial para atrapar gas y petróleo a alta presión.

Los hidrocarburos están atrapados en complejas estructuras anticlinales y controladas por las facies de arrecifes, y caracterizadas por fallas localizadas con una alta variabilidad lateral. Los yacimientos de Urtabulak Norte y Urtabulak Principal operan como unidades hidrodinámicas relativamente cerradas con una actividad mínima de agua de fondo, manteniendo presiones de yacimiento elevadas (que históricamente alcanzaron hasta 4400 psi). Las reservas de gas natural se estimaron en algo más de 7758.4 BCF (miles de millones de pies cúbicos) en 1968. Se considera que el campo de Urtabulak es una trampa combinada, con el gas acumulado entre una capa de anhidrita y los carbonatos arrecifales.

EL ACCIDENTE

El 1 de diciembre de 1963, se perdió el control durante la perforación del pozo N.º 11 en Urtabulak Sur a una profundidad de 2450 m (8038 pies) tras encontrar una zona de gas natural a una presión anormalmente alta, con presiones que superaban los 4409 psi, junto con concentraciones de sulfuro de hidrógeno superiores a las esperadas. La combinación de un cabezal de pozo que no estaba equipado con un sistema de prevención de erupciones (blowout preventer) y un acero que no poseía las propiedades químicas para resistir ambientes corrosivos provocó la falla del cabezal del pozo. Una fuente de ignición incendió el gas natural, expulsando la cabeza del pozo del sondeo y derritiendo una parte del equipo de perforación.



Figura 1. El pozo No 11 con llamaradas en la noche
Fuente: (Anisimov 2023).

El fuego continuó ardiendo durante 1064 días, con llamaradas que alcanzaban los 100 metros de altura y consumiendo aproximadamente 420.000.000 pies^3 de gas natural al día y matando a numerosa fauna silvestre. El jefe del grupo de trabajo dedicado a extinguir el incendio, Kamil Mangushev, escribió en su diario que:

> «Por la noche, bandadas de aves migratorias y nubes de insectos, atraídos por la luz, caían en esta danza mortal de fuego y, al caer, se quemaban, a menudo antes de llegar al suelo».

Los intentos de sofocar el fuego no tuvieron éxito; la desviación del gas hacia pozos cercanos se vio dificultada por las altas concentraciones de sulfuro de hidrógeno; además, los 1000 metros inferiores del pozo aún no se habían cementado y se desconocía la ubicación exacta del fondo del pozo, ya que no se había corridos registros (logged) en el momento del accidente. Cuando fallaron todos los métodos convencionales para controlar el fuego, el gobierno soviético recurrió a sus científicos nucleares en busca de ayuda.

LA OPCIÓN NUCLEAR

No fue hasta 1966 cuando se propuso la idea de detonar una carga nuclear cerca del pozo para desplazar las capas de roca y sellarlo. Los físicos calcularon que, si se detonaba una bomba nuclear a una profundidad de unos 1500 metros y cerca del pozo, la presión resultante podría apagar el fuego. Los investigadores calcularon finalmente que la bomba debía ser de 30 kilotones, el doble de la potencia de la bomba lanzada sobre Hiroshima.

Los empleados de la Oficina de Diseño en Sarov ya habían investigado en teoría el uso de explosiones nucleares pacíficas y recibieron la tarea de resolver la erupción en el campo de gas de Urtabulak. Al llegar el otoño de 1966, la Oficina de Diseño de Sarov había desarrollado un explosivo nuclear especializado con una potencia de 30 kilotones de TNT para sellar el pozo. El explosivo se bajó a un pozo inclinado cerca del Pozo Nº 11 (se habían perforado dos de ellos para intentar lograr la máxima proximidad al pozo original).

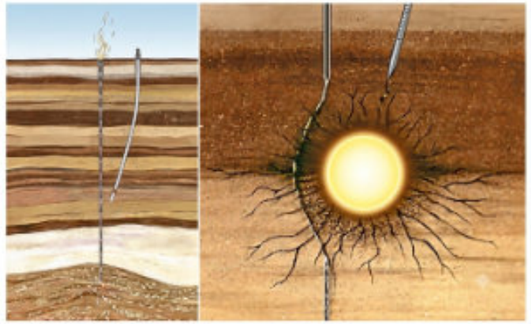


Figure 2. A la izquierda imagen del pozo vertical No 11 y del pozo desviado, perforado para acercarse a la capa de gas. En la figura de la derecha, la explosion sella el pozo de gas, acabando con las llamas de superficie en pocos segundos.
Fuente: https://www.dailymail.com/news/article-4883402/The-gas-fire-extinguished-NUCLEAR-BOMB.html

Con la aprobación del entonces Secretario General del Partido Comunista de la Unión Soviética, Leonid Brézhnev (1906-1982), el explosivo fue detonado a una profundidad de 1500 m, el 30 de septiembre de 1966. El agujero por el que se bajó el explosivo también se selló con cemento para evitar la contaminación radiactiva

atmosférica. Bastaron solo 23 segundos luego de la explosión, para que las llamas que habían ardido durante 3 años se apagaran.



Figura 3. Bajando la bomba nuclear en el pozo desviado. Fuente: https://www.dailymail.com/news/article-4883402/The-gas-fire-extinguished-NUCLEAR-BOMB.html

Las imágenes y videos históricos de esta increíble operación muestran el momento en que detonó la bomba nuclear y la posterior extinción del fuego, marcando la primera vez que se utilizaba una explosión nuclear pacífica para sellar un pozo de gas. No hay mejor manera de entender cómo fue aquel día que el relato del periódico soviético Pravda Vostoka de Tashkent:

> «En aquel frío día de otoño de 1966, un temblor subterráneo de una fuerza sin precedentes sacudió el [suelo] con una rala cubierta de hierba sobre arena blanca. Una bruma de polvo se levantó sobre el desierto. La antorcha anaranjada del pozo ardiente disminuyó, primero lentamente, luego más rápidamente, hasta que parpadeó y finalmente se apagó. Por primera vez en 1064 días, la tranquilidad descendió sobre la zona. El rugido similar a un motor a reacción del pozo de gas se había silenciado».

MÁS PRUEBAS

Meses después se produjo otro incendio en el cercano campo de gas de Pamuk, y el fuego se extendió a la superficie a través de orificios adicionales. Esta vez se bajó un arma nuclear de 47 kilotones a una profundidad de 2440 metros y se detonó. Debido a que la fuga era grande, el flujo continuó durante siete días antes de apagarse finalmente. Este segundo éxito dio a los científicos soviéticos gran confianza en su nueva técnica para controlar pozos de gas y petróleo desbocados.



Figura 4. El pozo No 11 luego de la explosión nuclear.

Fue después de este segundo intento exitoso de sofocar grandes incendios de gas cuando los soviéticos encontraron lo que consideraban un uso altamente práctico para las explosiones nucleares. En los años siguientes surgieron una serie de oportunidades para el uso de explosiones nucleares con el fin de extinguir incendios en pozos de gas fuera de control. Utilizaron bombas nucleares para detener un incendio en mayo de 1972, con una explosión de 14 kilotones a una profundidad de 1700 metros selló una fuga de gas de dos años de antigüedad en el campo de gas de Mayskii, a unos 30 km al sureste de la ciudad de Mary, en Asia Central. Posteriormente, en julio del mismo año, otro pozo de gas incendiado en Ucrania se selló con una explosión nuclear de 3.8 kilotones a una profundidad de más de 2400 metros. La bomba se bajó al pozo, se rellenó con cemento como antes y se detonó. Tras unos días, el fuego se detuvo.

El último intento ocurrió en 1981 en un pozo incontrolado en el depósito de gas de Kumzhinskiy, ubicado en la costa norte de la Rusia europea. Se detonó una explosión nuclear de 37.6 kilotones a una profundidad de 1511 metros, pero esta vez el pozo no se selló porque no se conocía con precisión la posición de la fuga. De todas las explosiones, la segunda, en el campo de gas de Pamuk, fue la más profunda y potente. Así culmina la historia de cómo el exceso de armas nucleares, la inventiva de curiosos ingenieros soviéticos, y la existencia de descontrolados incendios de gas natural, llevaron a la detonación subterránea de bombas nucleares durante la Guerra Fría.

MAYA
REVISTA DE GEOCIENCIAS

CONSIDERACIONES FINALES

En 1966, la Unión Soviética utilizó una explosión nuclear para extinguir un pozo de gas natural que había estado ardiendo sin control. Los ingenieros perforaron un pozo de alivio, colocaron un dispositivo nuclear especialmente diseñado a gran profundidad bajo tierra, cerca del pozo incendiado, y lo detonaron. La explosión subterránea colapsó la roca circundante, sellando el yacimiento de gas y cortando el suministro de combustible al incendio.

La operación tuvo éxito sin crear una explosión nuclear en la superficie porque la detonación quedó completamente contenida bajo tierra. En ese momento, la Unión Soviética exploró varias aplicaciones pacíficas para la tecnología nuclear, incluido el sellado de pozos de gas, la creación de cavidades de almacenamiento subterráneo y proyectos de movimiento de tierras a gran escala. Aunque la técnica demostró ser realmente efectiva, nunca se convirtió en una práctica estándar en la industria. Los avances en la tecnología de perforación, los métodos de control de pozos y las consideraciones ambientales han hecho que las soluciones de ingeniería convencional sean el enfoque preferido para gestionar los incendios de pozos en la actualidad.

REFERENCIAS

Video del pozo No 11:
https://www.youtube.com/shorts/jVQxgwxTmWc

ANISIMOV, L. (2023). Drilling of wells that provoked natural and man-made disasters. *In* Feng Yongcun (ed.) *Oil and Gas Wells - Recent Advances in Drilling and Completion Technologies.* p. 1-17. http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.112301



jcasas@geologist.com

Jhonny E. Casas es Ingeniero Geólogo graduado de la Universidad Central de Venezuela, y con una maestría en Sedimentología, obtenida en McMaster University, Canadá. Tiene 38 años de experiencia en geología de producción y exploración, modelos estratigráficos y secuenciales, caracterización de yacimientos y estudios integrados para diferentes cuencas en Canadá, Venezuela, Colombia, Bolivia, Ecuador y Perú.

Autor/Co-autor en 69 publicaciones para diferentes boletines y revistas técnicas, como: Bulletin of Canadian Petroleum Geology, Geophysics, The Leading Edge, Asociación Paleontológica Argentina, Paleontology, Journal of Petroleum Geology, Academia de Ciencias, Academia de Ingeniería y Caribbean Journal of Earth Sciences; incluyendo presentaciones en eventos técnicos: AAPG, SPE, CSPG-SEPM y Congresos Geológicos en Venezuela y Colombia, así como artículos históricos en el boletín AAPG Explorer. Autor de mas de 64 artículos de divulgación científica.

Profesor de Geología del Petróleo (1996-2004). Profesor de materias de postgrado tales como: Estratigrafía Secuencial, Modelos de Facies y Análogos de afloramiento para la caracterización de yacimientos (2003-2025), en la Universidad Central de Venezuela. Mentor en 12 tesis de maestría. Representante regional para la International Association of Sedimentologist (2020-2026) y ExDirector de Educación en la American Association of Petroleum Geologists (AAPG) para la región de Latinoamérica y del Caribe (2021-2023). Advisory Counselor para AAPG LACR (2023-2026).