Cod. 9777 | Tecnología del carbón y del petróleo | 3321.99 Otras

El problema energético de la Alemania Nazi

The energy problem in Nazi Germany

Roberto Rodríguez-Delgado[1, 2] y Germán Delgado-Barriuso[3]

[1] I-D Redes Eléctricas Inteligentes (España)
[2] Universidad Nebrija (España)
[3] Estudio de Diseño Gráfico Germán Delgado (España)

DOI: http://dx.doi.org/10.6036/9777

1. PANORAMA ENERGÉTICO EN ALEMANIA ANTES DE LA IIGM: LA IGM Y EL PERIODO DE ENTREGUERRAS

1.1. LA IGM Y LA ESCASEZ DE PETRÓLEO

Las naciones europeas que a lo largo del siglo XIX entraron en la era industrial lo hicieron gracias al carbón, que se convirtió en la fuente de energía más importante del Mundo.

Alemania, que poseía grandes yacimientos, desarrolló una potente industria química y del acero, una extensa red de ferrocarriles y una poderosa flota naval (la Flota de Alta Mar) cuyo objetivo era disputar a Gran Bretaña el dominio del Mar del Norte.

Reino Unido, cuna de la Revolución Industrial, también dependía del carbón para alimentar su enorme tejido industrial y su red ferroviaria. Sin embargo, el desarrollo y popularización que había experimentado el motor de combustión interna - gasolina y diésel - a principios del siglo XX (gracias, fundamentalmente, al fuerte empuje del sector automovilístico de los EEUU) hizo que Winston Churchill, primer Lord del Almirantazgo, tomara en 1911 una audaz decisión: convertir del carbón al diésel toda la flota de la Marina Real británica (*Royal Navy*). Churchill, consciente de la importancia que tenía la innovación militar para conseguir la superioridad tecnológica frente a sus rivales europeos, también donó fondos del Almirantazgo para investigar en un nuevo tipo de arma acorazada: el tanque.

Ambas decisiones resultarían determinantes en el desarrollo de la IGM, que estalló en noviembre de 1914 y que enfrentó a los imperios centrales (Alemania, el imperio Austro-Húngaro y el Imperio Otomano) con la triple Entente (Francia, Reino Unido, Rusia) y los EEUU. Los buques británicos, más rápidos y con mayor autonomía que los alemanes (que eran de carbón), mantuvieron casi inoperativa a la flota del *Kaiser* y evitaron su acceso a las grandes rutas comerciales del Mundo; asimismo, el empleo del tanque resultaría determinante en las batallas de Cambrai (noviembre de 1917) y, sobre todo, en la de Amiens (agosto de 1918), donde el ejército alemán fue severamente derrotado.

La creciente mecanización del ejército británico (con el uso de máquinas y buques de guerra que funcionaban con gasolina o diésel) implicaba un gran consumo de combustible. Gran Bretaña tenía su suministro asegurado gracias a la Royal Dutch/Shell (compañía petrolera anglo-holandesa), a la *Anglo-Persian Oil Company* (compañía británica que explotaba los yacimientos de petróleo de Persia, actual Irán y entonces colonia inglesa) y, sobre todo, gracias a los EEUU, que durante toda la guerra y a pesar de los esfuerzos de los submarinos alemanes por bloquear las rutas marítimas trasatlánticas, continuaron exportando combustible a Francia y, sobre todo, Reino Unido.

El ejército de tierra del II Reich alemán era esencialmente hipomóvil, pero su fuerza aérea (los aviones de combate empleaban motores de gasolina) y su arma submarina (cuyos buques utilizaban motores diésel) demandaban mucho combustible. Hasta el inicio de la IGM, Alemania importaba el 90% de su petróleo de la *Standard Oil* de EE.UU, pero tras el inicio del conflicto, los americanos cortaron el suministro. Rusia controlaba los pozos petrolíferos del Cáucaso y Gran Bretaña los de sus colonias en Persia, así que la única alternativa disponible para los alemanes era Rumanía y sus campos de petróleo de Ploesti. Sin embargo, los británicos llevaron a cabo a finales de 1916 una agresiva campaña de destrucción de la industria petrolífera rumana que, durante varios meses y hasta que los alemanes consiguieron volver a ponerla en marcha, provocó una grave escasez de suministro en toda su maquinaria bélica.

Rusia se rindió al ejército alemán en 1917, y en marzo de 1918 firmó el Tratado de Paz de Brest-Litovsk, por el que Alemania se aseguraba el suministro de petróleo desde el Cáucaso. Sin embargo, en agosto de ese mismo año las tropas inglesas tomaron Bakú (ciudad situada a orillas del Mar Caspio y capital de Azerbaiyán, la región petrolífera más importante del Cáucaso), donde permanecieron casi un mes. Durante ese tiempo impidieron el flujo de petróleo hacia Alemania, lo que supuso el golpe definitivo para el II Reich, que el 11 de noviembre de 1918 capitulaba ante los Aliados.

Alemania salió derrotada de la Primera Guerra Mundial, pero también aprendió una valiosa lección: en un mundo donde el petróleo empezaba a convertirse en un recurso vital para el desarrollo y la modernización de las naciones, asegurar su suministro y reducir la dependencia de los principales países exportadores era clave para el país.

1.2. EL PERIODO DE ENTREGUERRAS EN ALEMANIA: DE LA INDUSTRIA QUÍMICA A LA INDUSTRIA DE LOS COMBUSTIBLES SINTÉTICOS

En 1908, el químico alemán Fritz Haber desarrolló un proceso a alta presión para sintetizar amoniaco (NH_3) a partir de nitrógeno (N_2) e hidrógeno (H_2). Durante los siguientes cinco años trabajó junto al también químico Carl Bosch, director general de BASF (empresa química alemana fundada en 1865), hasta conseguir la industrialización del proceso y la producción comercial de amoniaco para la fabricación de fertilizantes de uso agrícola.

Pero antes de ello tuvieron que idear una forma de producir suficiente cantidad de nitrógeno e hidrógeno a un coste económicamente viable, lo que consiguieron empleando el recurso mineral más importante en Alemania: el carbón.

Haciendo reaccionar carbón a alta presión y temperatura con una mezcla controlada de vapor de agua y oxígeno, y tras eliminar los óxidos de azufre y el monóxido y dióxido de carbono, obtenían una mezcla de hidrógeno y nitrógeno en la proporción adecuada para producir el amoniaco.

Los avances en la industria química del amoniaco (desarrollo de catalizadores y de reactores de alta presión y de nuevos

procesos industriales para la producción de hidrógeno) permitieron que, entre 1913 y 1927, el químico e industrial alemán Friedrich Bergius desarrollará una técnica de hidrogenación del carbón a alta presión mediante la cual se hacía reaccionar el carbón con una gran cantidad de hidrógeno en un reactor a alta presión y temperatura - en presencia de un catalizador - para obtener una mezcla de hidrocarburos líquidos (gasolina, queroseno, gasoil y lubricantes), también llamado combustible sintético:

$$nC + (n+1)H_2 \xrightarrow{Fe_2O_3,\ MoO_2} C_nH_{2n+2} \quad (700atm., 400ºC)$$

En 1925, el gigante químico BASF llegó a un acuerdo con Bergius para quedarse con todos los derechos del proceso y en 1926, ya como *I.G. Farbenindustrie* (conglomerado de empresas constituido en 1925 por la propia BASF y otras siete compañías de la industria química de Alemania) consiguió separarlo en dos fases:

- En la primera, denominada fase líquida, la pasta de carbón, mezclada con crudo pesado, se calentaba a 300ºC (en presencia de un catalizador) y posteriormente se combinaba con gas de hidrógeno a 230 atmósferas de presión. Los productos resultantes eran gases (10-20%), sólidos (5-10%), hidrocarburos pesados (50-55%) e hidrocarburos medianos, como el queroseno, el fueloil o el diésel (20-30%).
- En la segunda, denominada fase gaseosa, los hidrocarburos medianos y pesados de la fase anterior se hacían reaccionar con hidrógeno a 400ºC y 200-300 atmósferas de presión para producir hidrocarburos ligeros (gasolina).

I.G.Farben construyó en 1927, en el complejo químico de Leuna (Sajonia), la primera planta industrial de producción de combustible sintético, que empleaba el proceso en dos fases desarrollado el año anterior y aprovechaba el excedente de hidrógeno de sus fábricas de amoniaco (situadas dentro del mismo complejo); cuatro años después, la planta producía 2,5 millones de barriles (300.000 m^3) de petróleo al año.

Unos años antes, en 1923, los también químicos Franz Fischer y Hans Tropsch habían descubierto otra técnica para obtener hidrocarburos líquidos a partir del carbón: el proceso Fischer-Tropsch (FT). En este caso, el gas de agua (una mezcla de monóxido de carbono e hidrógeno) resultante de combinar carbón con vapor de agua se hacía reaccionar a 20 atmósferas de presión y a 200ºC sobre un catalizador de hierro para producir los hidrocarburos:

$$(n+1)H_2 + 2nCO \rightarrow C_nH_{2n+2} + CO_2$$

$$nH_2 + 2nCO \rightarrow C_nH_{2n} + nCO_2$$

$$(n+1)H_2 + (2n-1)CO \rightarrow C_nH_{(2n+2)}OH + (n-1)CO_2$$

Rührchemie se hizo en con los derechos del proceso y lo empleó para la producción de combustible sintético, fundamentalmente gasolina para aviación, en su planta de Sterkrade-Holten, construida entre 1935 y 1937.

A lo largo de la década de los años 30, numerosas empresas del sector químico y del carbón compraron o desarrollaron variantes de los procesos anteriores para construir sus propias plantas de producción. Impulsada por la política económica del nuevo gobierno nacionalsocialista, la industria de los combustibles sintéticos despegó.

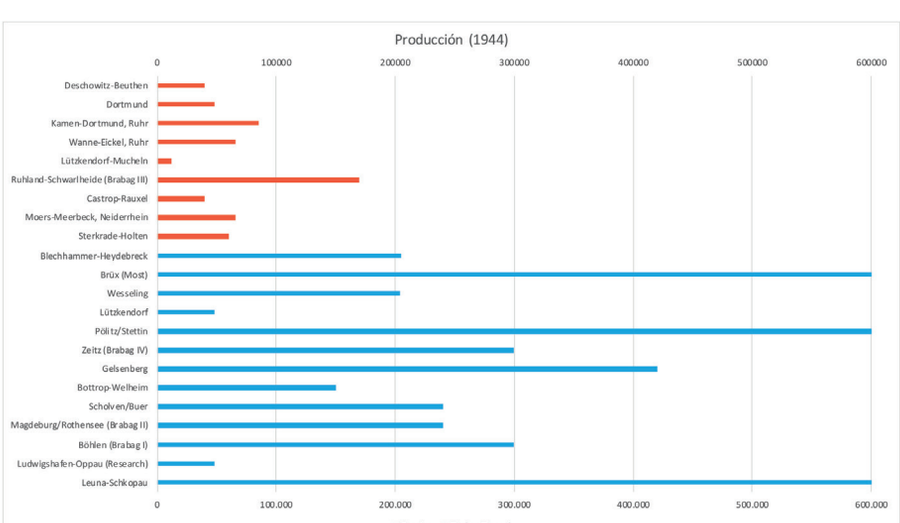


Fig. 1: Capacidad productiva de las plantas de combustible sintético del III Reich

2. LA ALEMANIA DEL III REICH: CRECIMIENTO ECONÓMICO Y IIGM

2.1 EL DESARROLLO DE LA INDUSTRIA DEL PETRÓLEO SINTÉTICO

Hitler llegó al poder en Alemania en 1933. Su nuevo ministro de economía, Hjalmar Schacht, ideó un plan económico que permitió al régimen nazi llevar a cabo el mayor programa de inversión pública de la historia del país. El programa tenía tres grandes líneas de actuación: la intensificación de la política de rearme de las fuerzas armadas de Alemania (la *Wehrmacht*), la construcción de nuevas infraestructuras de transporte (*autobahnen*) y la promoción de la inversión empresarial en el sector de la industria del automóvil y en el de los combustibles sintéticos.

Este último sector era crítico para el régimen, que pretendía reducir su dependencia exterior del petróleo (de los 102.000 barriles de petróleo diarios que Alemania consumía en 1938, casi 90.000 eran importados - fundamentalmente desde las Indias Occidentales y desde Estados Unidos). Impulsado y asesorado por *I.G. Farben* - que necesitaba un fuerte apoyo estatal para conseguir que su negocio de combustibles sintéticos fuera rentable en un mercado marcado por la Gran Depresión de 1929 y los bajos precios del petróleo -, el gobierno de Hitler decidió subvencionar la producción nacional de combustibles, impuso tasas a la importación de petróleo e impulsó la creación de grandes conglomerados industriales, controlados a través de agencias gubernamentales, para desarrollar nuevos proyectos e infraestructuras de producción de combustible sintético.

Entre 1933 y 1938, Alemania construyó 10 nuevas plantas (5 de ellas empleaban el proceso Bergius o de hidrogenación del carbón y otras 5 el proceso Fischer-Trospch), que unidas a la de Leuna, alcanzaban una capacidad total de 14.000.000 de barriles de petróleo al año.

Sin embargo, y aunque las élites nazis y la propia propaganda oficial del régimen difundían el mensaje contrario, Alemania seguía muy lejos de conseguir la independencia energética. Esos 14.000.000 de barriles de petróleo sólo cubrían en torno a un tercio de su demanda total de combustible, así que durante los siguientes años, entre 1939 y 1942, se abrieron en el III Reich 10 nuevas plantas de producción de combustibles sintéticos (7 de ellas empleaban el

proceso de hidrogenación del carbón y otras 3 el proceso Fischer-Trospch), aumentando así la capacidad total de la industria hasta los 30.000.000 de barriles de petróleo anuales, algo más de dos tercios de la demanda total (civil y militar) de combustible en Alemania (ver Figura 1y Figura 2).

El desarrollo de la industria de los combustibles sintéticos durante los años 30 y 40 (hasta 1945, fin de la IIGM) fue impresionante. El carbón, que cubría aproximadamente el 90% de la demanda eléctrica en Alemania, se convirtió también en el recurso energético clave para alimentar el parque automovilístico alemán y, fundamentalmente, para asegurar la operatividad de toda la maquinaria bélica del III Reich.

Sin embargo, todos estos esfuerzos no fueron suficientes. La capacidad productiva de Alemania (ayudada por la potente industria del petróleo de Rumanía, país aliado del III Reich) llegó a rivalizar con la del Imperio Británico, pero se quedó muy lejos de los niveles de la URSS y EEUU (ver Figura 3 y Figura 4). Eso tuvo una gran influencia en el desarrollo de la IIGM y, sobre todo, en la planificación de la campaña del verano de 1942, cuando Alemania se quedó muy cerca de conquistar los pozos petrolíferos soviéticos en el Cáucaso.

2.2. LA IIGM Y LA OPERACIÓN FALL BLAU

En septiembre de 1939, y tras anexionarse Austria y los Sudetes (actual Chequia), Alemania invadió Polonia. En respuesta, los países aliados, Francia y Reino Unido, declararon la guerra a Alemania, iniciando así la IIGM.

Después de las primeras campañas en Europa, donde los ejércitos alemanes, empleando las tácticas de la *Blitzkrieg*, conquistaron Dinamarca, Noruega, Bélgica, Holanda, Luxemburgo, Francia, Yugoslavia y Grecia, Hitler decidió romper el pacto de no agresión con Stalin e invadir la URSS. El 22 de junio de 1941 se inició la operación Barbarroja, tras la cual la *Wehrmacht*, en cinco meses y adentrándose más de 1.000 km. dentro de territorio soviético, consiguió llegar a 30 km. de Moscú. La contraofensiva soviética del 2 de octubre de 1941 y la llegada del invierno paralizaron el avance y estabilizaron el frente, que se extendía a lo largo de más de 4.000km., desde Novgorod, al norte, hasta Taganrog (ciudad a 75 km. de Rostov) al sur.

Alemania logró conquistar Ucrania, el objetivo económico de la operación, pero no conquistó Leningrado (el objetivo ideológico) ni Moscú (el objetivo político). No consiguió derribar el régimen soviético y derrotar a la URSS, así que ahora se veía obligada a afrontar una guerra prolongada que no había previsto y para la cual no disponía de los recursos suficientes. Consciente de esa situación, el Alto Mando alemán fijó como objetivo prioritario la conquista de los pozos petrolíferos del Cáucaso, con lo que pretendía conseguir dos cosas: incrementar sus recursos energéticos y reducir los de la Unión Soviética y, por lo tanto, los del Ejército Rojo.

Por ello, un año después del inicio de la invasión de la URSS, Hitler dio luz verde a la ofensiva de verano de 1942, la única que se planificó teniendo en cuenta objetivos fundamentalmente económicos.

La operación, denominada *Fall Blau*, empezó con un rápido avance del grupo de ejércitos sur hasta el río Don. El objetivo era conquistar la ciudad de Voronezh y anclar el flanco izquierdo norte de la invasión para, posteriormente, proseguir hacia el sur, en dirección a los campos de petróleo de Maykop, Grozny y Bakú.

El éxito alemán, que en poco más de dos semanas y a pesar de las dificultades logísticas había llegado al Don y conquistado su principal objetivo (Voronezh), empujó a Hitler a modificar el plan inicial y a dividir en dos el grupo de ejércitos sur: el grupo A, que perseguiría los objetivos iniciales (los pozos de petróleo del Cáucaso) y el grupo B, que se dirigiría hacia Stalingrado para conquistar la ciudad (lo que constituía un objetivo fundamentalmente simbólico).

El 9 de agosto, los alemanes conquistaron los pozos de petróleo de Maikop (que habían sido previamente destruidos por el Ejército Rojo, dejándolos



Nº	Inicio actividad	Planta	Propiedad
1	1927	Leuna-Schkopau	Ammoniakwerk Merseburg GmbH (I.G. Farben)
2	1933	Ludwigshafen-Oppau (Research)	BASF (I.G. Farben)
3	1936	Böhlen (Brabag I)	Brabag
4	1936	Magdeburg/Rothensee (Brabag II)	Brabag
5	1936	Scholven/Buer	Begwerks-gesellschaft Hibernia A.G
6	1937	Bottrop-Welheim	Ruhrol A.G (Matthias Stinnes)
7	1939	Gelsenberg	Gelsenberg Benzin A.G
8	1939	Zeitz (Brabag IV)	Brabag
9	1940	Pölitz/Stettin	Hydrierwerke Pölitz A.G (I.G. Farben)
10	1940	Lützkendorf	Wintershall A.G
11	1941	Wesseling	Rheinische Braunkohlen-Kraftstoff A.G (***)
12	1942	Brüx (Most)	Sudetenland Treibstoffwerke A.G (*)
13	1942	Blechhammer-Heydebreck	Oberschlesische Hydrierwerke A.G (**)
14	1936	Moers-Meerbeck, Neiderrhein	Steinkohlen-Begwerk Rheinpreussen
15	1936	Castrop-Rauxel	Gewerkschaft Viktor AG
16	1937	Sterkrade-Holten	Ruchermie (Ruhrbenzin AG)
17	1937	Ruhland-Schwarlheide (Brabag III)	Brabag
18	1938	Lützkendorf-Mucheln	Mitteldeutsche Treibstoff und Ol Werke (Wintershall A.G)
19	1938	Wanne-Eickel, Ruhr	Krupp Treibstoffwerk
20	1939	Kamen-Dortmund, Ruhr	Chemische Werke Essener
21	1939	Dortmund	Hoesch-Benzin GmbH
22	1939	Deschowitz-Beuthen	Schaffgotsch Benzin GmbH

Fig. 2: Mapa con la localización de las plantas de combustible sintético del III Reich en 1944. El tamaño de las burbujas representa su capacidad de producción)

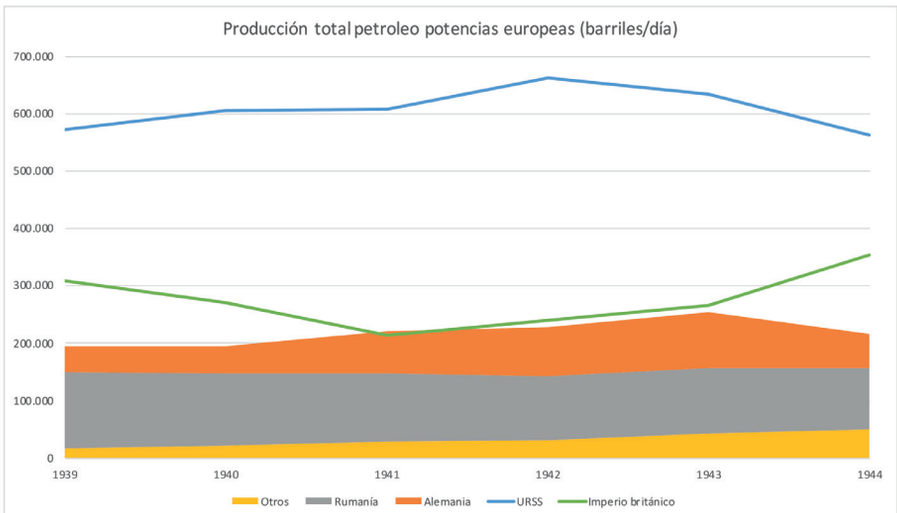


Fig. 3: Comparativa entre la producción total de petróleo de las principales potencias europeas: Alemania y sus aliados, Reino Unido y la URSS

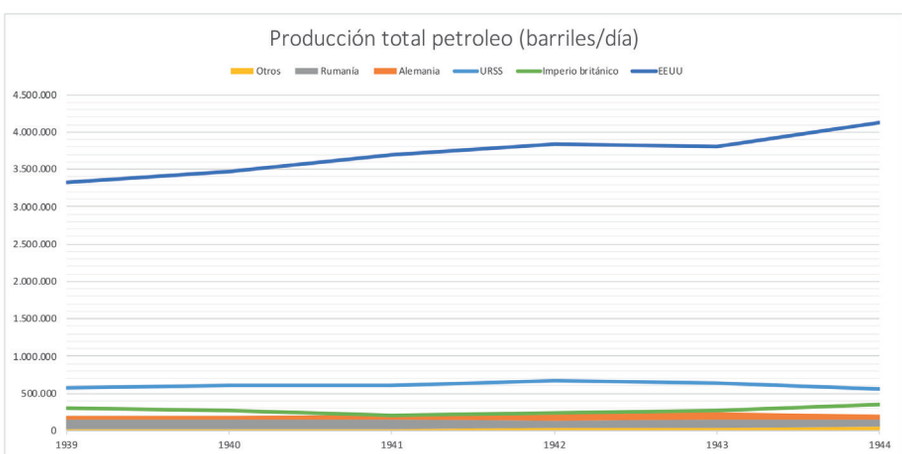


Fig. 4: Comparativa entre la producción total de petróleo de las principales potencias europeas y la de los EEUU

inutilizables para el invasor) y continuaron su avance hacia Grozny y Bakú. Sin embargo, las dificultades logísticas (la gran extensión del territorio y el rápido avance del ejército alemán alargó mucho su línea de suministros) y la llegada del invierno les impidieron llegar a Grozny y a Bakú. Ante esta situación, Hitler ordenó a la *Lutwaffe* (fuerzas aéreas del III Reich) el bombardeo de Grozny, pero Bakú, que producía casi el 90% del petróleo soviético, quedaba fuera del radio de acción de la aviación alemana, con lo que el petróleo siguió fluyendo para engrasar la maquinaria bélica soviética.

En febrero de 1943, y después de seis meses de duros combates, el ejército alemán en Stalingrado se rindió al Ejército Rojo. Eso dejó expuesto el flanco norte de la invasión y abría la posibilidad de que una ofensiva soviética embolsara las tropas alemanas en el Cáucaso, así que el Alto Mando Alemán ordenó su retirada.

El fracaso de la operación *Fall Blau* evitó que Hitler se apoderara del petróleo soviético, lo que selló el destino de Alemania e inició el principio del fin de la IIGM.

2.3. BOMBARDEOS ESTRATÉGICOS

En diciembre de 1941, tras el ataque sufrido en la base naval de Pearl Harbor por parte de la aviación japonesa, EEUU declaró la guerra a Japón y a Alemania.

En 1942, la octava fuerza aérea del ejército americano, equipada con bombarderos pesados (el B-17 *Flying Fortress* y el B-24 *Liberator*) inició junto a los aviones de la *Royal Air Force* (RAF) británica el bombardeo selectivo de objetivos estratégicos alemanes en territorio europeo.

El 12 de mayo de 1944, el general estadounidense Carl A. Spaatz, comandante de las Fuerzas Aéreas Estratégicas en Europa, emitió la siguiente orden [1]:

"*Primary strategic aim of U.S. Strategic Air Forces is now to deny oil to enemy air forces*"

("El principal objetivo de las Fuerzas Aéreas Estratégicas de los EEUU es, a partir de ahora, privar de combustible a las fuerzas aéreas enemigas").

A raíz de ese momento, todas las instalaciones de producción de petróleo (campos de petróleo, refinerías, fábricas de producción de combustible sintético) de Alemania y Rumanía se convirtieron en objetivo de los bombardeos aliados.

A pesar de los esfuerzos realizados por el Ministerio de Guerra del III Reich para dispersar sus fábricas y para reconstruir las plantas de producción de combustible sintético afectadas por los bombardeos, los daños ocasionados por la aviación aliada resultaron demoledores. El mismo día 12 de mayo en el que el general Spaatz anunciaba el inicio de las operaciones contra la industria del petróleo alemana, los bombarderos americanos destruyeron la fábrica de I.G. Farben en Leuna. Tras inspeccionar los restos de la planta, el propio Ministro de Guerra, Albert Speer, escribió:

"Nunca olvidaré la fecha del 12 de mayo. En ese día se decidió la guerra tecnológica" [1].

La campaña de bombardeos estratégicos se prolongó hasta el final de la guerra, aunque para octubre de 1944, en tan sólo seis meses, ya había conseguido reducir en más de un 90% la producción de petróleo sintético en el III Reich (ver Figura 5). Los aviones de la *Lutwaffe*, con cada vez menos combustible para salir en misiones de combate (a finales de 1944 se suspendieron los vuelos de entrenamiento), no pudieron evitar que la aviación aliada se hiciera dueña de los cielos de Europa.

Aislada, acosada por todos los frentes y sin combustible para movilizar lo que quedaba de su maquinaria bélica, Alemania capituló el 8 de mayo de 1945.

3. LA ENERGÍA NUCLEAR EN LA ALEMANIA NAZI

El programa nuclear en la Alemania del III Reich no pasó de lo puramente experimental, pero merece una mención aparte para destacar los grandes esfuerzos (y algunos avances notables) que, a pesar de los fallos organizativos y en un entorno de escasez de recursos, realizaron las élites científicas de la Alemania nazi.

La fisión nuclear, descubierta en 1938 por los químicos alemanes Otto Hahn y Fritz Strassman, consiste en bombardear un núcleo de isótopos fisibles (Uranio-235 o Plutonio-239) con neutrones libres. El núcleo de esos isótopos está muy próximo al límite de estabilidad con lo que, al absorber un neutrón, se separa en dos elementos más ligeros (Bario y Cesio),

Cod. 9777 | Tecnología del carbón y del petróleo | 3321.99 Otras

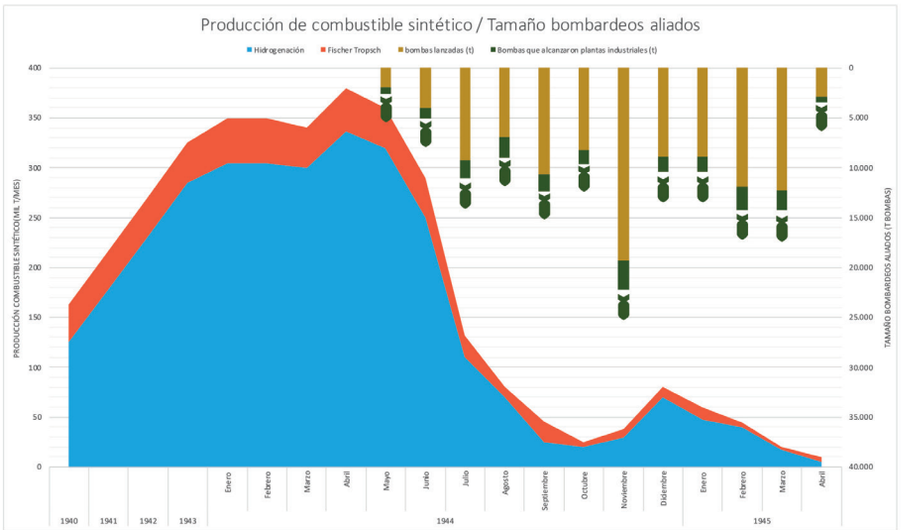


Fig. 5: Producción de combustible sintético e intensidad de los bombardeos aliados

liberando tres nuevos neutrones y una gran cantidad de energía.

La alta velocidad a la que se liberan los nuevos neutrones hace que sea muy difícil que estos choquen contra otros átomos de material fisible, pero introduciendo un agente moderador (grafito o agua pesada) que la reduzca, se puede conseguir que una parte de los neutrones (los que no escapan de la superficie fisible y se pierden), produzcan nuevas reacciones de fisión. Para conseguir que el proceso se mantenga en el tiempo (reacción en cadena) es necesario que el factor global de multiplicación de neutrones, k_{eff} (cociente entre el número de neutrones de la generación n+1 y el número de neutrones de la generación n) sea igual o mayor que 1, lo que sólo se consigue cuando la masa de material fisible es superior a una cantidad mínima, denominada masa crítica.

El programa nuclear alemán empezó dos años antes que el proyecto Manhattan de los Aliados pero, a diferencia de éste, que estaba centralizado bajo un mando único (que coordinaba tanto los aspectos científicos como militares del proyecto), dividió a sus investigadores en tres grupos independientes y aislados: uno en Berlín (B), otro en Gottow (G) y un último en Leipzing (L). Eso, unido a las rivalidades personales entre científicos y a la fuerte competencia por los cada vez más escasos recursos, hizo que sus avances fueran muy lentos.

El grupo de Berlín (aunque tras el inicio de la invasión de Alemania por parte de los Aliados en invierno de 1944 fue trasladado al castillo de Haigerloch, al suroeste del país), estaba liderado por el prestigioso físico nuclear Werner Heisenberg, premio Nobel de Física en 1932. En sus instalaciones se construyó un primitivo reactor nuclear con cubos de uranio (mineral que contiene un 0,7% de U235, isótopo fisible) de 6,35cm. de lado y 2,2kg. de peso cada uno, unidos mediante cables de acero. El conjunto de bloques se sumergía en un tanque de agua pesada rodeado de un anillo de grafito (ver Figura 6). Usando una combinación de radio-berilio como fuente inicial de neutrones, los alemanes fueron midiendo la población neutrónica en la periferia del reactor a medida que aumentaban la cantidad de cubos uranio. El equipo científico, que disponía de un total de 664 cubos, no llegó a conseguir la criticidad del reactor (que se alcanza cuando K_{eff} es igual a 1) y, por lo tanto, una reacción en cadena.

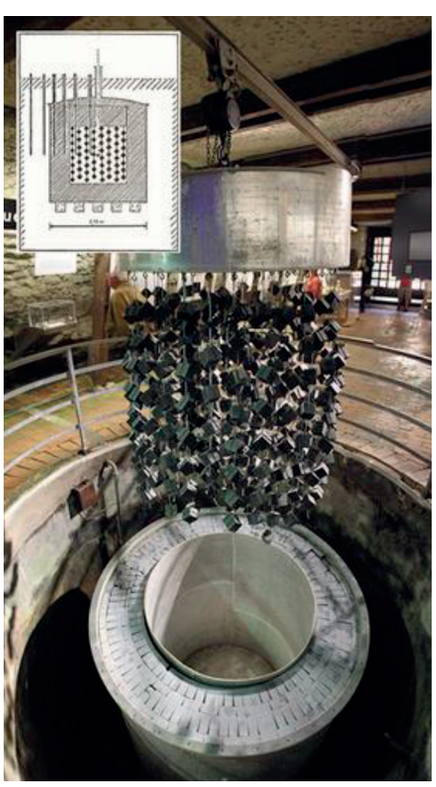


Fig. 6: Foto del reactor nuclear de Heisenberg [2]

En investigaciones llevadas a cabo recientemente, usando un modelo de Monte Carlo de N-partículas, se demostró que el reactor podría haber funcionado si el equipo de Heisenberg hubiera tenido un 50% más de cubos de uranio. Curiosamente, el grupo de Gottow, liderado por Kurt Diebner, disponía de 400 cubos similares. Es probable que, de haberse centralizado la investigación en un único equipo, alguno de los experimentos realizados hubiera tenido éxito.

Según comentó el propio Heisenberg después de la guerra, con su experimento no buscaba tanto desarrollar un programa nuclear en Alemania (que, a esas alturas del conflicto, estaba prácticamente derrotada) como salvar el prestigio de la comunidad científica alemana. No conocía, sin embargo, los enormes progresos que dentro del Proyecto Manhattan habían hecho los físicos americanos y británicos, que llevaron a la fabricación de la primera bomba atómica en 1945 y, pocos años después, ya en la década de los 50 del siglo pasado, al desarrollo civil de la tecnología nuclear con la primera generación de centrales de fisión.

REFERENCIAS

[1] United States Strategic Bombing Survey. "Oil Division: Final Report". January 1947

[2] Koeth T, Hiebert M. "Tracking the journey of a uranium cube". Physics Today. May 2019. Vol. 72-5. p.36. DOI: https://doi.org/10.1063/PT.3.4202

[3] D. Yergin, "The Prize: the epic quest for oil, money and power", Free Press, 2009

[4] B.H. Davis and M.L. Occelli, "Fischer-Tropsch Synthesis, Catalysts and Catalysis: Advances and Applications", CRC Press, 2006

[5] R. Goralsky and R.W. Freeburg, "Oil & War. How the deadly struggle for fuel in WWII meant victory or defeat", Nueva York: William Morrow and Company, Inc, 1984

[6] J.E. Lesch, "The German Chemical Industry in the Twentieth Century", Kluwer Academic Publishers, 2000.

[7] A. Krammer. "Fueling the Third Reich" in Technology and Culture, vol. 19, Nº3, pp. 394-422, 1978

[8] Bethe H.A. "The German Uranium Project". Physics Today. July 2000. Vol. 53-7. p.34. DOI: https://doi.org/10.1063/1.1292473

AGRADECIMIENTOS

Nos gustaría expresar nuestro más profundo agradecimiento a los profesores de la Escuela Politécnica Superior de la Universidad Nebrija, Juan José Coble Castro y Jordi Viñolas, por su gran apoyo en la preparación y supervisión del artículo.