(1972–2022)

enusa

Cincuenta años de tecnología del uranio en España

Pedro Ruiz-Castell
Pablo Soler Ferrán

SEPI

50 enusa ANIVERSARIO

Edición
ENUSA Industrias Avanzadas, S.A., S.M.E.
Santiago Rusiñol, 12 – 28040 Madrid
Teléfono: (+34) 913 474 200
www.enusa.es

Autores
Pedro Ruiz-Castell
Pablo Soler Ferrán

Imágenes
ENUSA

Diseño y maquetación
a.f. diseño y comunicación
www.afgrafico.com

ENUSA (1972-2022)
Cincuenta años de tecnología del uranio en España

Pedro Ruiz-Castell
Pablo Soler Ferrán

SUMARIO

Prólogo	5
Introducción	7
El ciclo del combustible nuclear	10
Los antecedentes	20
Los primeros años	25
Una empresa en transición	36
Resistir al cambio	46
La expansión	57
El nuevo siglo	68
Crisis y nuevos retos	74
Bibliografía	78
Fuentes primarias consultadas	71
ANEXO I. Tablas de datos económicos	82
ANEXO II. Número de empleados	86
ANEXO III. Histórico de altos cargos directivos de ENUSA	87

PRÓLOGO

UNA HISTORIA NECESARIA

Cumplir 50 años con una trayectoria en la que ENUSA ha sido capaz de consolidarse como una de las empresas más destacadas del sector de la energía nuclear y de la tecnología del uranio es, en sí mismo, un logro que pocas compañías tienen el privilegio de alcanzar.

Medio siglo de vida acompañado de resultados, en la mayoría de las veces buenos y otras, en los que la coyuntura no ha dejado que lo fueran tanto, pero siempre, como constante, un fuerte compromiso por hacer las cosas lo mejor posible.

Y como protagonistas, nuestro colectivo junto a los hombres y mujeres que han escrito con mayúscula la Historia de ENUSA y que han sido también testigos de los grandes cambios que, en el ámbito político, económico y social, se han producido en España.
La obra que tengo el honor de presentar es, por tanto, un relato de historia con mirada de futuro. Una retrospectiva lúcida, rigurosa y amplia que nos debe servir para hacer de forma reposada, una reflexión con expectativas, con ilusión en los nuevos retos y proyectos de nuestro Grupo.

Debemos reconocer, con orgullo, que la trayectoria de ENUSA ha estado y está marcada por una tendencia alcista, si me permiten el símil bursátil. No es frecuente encontrar en nuestro país empresas que superen cinco décadas. Ni tampoco que, en su camino, lleven el inconfundible sello de los logros, los resultados y la responsabilidad con el que está certificada nuestra organización.

El libro que ahora os presento está formado por ocho capítulos, además de la introducción, que en un recorrido cronológico nos van llevando desde los inicios a la etapa actual de ENUSA. Se incorporan imágenes, fotografías, citas a pie de página y esquemas para dar al texto la necesaria claridad que merecen los temas más técnicos y complejos.

Quiero agradecer a los autores su sistemático trabajo, así como el lenguaje empleado, accesible y didáctico, lo que hace que el discurso narrativo fluya y se facilite la comprensión de la obra. La incorporación de unos anexos destinados a datos económicos, cifras de empleados y empleadas y los cargos directivos del grupo empresarial, completan y ejemplifican la información de esta necesaria y sintética cronología.

Solo me resta invitaros a recorrer estas páginas, a compartir con vosotros este viaje en el tiempo y a descubrir juntos los retos que nos esperan. Este trabajo de investigación nos permitirá también hacer una reflexión, serena y honesta, sobre lo que somos y lo que deseamos que ENUSA sea en los próximos años. Estoy seguro de que este ejercicio de memoria ayudará a consolidar nuestro trabajo como empresa de futuro.

Estoy convencido de que este libro está llamado a convertirse en una obra de referencia cuando deba abordarse la energía nuclear en España, la Historia de ENUSA.

MARIANO MORENO.
Presidente Grupo ENUSA

INTRODUCCIÓN

En 2022 se cumplen cincuenta años de la creación de la Empresa Nacional del Uranio, S.A. (ENUSA). Medio siglo de existencia de una de las empresas más destacadas del sector de la energía nuclear y de la tecnología del uranio, cuya historia nos permite transitar por las importantes transformaciones políticas, económicas y sociales que se produjeron en la España de la segunda mitad del siglo xx. Sin duda, ENUSA ha desempeñado un papel central en el desarrollo de la energía nuclear en la España contemporánea, cuyo impacto trasciende lo meramente científico y técnico.[1]

La principal actividad de la empresa se ha circunscrito, desde sus inicios, al ámbito del negocio nuclear, en particular a la primera parte del ciclo combustible. Así pues, la empresa ha desarrollado trabajos que han ido desde la exploración de reservas uraníferas hasta el tratamiento de combustible irradiado, pasando por la explotación minera, la fabricación de concentrados de uranio y la producción de elementos combustibles, ofreciendo prácticamente todo tipo de servicios relacionados con el combustible nuclear.

En ese sentido, las dos grandes líneas de actuación de ENUSA han sido las relacionadas con el aprovisionamiento de uranio y con el negocio de combustible. La primera de ellas consiste en el aprovisionamiento de uranio para el parque nuclear español, gestionando de forma centralizada la adquisición de uranio enriquecido para las empresas eléctricas españolas. Si bien los servicios de conversión y enriquecimiento siempre se contrataron en el exterior, la producción de concentrados de uranio fue, en el pasado, una actividad industrial propia y de importancia para la empresa. En la actualidad, sin embargo, desde el año 2003, la actividad es exclusivamente comercial y de gestión, contratándose en el extranjero tanto la adquisición de concentrados de uranio como los servicios de conversión y enriquecimiento.

[1] La bibliografía sobre la energía nuclear en España es bastante amplia. Véase, por ejemplo: Ana Romero de Pablos y José Manuel Sánchez Ron, *Energía Nuclear en España. De la JEN al CIEMAT*, Madrid: CIEMAT, 2001; Pablo Soler Ferrán, *El inicio de la ciencia nuclear en España*, Madrid: Sociedad Nuclear Española, 2017; Mar Rubio-Varas y Joseba De la Torre (ed.), *The economic history of nuclear energy in Spain*, Londres: Palgrave Macmillan, 2017; Mar Rubio-Varas *et al.*, "Spain Short Country Report", en: *History of Nuclear Energy and Society (HoNESt), Consortium Deliverable* 3.6, EU Horizon 2020/ Euroatom, 2018 (http://www.honest2020.eu/sites/default/files/deliverables_24/ES.pdf); Ana Romero de Pablos, *Las primeras centrales nucleares españolas. Actores, políticas y tecnologías*, Madrid: Sociedad Nuclear Española, 2019; Faustino Acosta Ortega (coord.), *El desarrollo de la industria nuclear en España. Contexto y retos empresariales*, Madrid: Sociedad Nuclear Española, 2022. Sin embargo, los trabajos sobre la historia del uranio en España son más bien escasos, destacando los siguientes: Esther Sánchez y Santiago López, *Historia del uranio en España. De la minería a la fabricación del combustible nuclear*, Madrid: Sociedad Nuclear Española, 2020; José Ignacio Sánchez Macías *et al.*, *Impacto socioeconómico de Enusa en Salamanca*, Salamanca: Universidad de Salamanca, 2013; Leire Diaz Castro y Susana Sordo Alonso, "Enusa y el combustible nuclear", en: Acosta Ortega (coord.), *Op. cit.*, 2022, pp. 107-126.

En cuanto al negocio del combustible nuclear, en la actualidad abarca el diseño y la fabricación de combustible para centrales nucleares, tanto nacionales como internacionales, así como los servicios de ingeniería relacionados con las recargas de combustible nuclear y otros servicios en central como la inspección y la reparación de elementos combustibles, así como servicios de operación en la central relacionados con elementos combustibles y con el tratamiento de combustible fresco e irradiado.

En las últimas décadas, sin embargo, ENUSA ha apostado con fuerza también por el negocio logístico y medioambiental. De hecho, desde finales de la década de 1990, su filial ETSA Global Logistics se ha consolidado como un importante operador de transporte de mercancías peligrosas, especializado en el diseño de sistemas para gestionar el transporte de materiales fisionables, residuos radiactivos, fuentes radiactivas y objetos contaminados superficialmente.

En cuanto a su actividad medioambiental, las tareas que ENUSA tuvo que acometer de desmantelamiento de plantas mineras y de instalaciones de producción de concentrados de uranio, le llevaron a encaminar una parte de su actividad tanto hacia el desmantelamiento de infraestructuras y el control radiológico, como hacia la restauración e integración paisajística de terrenos afectados por actividades mineras e industriales. En ese sentido, destaca la incorporación al grupo ENUSA, en 2003, de la Empresa para la Gestión de Residuos Industriales (EMGRISA), encargada desde 1990 de hacer cumplir los objetivos de los planes nacionales de residuos industriales y descontaminación de suelos.

La conciencia adquirida durante estos últimos años en relación con la necesidad de contribuir a un desarrollo sostenible y al cuidado de nuestro entorno ha hecho que ENUSA despliegue una política medioambiental comprometida y responsable. Esta política está basada en actuaciones que aseguren la protección y conservación del medio, extendiendo el riguroso control y tratamiento de los residuos radiactivos, emisiones y vertidos radiactivos a otros ámbitos como el de las emisiones de gases a la atmósfera o los vertidos a los cauces naturales de las zonas en las que se ubican sus instalaciones.

Del mismo modo, la mejora continua del rendimiento de sus instalaciones trata de favorecer el ahorro energético, al tiempo que se cumple con la normativa aplicable a todos los niveles, apostando por un sistema de gestión medioambiental con el que evaluar de forma periódica los efectos medioambientales de los productos, procesos y servicios de sus instalaciones, formando al personal trabajador de la empresa y colaborando con la administración y los organismos competentes en materia de protección y conservación del medioambiente.[2]

A partir de todo lo hasta aquí apuntado, puede intuirse lo extremadamente complicado que resulta tratar de sintetizar y plasmar en un texto como este toda la actividad desarrollada por la empresa a lo largo de sus cincuenta años de vida. La complejidad de la parte tecnológica, los importantes cambios acontecidos durante todo este tiempo, el carácter multidisciplinar e interdisciplinar de la tecnología asociada y lo cambiante de una estructura organizativa que llevó a la empresa a desarrollar e implantar distintas áreas de negocio en diferentes momentos, convierten cualquier intento en ese sentido en una tarea poco menos que imposible.

Tratándose de un relato histórico, hemos optado por construir un relato cronológico a partir de una periodización construida de manera artificial, atendiendo a aspectos tanto internos como externos que hemos considerado relevantes, pero que bien podrían ser sustituidos por otros. Con todo, el texto trata de mostrar de manera fidedigna la evolución de la empresa y de sus actividades durante todo este tiempo. Para ello hemos empleado, principalmente, las memorias anuales elaboradas por ENUSA desde 1972 hasta la actualidad, así como el fondo que, sobre la empresa, alberga el archivo de la Sociedad Estatal de Participaciones Industriales (SEPI). También se ha consultado información relevante a través del Centro de Documentación del Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) y del Archivo General de la Administración (AGA).

La historia de ENUSA es la historia de cómo la industria nuclear se ha desarrollado en España desde principios de la década de 1970 hasta nuestros días. Cincuenta años en los que ENUSA se ha consolidado como un referente en el sector nuclear y en los que ha podido contribuir a nuestra sociedad desarrollando soluciones innovadoras, tanto nucleares como medioambientales, a todos los niveles.

[2] ENUSA, *Memoria Medioambiental 2001*, Madrid, 2001, pp. 4-5.

EL CICLO DEL COMBUSTIBLE NUCLEAR

Tal y como hemos apuntado, la actividad de ENUSA está estrechamente vinculada al ciclo del combustible nuclear, que comprende el conjunto de procesos desde que se identifica y extrae el uranio presente en la naturaleza hasta su transformación en combustible nuclear y el posterior tratamiento de dicho combustible una vez *quemado* o irradiado. Comprender el alcance de las actuaciones de la empresa a lo largo de su historia requiere, por tanto, estar familiarizado con algunas ideas y conceptos técnicos relacionados con dichos procesos.[3]

En líneas generales podemos hablar de dos partes o fases del ciclo del combustible nuclear: la que cubre hasta la disponibilidad del combustible para que pueda usarse en las centrales nucleares y el tratamiento posterior al que es sometido, ya sea para reprocesar el combustible irradiado (pudiéndose obtener sustancias fisionables como el plutonio) o para un almacenamiento adecuado (dada su peligrosidad).

La primera fase del ciclo incluye la exploración y extracción de minerales de uranio, la producción de concentrados de este compuesto, su enriquecimiento isotópico y la fabricación de elementos combustibles, con uranio enriquecido o natural, según los casos. En primer lugar, la exploración de yacimientos mineros abarca toda una serie de procesos dirigidos a determinar, en última instancia, la rentabilidad de su explotación. Una vez extraídos los minerales de uranio, se someten a distintos procedimientos físicos de trituración y molienda.

[3] Para profundizar sobre el tema, véase: Sociedad Nuclear Española (ed.), *El ciclo de combustible nuclear*, Madrid: Senda, 1997.

Primera parte del ciclo del combustible nuclear

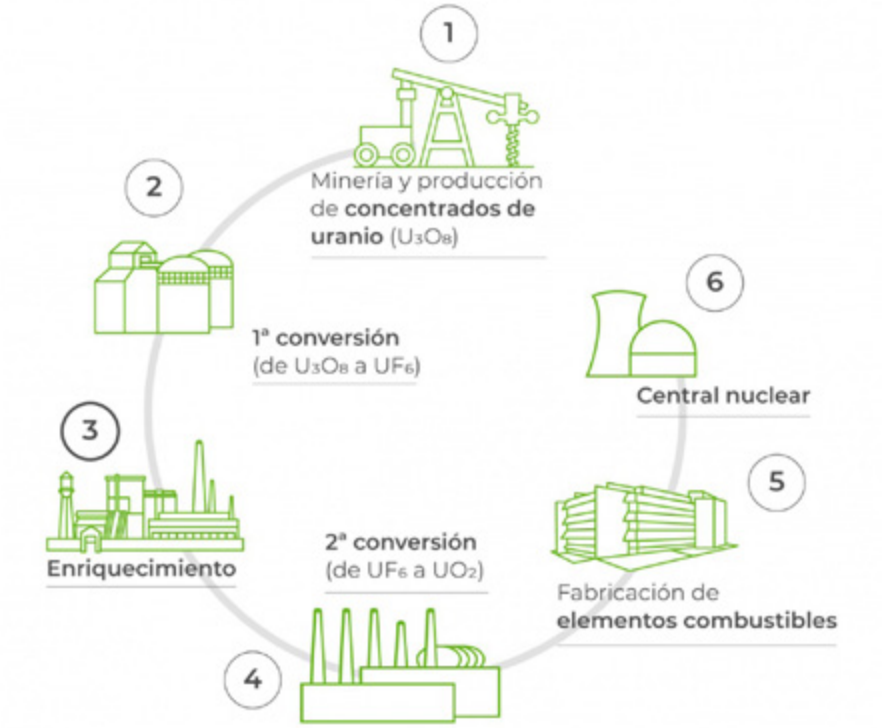


Fig. 1. Primera parte del ciclo del combustible nuclear. Fuente: Foro Nuclear.

El carácter multivalente del uranio hace que exista una importante diversidad de compuestos, entre los que destacan los óxidos de uranio. Los más abundantes en la naturaleza son el UO_2 y el U_3O_8, siendo este último (conocido como *yellow cake*) el más estable a largo plazo, tanto desde el punto de vista cinético como termodinámico. Por tanto, tras su extracción y antes de enriquecer el uranio para proceder a la fabricación de elementos combustibles, se debe someter a los compuestos de mineral de uranio de las minas a un complejo tratamiento, tanto físico como químico, para obtener los concentrados.

El estadio final de este proceso se denomina lixiviación, un método de extracción sólido-líquido para separar sustancias contenidas en minerales previamente triturados que son mezclados con unos disolventes líquidos que varían en función del tipo de sustancia a obtener. Se pueden distinguir dos tipos de procesos de lixiviación: la estática y la dinámica. La lixiviación estática dispone el mineral triturado en pilas, denominadas eras (de lixiviación), que se riegan con soluciones que disuelven el mineral de uranio. Por su parte, en la lixiviación dinámica, el mineral triturado se mezcla con líquidos lixiviantes para ser posteriormente agitado mediante diversos métodos. Este segundo proceso proporciona un mayor rendimiento que la lixiviación estática. Sin embargo, las plantas de lixiviación dinámica son mucho más costosas que las de lixiviación estática, por lo que únicamente son rentables con grandes cantidades de mineral de uranio.

Fig. 2. Era de lixiviación en Saelices el Chico, Ciudad Rodrigo (Salamanca). Fuente: *Memoria 1977*, pp. 11-12.

Para poder enriquecer el uranio, ya sea por centrifugación gaseosa o por difusión gaseosa, es necesario pasar los concentrados a estado gaseoso. Por tanto, el U_3O_8 es convertido en hexafluoruro de uranio (UF_6) para poder proceder a su enriquecimiento isotópico. Posteriormente, con el fin de producir las pastillas que conforman los elementos combustibles, es necesario realizar una nueva conversión de hexafluoruro de uranio a dióxido de uranio (UO_2) en forma de polvo.

Fig. 3. De arriba a abajo, barra de mineral de uranio en bruto, polvo de concentrados de uranio sin enriquecer y pastillas de dióxido de uranio. Fuente: *Memoria 1978*, p. 23.

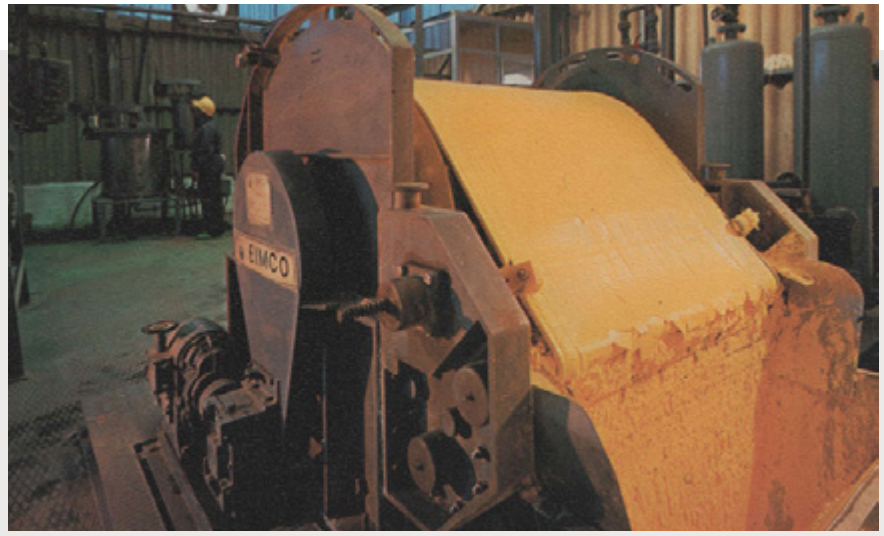


Fig. 4. Sección Filtración Concentrados de Uranio. Fuente: *Memoria 1981*, p. 8.

La fabricación de elementos combustibles puede realizarse entonces a partir de un proceso cerámico, en el que tras aplicarse una serie de métodos de prensado y sinterización se producen las pastillas de dióxido de uranio (levemente enriquecido), y otro mecánico, en el que estas pastillas se introducen en unas barras (denominadas vainas) de aleaciones metálicas especiales. Estas, a su vez, se ensamblan en una estructura metálica capaz de soportar las altas temperaturas que se producen como consecuencia de la fisión nuclear, para conformar lo que se denomina el *elemento combustible*: un conjunto de vainas ensambladas en un armazón metálico de base cuadrada.

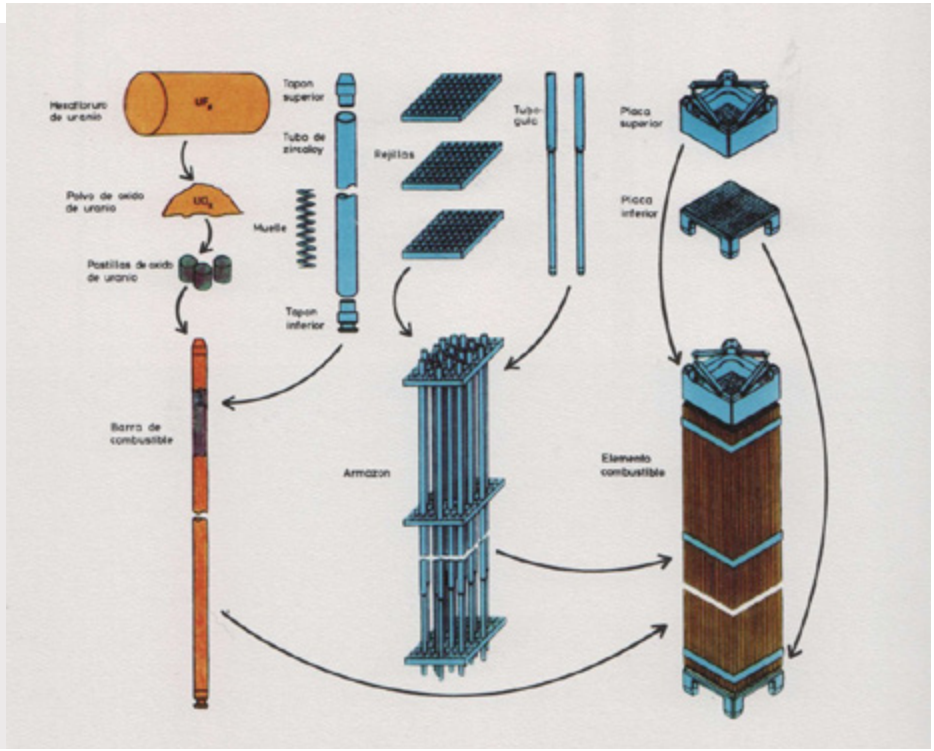


Fig. 5. Diagrama de fabricación de elementos combustibles para centrales PWR. Fuente: *Memoria 1975*, p. 16.

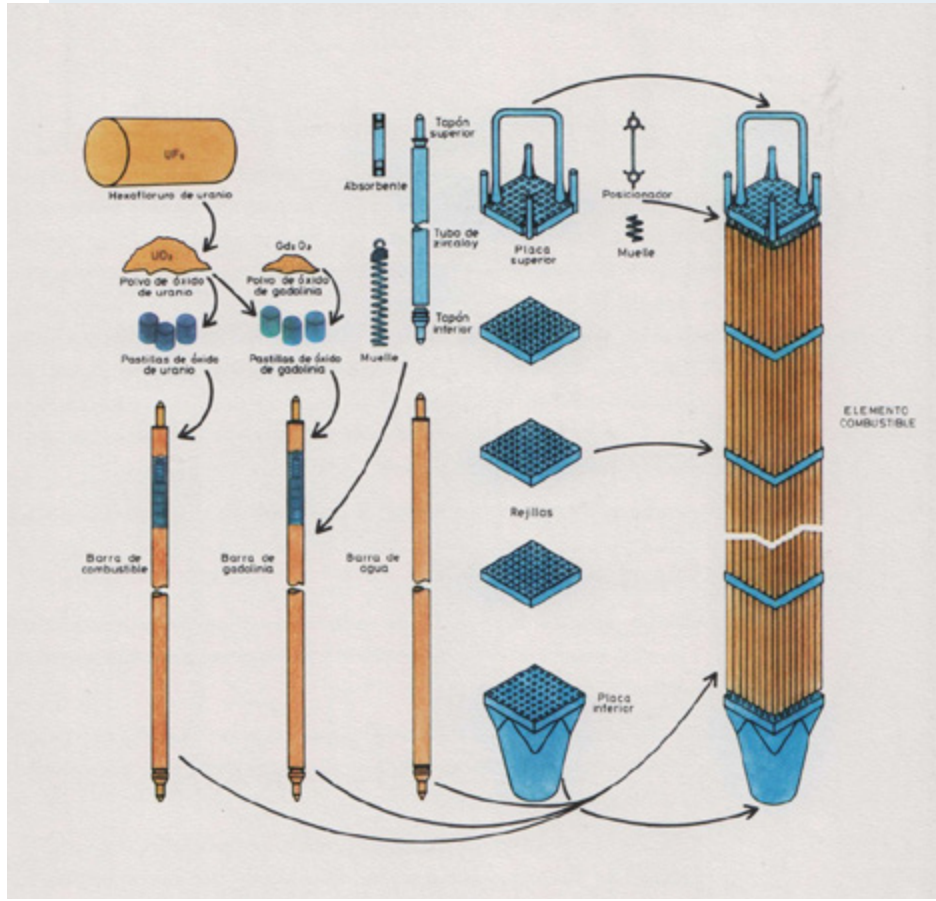


Fig. 6. Diagrama de composición de un elemento combustible. BWR. Fuente: *Memoria 1975*, p. 18.

Un buen ejemplo a partir del cual entrever lo complejo de estos procesos de producción lo encontramos en la fábrica de elementos combustibles de ENUSA ubicada en Juzbado (Salamanca). Inaugurada en 1985, la fábrica está dividida en cuatro zonas o áreas de trabajo: la cerámica, la mecánica, la de almacenaje y preparación para transporte y el laboratorio químico. La primera de ellas es donde se fabrican las pastillas de óxido de uranio. Para ello, el polvo de uranio entregado por los proveedores de los servicios de conversión y enriquecimiento es mezclado con óxido de uranio virgen y tratado a altas temperaturas, antes de someterse a un proceso de rectificado para ajustar el diámetro de las pastillas con una precisión y tolerancia de centésimas de milímetro.

Fig. 7. Detalle del área cerámica. Fuente: *Memoria 1999*, p. 25.

En la zona mecánica se preparan los tubos que componen las barras de combustible, hechos con aleaciones de circonio importadas de Estados Unidos. Mediante un sistema mecánico, las pastillas de dióxido de uranio (en ocasiones intercaladas con alguna de óxido de gadolinio, que se emplea para controlar la reacción, especialmente en los momentos iniciales del arranque del reactor) son introducidas en las barras, que son selladas empleando sistemas automáticos de soldadura, presurizadas con helio y ensambladas, también de manera automatizada, en el armazón o esqueleto del elemento combustible.

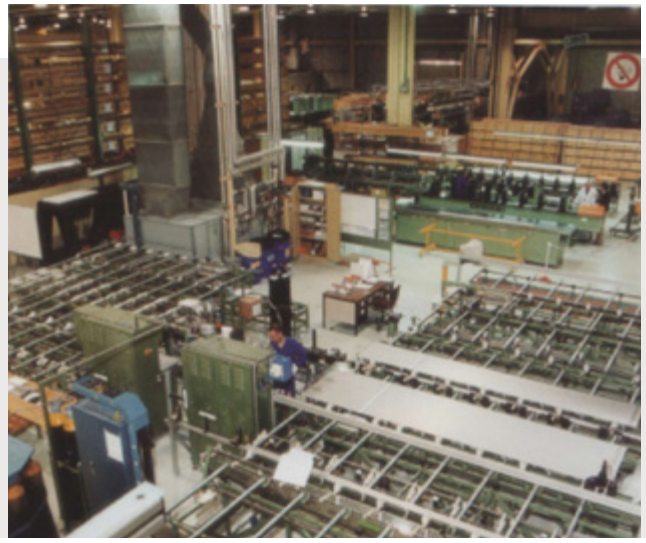


Fig. 8. Vista general del área mecánica. Fuente: *Memoria 1999*, p. 26.

En el área de almacenaje se procede a embalar los elementos combustibles en unos contenedores especiales y según se preparen para ser transportados o almacenados en la fábrica. Por su parte, el laboratorio químico se encarga de realizar periódicamente análisis de muestras para confirmar los parámetros y especificaciones características del material suministrado, así como de comprobar la composición química, porosidad y demás parámetros de las pastillas producidas. A estos análisis hay que añadir las inspecciones a las que son sometidos los armazones de los elementos combustibles, haciendo uso de radiografías digitales, ultrasonidos, ensayos de fugas de helio (para comprobar la hermeticidad de las barras de combustibles) y escáneres gamma, entre otros.

Fig. 9. Ensamblado de elemento combustible en contenedor.
Fuente: *Memoria 2005*, p. 15.

Los estrictos controles a los que se somete la producción obedecen a las severas condiciones a las que se enfrentan los elementos combustibles en el núcleo, dada la gran densidad de energía generada en la fisión, las elevadas temperaturas que se alcanzan, las altas dosis de radiación que sufren los materiales y las grandes presiones y flujos del refrigerante, a lo que hay que añadir que han de permanecer unos tres o cuatro años en el núcleo del reactor sin sufrir roturas, grietas ni deformaciones.

Por último, el combustible debe cargarse en el núcleo del reactor. Para ello hay que ejecutar trabajos de ingeniería que implican el diseño de la distribución de los elementos combustibles, tanto para el combustible del primer núcleo como para las sucesivas recargas. Un diseño que se obtiene a partir de distintas variables, como el grado de enriquecimiento del combustible, su distribución y la de su potencia en el reactor para que no se rebasen los límites de temperatura, los coeficientes de reactividad en las barras de control o la evolución del combustible como consecuencia de la operación del reactor y en relación con su composición isotópica, reactividad, producción de gases de fisión, etc. Todos estos cálculos se efectúan mediante softwares específicos en los que se interrelacionan aspectos nucleares, termo-hidráulicos y mecánicos de los diversos componentes del combustible y del núcleo completo del reactor.

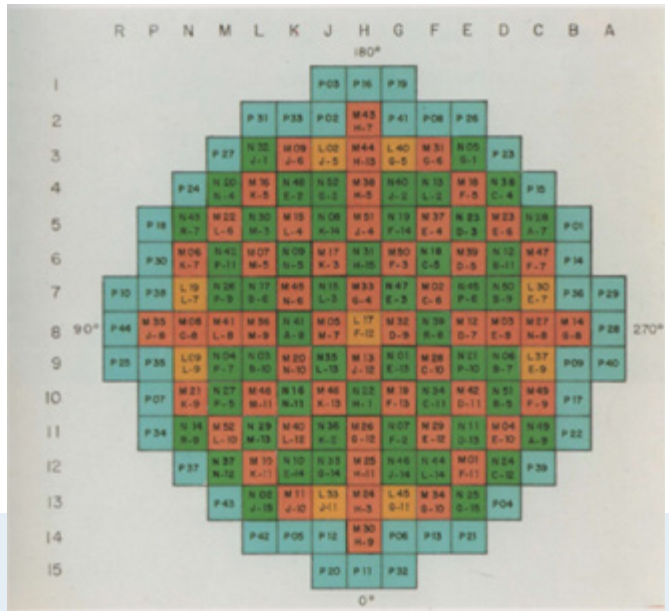


Fig. 10. Esquema de recarga de un reactor. Fuente: *Memoria 1985*, p. 15.

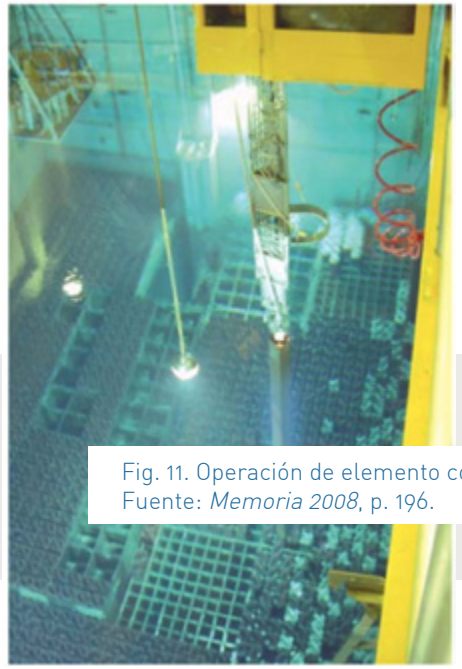


Fig. 11. Operación de elemento combustible en una central nuclear.
Fuente: *Memoria 2008*, p. 196.

LOS ANTECEDENTES

Durante la segunda mitad de la década de 1950, recuperados los indicadores económicos previos al estallido de la Guerra Civil y con un sector energético impulsado por la expansión de la electricidad, pero con restricciones en su suministro,[4] diversas instituciones se interesaron por la posibilidad de emplear la energía nuclear para la producción de energía eléctrica en España. Entre las iniciativas que cristalizaron destaca la creación, en 1957, de la empresa Técnicas Atómicas (Tecnatom), encargada de desarrollar para Unión Eléctrica Madrileña un proyecto de central nuclear, inaugurada en 1968 en la localidad de Almonacid de Zorita (Guadalajara).[5]

Con el objetivo de abastecer a esta primera central nuclear española, que recibió el nombre de central nuclear José Cabrera, el gobierno asignó a la Junta de Energía Nuclear (JEN) la dirección de un proyecto de construcción y puesta en marcha de una fábrica de concentrados de uranio. La JEN, un organismo creado por el franquismo en 1951 para investigar los posibles usos de la energía nuclear y desarrollar actividades en ese ámbito, [6] asumió la dirección de la que se denominó Fábrica General Hernández Vidal, encargada de preparar concentrados de uranio a partir del mineral que procedía de las minas uraníferas de Cardeña (Córdoba) y de la Sierra de Andújar (Jaén).

Consciente de la insuficiente capacidad de producción de concentrados de uranio en la fábrica que tenía la JEN en Andújar, el Ministerio de Industria convocó, mediada la década de 1965, un concurso para instalar una nueva fábrica en la zona de Ciudad Rodrigo (por su cercanía al principal yacimiento de uranio que existía en España).[7] El concurso, que exigía un capital íntegramente español y planteaba la posibilidad de que, en caso de no haber candidatos, el gobierno ordenase la constitución de una empresa nacional, se resolvió en enero de 1967, adjudicándose a la sociedad Uranios de Trastámara.[8]

[4] Carles Sudrià, "Un factor determinante: la energía", en: Carles Sudrià, Jordi Nadal y Albert Carreras (comps.), *La economía española en el siglo xx: una perspectiva histórica*, Barcelona: Ariel, 1987, pp. 313-364.
[5] Sobre Tecnatom, véase: Mariano Cereceda, "Evolución de TECNATOM (1957-2007)", *Revista de la Sociedad Nuclear Española*, 272 (2007), pp. 15-20.
[6] "Decreto-ley de 22 de octubre de 1951 por el que se crea la Junta de Energía Nuclear", *Boletín Oficial del Estado*, 297, 24 de octubre de 1951, pp. 4778-4779.
[7] "Orden de 18 de agosto de 1965 por la que se convoca concurso entre las Empresas privadas para instalar una fábrica de concentrados de uranio en la provincia de Salamanca", *Boletín Oficial del Estado*, 198, 19 de agosto de 1965, pp. 11588-11589.
[8] "Orden de 17 de enero de 1967 por la que se resuelve el concurso para instalar una fábrica de uranio en la provincia de Salamanca", *Boletín Oficial del Estado*, 21, 25 de enero de 1967, pp. 1098-1099.

Cincuenta años de tecnología del uranio en España

Sin embargo, la renuncia de esta sociedad permitió, en última instancia, la creación de una empresa nacional, tal y como deseaba el Ministerio de Industria.[9]

Para poder crear la nueva empresa se constituyó, en junio de 1969, una comisión gestora encargada de recoger el testigo de todo el trabajo que, desde hacía varios años, se venía realizando en relación con la viabilidad económica de una posible planta de concentrados de uranio.[10] De hecho, tras analizar los datos de la fábrica de Andújar entre 1960 y 1965, se había concluido que el coste de producción era menor que el precio medio americano y que, por tanto, era viable establecer una planta de concentrados de uranio de mayor capacidad que la de la JEN.[11]

La comisión gestora, establecida por mandato del Instituto Nacional de Industria (INI), creó varios grupos de trabajo con el objetivo de realizar los estudios técnicos necesarios para dictaminar si existía en España un mercado real de concentrados de uranio y si una planta industrial sería rentable. En definitiva, se trataba de constatar si la nueva empresa tenía futuro.[12] Una vez despejadas las dudas, en noviembre de 1969, se elaboró el primer informe con una propuesta para la constitución de la nueva empresa que debía encargarse de poner en funcionamiento la planta de concentrados de uranio.[13]

Los estudios de la comisión gestora se basaron, fundamentalmente, en los informes realizados por la JEN durante toda una década para tratar de estimar las reservas de uranio en España para ser empleadas en una futura planta y su rentabilidad; una labor de prospección exhaustiva y de minería por diversas zonas del Estado que se cuantificó en unos seiscientos millones de pesetas. Del mismo modo, los informes sobre explotación de minería y producción de concentrados se basaron en la experiencia acumulada por la JEN en la fábrica de uranio de Andújar, así como en su planta experimental de lixiviación estática instalada en Ciudad Rodrigo.

[9] Ministerio de Industria, "Creación de la Empresa Nacional del Uranio. Problemas y Soluciones", AGA 71/10785; "Decreto 259/1969, de 22 de febrero, por el que se encomienda al Instituto Nacional de Industria la instalación y explotación de una fábrica de concentrados de uranio en la provincia de Salamanca", *Boletín Oficial del Estado*, 47, 24 de febrero de 1969, p. 2857.
[10] "Acta de 18 junio de 1969 de constitución de la Comisión Gestora de la futura Empresa Nacional de Concentrados de Uranio", Archivo SEPI, caja 4912.
[11] "Fábrica de Uranio Resultados económicos de 6 años de funcionamiento 1960-1965", marzo de 1966, AGA 75/21928.
[12] "Actas Comisión Gestora", 15 de julio de 1969 y 21 octubre de 1969, Archivo SEPI, caja 4912.
[13] Carta del Director General de Ministerio de Industria, 27 noviembre de 1969, Archivo SEPI, caja 012; "Primer Informe-Propuesta de la Comisión Gestora", noviembre de 1969, Archivo SEPI, caja 4912.

La comisión gestora, aun reconociendo la importancia de la labor realizada por la JEN, se mostró convencida de que, para garantizar la rentabilidad del proyecto, resultaba necesaria la cesión de las minas a la nueva empresa sin compensación económica alguna. En todo caso se planteó la posibilidad de acordar para más adelante una ayuda con la que la JEN pudiese incrementar su capacidad investigadora.[14] La JEN, por el contrario, consideraba que se le debía abonar un canon (asociado a las cantidades extraídas) por toda la labor realizada y por la cesión de la tecnología de recuperación de los yacimientos evaluados, así como una cantidad en función del valor inicial y la antigüedad de los equipos que debía ceder.[15] Finalmente, en octubre de 1971 se llegó a un acuerdo oficioso en el que se fijó la contribución económica de la nueva empresa a los programas de investigación y desarrollo tecnológico de la JEN.[16]

Otra cuestión peliaguda fue la relacionada con la función del personal de la JEN en la nueva empresa. Tal y como José María Otero Navascués, presidente de la JEN, trasladó al presidente del INI, Julio Calleja, cuando se planteó la propuesta de composición de consejeros en la nueva empresa:

> *"Los técnicos de la Junta hubieran deseado ser ellos, lo mismo que en Andújar, los que hubieran llevado la fábrica, y esta solución del matrimonio morganático Junta-INI, si bien a mí me satisface, a ellos les deja mucho más fríos, ya que creen que el INI es demasiado grande y puede «comerse» a la Junta. Esta desproporción entre el número de Consejeros de la JEN y el INI contribuiría a acentuar este malestar y pesimismo".*[17]

La JEN siguió produciendo informes técnicos relacionados con el desarrollo tecnológico de la nueva empresa.[18] Por su parte, el INI se mostraba convencido de que la JEN debía contemplarse principalmente como un centro de investigación al cual la nueva empresa nacional del uranio podía recurrir, actuando como un organismo asesor independiente, aunque con presencia en el consejo de la empresa y convertido en "el vivero de donde la E[mpresa] N[acional] del U[ranio] ha de extraer una gran parte de su personal técnico".[19]

[14] "Primer Informe-Propuesta de la Comisión Gestora", noviembre de 1969, Archivo SEPI, caja 4912.
[15] "Anexo del Primer Informe-Propuesta de la Comisión Gestora", Archivo SEPI, caja 4912; "Informe Relaciones ENUSA-JEN", julio de 1972, AGA 71/10785.
[16] "Propuesta de esquema de colaboración JEN-Empresa Nacional del Uranio", octubre 1971, AGA 71/10785.
[17] Carta de José María Otero a Julio Calleja, presidente del INI, 21 mayo 1969, Archivo SEPI, caja 012.
[18] "Informe de la JEN sobre la producción de UF6 a partir de concentrados de uranio", enero de 1971, Archivo SEPI, caja 4192; "Informe de la JEN sobre Fabricación de elementos combustibles nucleares en España", febrero de 1971, Archivo SEPI, caja 4192.
[19] Carta de Alfonso Álvarez Miranda al presidente del INI, 11 de mayo de 1971, Archivo SEPI, caja 4912. Véase también: Carta del director del INI al Ministerio de Industria, octubre de 1971, AGA 71/10785.

Otro aspecto que condicionó la creación de la nueva empresa pública fue la aparición en escena de posibles competidores, en particular de Astilleros Españoles y de Ibérica de Estudios y Productos Nucleares S.A. (Ibernuclear). En ese sentido, en marzo de 1971, Alfonso Álvarez Miranda, director del INI, presentó un amplio informe al presidente de esta institución en el que explicaba la existencia de tres iniciativas "paralelas, simultáneas y desconectadas operando sobre el mismo tema".[20]

A priori, la más consistente (y, según las autoridades españolas, la más "peligrosa", pese a que finalmente no se materializó) era la de Astilleros Españoles, que junto a Combustion Engineering,[21] parecía estar en condiciones de presentar al gobierno una propuesta para constituir una sociedad dedicada a la fabricación de componentes nucleares con apoyo financiero exterior. En palabras de Álvarez Miranda:

> *"Esto distorsiona y perturba todo el programa previsto para la futura E[mpresa] N[acional] de combustibles nucleares, pero sobre todo, y esto es más grave, puede dificultar la ordenación del Sector de la energía nuclear... Sería necesario que, cuanto antes, la Administración estuviese prevenida de este riesgo para que pueda tomar las precauciones debidas en forma y tiempo oportunos".*[22]

Por su parte, el interés de Ibernuclear por este tema generó importantes tensiones. Ibernuclear, empresa mixta de la que participaban el INI (con un 30%) y las compañías eléctricas españolas (con un 70%), había sido creada en 1967 con el objetivo de analizar la posibilidad de fabricar en España los elementos combustibles de las centrales nucleares, una tarea a la que también se dedicaba la JEN. De hecho, Álvarez Miranda se mostró preocupado por unos planes que parecían colisionar con los de la JEN, puesto que la empresa pretendía, entre otras cosas, crear un equipo de personas para abordar todo lo relativo a la gestión del núcleo de los reactores y, por tanto, todo lo relacionado con los elementos combustibles.[23]

[20] *Ibid.*
[21] Combustion Engineering fue una empresa estadounidense dedicada inicialmente al negocio de los reactores nucleares, pero que, desde finales de la década de 1960, se centró en el combustible nuclear. Con el objeto de posicionarse en el mercado español, registró varias patentes en España entre 1966 y 1972 sobre combustibles nucleares. Véase, por ejemplo: P0331324, P0331782, P0332292, P0360876, Archivo Histórico de la Oficina Española de Patentes y Marcas (A-OEPM).
[22] Carta de Alfonso Álvarez Miranda al Presidente del INI, 8 marzo 1971, Archivo SEPI Caja 4912. "Informe sobre fabricación de componentes nucleares. Relaciones entre Astilleros Españoles S.A. y Combustion Engineering", Archivo SEPI, caja 4912.
[23] Carta de Alfonso Álvarez Miranda a Javier Sagües, 28 de febrero de 1972, Archivo SEPI, caja 216.

Esta situación derivó en una reunión al máximo nivel, en marzo de ese mismo año, entre representantes del INI, Ibernuclear y ENUSA (pese a que esta última no estaba formalmente constituida) en la que se acordó que Ibernuclear participase con un 40% de ENUSA. Con todo, el encuentro sirvió para constatar "una cierta colisión de intereses o una duplicidad de medios que deberá ser objeto de atención para evitar inversiones y gastos inútiles", puesto que la propia JEN tenía ya iniciado "el montaje de un equipo destinado a este mismo fin, lo cual complica aún más este asunto".[24] Finalmente, tal y como veremos, tras la disolución de Ibernuclear, fueron las empresas eléctricas españolas las que asumieron el porcentaje de participación que había sido acordado en la nueva empresa.

En definitiva, las demandas del programa nuclear civil español propiciaron, durante la década de 1960, el desarrollo de una industria nuclear en España, a la que acompañó una estrategia estatal al respecto. Es en ese contexto en el que debe entenderse tanto la creación de ENUSA como la de otra empresa pública, Equipos Nucleares, S.A. (ENSA), creada en 1973 y perteneciente mayoritariamente al INI, con el objetivo de suministrar grandes componentes nucleares y equipos a las centrales nucleares españolas. Unas actuaciones dirigidas, en última instancia, a emplear toda la tecnología disponible para avanzar hacia una cada vez mayor autosuficiencia, mejorando el autoabastecimiento y reduciendo la dependencia tecnológica del exterior, en un marco de paulatina ampliación del parque nuclear español.[25]

[24] "Nota informativa sobre reunión entre de Enusa con el INI e Ibernuclear", 10 de marzo de 1972, Archivo SEPI, caja 026.

[25] Todo ello pese a la apertura y reordenación económica de aquellos años que dejó atrás la autarquía. Véase: Donato Fernández Navarrete, "La política económica exterior del franquismo: del aislamiento a la apertura", *Historia Contemporánea*, 30 (2005), pp. 49-78.

Cincuenta años de tecnología del uranio en España

LOS PRIMEROS AÑOS

La Empresa Nacional del Uranio, S.A. (ENUSA) se constituyó formalmente el 17 de abril de 1972.[26] Las primeras actuaciones de la empresa trataron de abordar la planificación de aquellas acciones que, necesariamente, debían desplegarse en ámbitos esenciales para la industria del uranio, como la minería, el enriquecimiento de uranio y la obtención de elementos combustibles.[27] Unos primeros pasos encaminados, en última instancia, a satisfacer la alta demanda que se preveía tanto de concentrados de uranio como de servicios de enriquecimiento y de producción de elementos combustibles, en el marco del desarrollo del programa nuclear español.

Esta estrategia se basaba en la instalación de nuevas centrales nucleares que debían sumarse a las tres ya existentes y en explotación, capaces de generar por aquél entonces una potencia total de 1.110 megavatios. De hecho, España había iniciado en 1973 la construcción de siete centrales más, que debían proporcionar una potencia total de 6.550 megavatios y entrar en servicio durante la segunda mitad de la década de 1970. Unos números que se esperaba aumentar con nuevas instalaciones a partir de la década de 1980 capaces de incrementar 2.500 megavatios al año hasta lograr un total de 23.000 megavatios hacia 1985.[28] Estos planes, sin embargo, se vieron posteriormente alterados con la moratoria nuclear que implicó la suspensión temporal de la puesta en marcha de estas instalaciones.

En cualquier caso, las pretensiones iniciales llevaron a identificar múltiples necesidades en relación con todas las fases del ciclo del combustible del uranio. De ahí que se avanzase en la elaboración de un Plan Nacional de Exploración de Uranio (PNEU) y un Plan Energético Nacional (PEN), aprobados en agosto de 1974 y enero de 1975, respectivamente, con el objeto de potenciar al máximo las actividades que contribuyesen al desarrollo de los recursos energéticos propios, así como asegurar el abastecimiento de los procedentes del exterior.[29]

[26] "Decreto 3322/1971, de 23 de diciembre, sobre fines de la Empresa Nacional del Uranio", *Boletín Oficial del Estado*, 15, 18 de enero de 1972, pp. 915-916.

[27] ENUSA, *Memoria Ejercicio 1972*, Madrid, 1973, pp. 3-5.

[28] ENUSA, *Memoria Ejercicio 1973*, Madrid, 1974, p. 5; "Orden de 17 de julio de 1972 por la que se aprueba la revisión del Plan Eléctrico Nacional", *Boletín Oficial del Estado*, 181, 29 de julio de 1972, pp. 13646-13647; "Plan Energético Nacional 1983", *Boletín Oficial de las Cortes Generales, Congreso de los Diputados, II Legislatura* [Serie E: Otros textos], 42, 14 mayo 1984" pp. 385-469.

[29] "Tras el Consejo de Ministros, el Príncipe regresó a Palma. Informe sobre los asuntos tratados", *Diario de Burgos*, 31 de agosto de 1974, p. 10; "Referencia del Consejo de Ministros", *Mediterráneo*, 31 de agosto de 1974, p. 11.

En ese contexto, la posición central de ENUSA en el desempeño de la política nuclear española quedó consolidada a finales de 1973, cuando el Consejo de Ministros le encargó la gestión unificada de los aprovisionamientos nacionales de concentrados de uranio y de los servicios para el abastecimiento de las centrales nucleares españolas.[30]

En el ámbito de la extracción de minerales uraníferos, no fueron pocos los esfuerzos dedicados a tratar de incrementar la exploración de yacimientos, especialmente ante el efecto inflacionista derivado de la crisis del petróleo que causó un notable impacto en el mercado mundial de uranio, encareciendo unos precios que hasta la fecha habían sido bastante bajos por el exceso de oferta.[31]

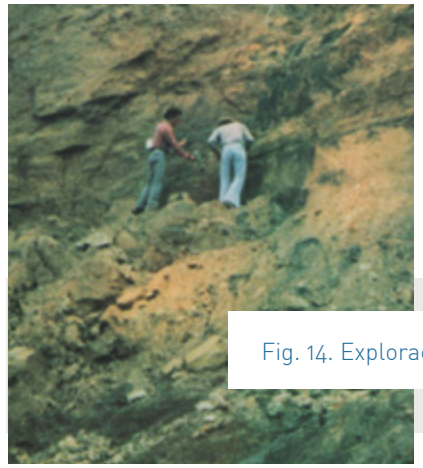
Fig. 12. Sondeos en la zona de Ciudad Rodrigo. Fuente: *Memoria 1976*, p. 12

[30] ENUSA, *Memoria Ejercicio 1973*, Madrid, 1974, p. 7; "Orden por la que se transfiere a la «Empresa Nacional del Uranio, S. A.» (ENUSA), la explotación de determinados yacimientos radiactivos en zonas de reserva definitiva de la provincia de Salamanca actualmente encomendadas a la Junta de Energía Nuclear", *Boletín Oficial del Estado*, 296, 11 de diciembre de 1973, p. 23946.

[31] ENUSA, *Memoria Ejercicio 1973*, Madrid, 1974, pp. 6-8.

ENUSA recibió las competencias en materia de exploración de yacimientos de uranio en territorio español y de evaluación de su rentabilidad para una posible explotación. Según la JEN, encargada de dichas actividades hasta la creación de ENUSA, pese a la existencia en España de uranio y la posibilidad de explotarlo de forma rentable, las reservas no eran suficientes para las previsiones del plan nuclear que se pretendía desarrollar. Ante esta información, ENUSA inició negociaciones con distintas entidades internacionales para explorar yacimientos en el exterior.

Fig. 13. Exploración de uranio con escintilómetro. Fuente: *Memoria 1977*, p. 8.



Un buen ejemplo son los contactos iniciados en 1974 con el Instituto de Asuntos Nucleares (IAN) de Colombia para participar en diversas exploraciones uraníferas en este país y que terminaron propiciando la firma de un acuerdo, en 1977, para iniciar unos sondeos que, sin embargo, fueron cancelados en 1982 ante la falta de resultados.[32]

Fig. 14. Exploración en Colombia. Fuente: *Memoria 1979*, p. 9.

[32] En 1977 ENUSA constituyó una sucursal en Colombia según un Contrato de Asociación con el IAN para la exploración y eventual explotación de uranio en tres áreas de Colombia. La participación en el proyecto fue de un 49% por ENUSA y un 51% del IAN. En 1983, tras cancelarse las exploraciones, se firmó un acuerdo de Asistencia Técnica con el IAN para mantener formalmente la sucursal colombiana de ENUSA, si bien un año más tarde fue suprimida definitivamente. "Acta 37 Consejo Administración ENUSA", 11 de enero de 1977, Archivo SEPI, caja 5928; "Acta 39 Consejo Administración ENUSA", 15 de marzo de 1977, Archivo SEPI, caja 6116; "Acta 79 Comisión Permanente ENUSA", 27 de enero de 1983, Archivo SEPI, caja 7171; ENUSA, *Memoria Ejercicio 1976*, Madrid, 1977, p. 15; ENUSA, *Memoria 1977*, Madrid, 1978, pp. 14-16; ENUSA, *Memoria 1982*, Madrid, 1983, p. 7.

ENUSA también participó en proyectos de exploración en otros países, como Canadá, en donde creó junto a otras empresas la Conwest Canadian Uranium Exploration Joint Venture, gracias a la cual pudo adquirir producción exportable.[33] Del mismo modo, en agosto de 1976 firmó un acuerdo con la empresa Anglo American Corporation para participar en las exploraciones uraníferas de Karoo (Sudáfrica), creándose a tal efecto la sociedad Karoo Venture.[34]

Con todo, la intención era contar con una producción nacional que fuese capaz de alcanzar, en un primer momento, un 20% de las necesidades previstas. En ese sentido, una de las primeras actuaciones de ENUSA fue solicitar, apenas unos pocos meses después de su constitución formal, la concesión de la explotación de los yacimientos de uranio de la cantera ubicada en Ciudad Rodrigo (Salamanca),[35] en manos de la JEN y que le fue finalmente transferida en 1973.[36] Una decisión no exenta de cierta controversia y por la que la JEN trató de obtener de ENUSA el pago de un canon como compensación por la realización de los trabajos previos.[37]

Para estudiar todas las posibilidades tanto de explotación de yacimientos de uranio nacionales como de participación en explotaciones exteriores, se formó un grupo de trabajo, del que participaron la Dirección General de Energía, el Instituto Geológico y Minero de España (IGME), el INI, la JEN y ENUSA. Como consecuencia, se firmaron diversos acuerdos de suministro y explotación con empresas e instituciones como el Commissariat à l'Énergie Atomique (CEA) francés, mediante el cual ENUSA obtuvo una participación del 10% de la Compagnie Miniere d'Akouta de Niger (COMINAK). [38]

[33] La participación de ENUSA se redujo de un 20% inicial a un 12,5% en 1978, tras entrar la sociedad en esa fecha en la fase final de las tareas de exploración. ENUSA, *Memoria 1978*, Madrid, 1978, p. 17.

[34] ENUSA, *Memoria Ejercicio 1976*, Madrid, 1977, p. 13. ENUSA pasó de participar con un 50% en esta sociedad a un 25% en 1978. De hecho, la actividad exploratoria y de valoración de yacimientos se redujo notablemente hacia 1981, convirtiéndose prácticamente en testimonial y manteniendo su presencia únicamente para conservar los derechos mineros. Sánchez y López, *Op. cit.*, 2020, pp. 133-136; "Acta 51 Consejo Administración ENUSA", 26 de julio de 1978, Archivo SEPI, caja 6116.

[35] ENUSA, *Memoria Ejercicio 1972*, Madrid, 1973, pp. 3-4.

[36] ENUSA, *Memoria Ejercicio 1973*, Madrid, 1974, p. 10.

[37] La JEN había indicado, en un informe de 1969, la necesidad de pago de ese canon en caso de transferencia de sus actividades a otra entidad, tal y como se recoge en: "Primer Informe Propuesta de la Comisión gestora", noviembre de 1969, Archivo SEPI, caja 4912. Sin embargo, la Dirección General de Energía terminó desestimando estas pretensiones. Véase: "Acta 9 Comisión Permanente ENUSA", 23 de abril de 1973, Archivo SEPI, caja 5210; "Acta 1 Comisión Permanente ENUSA", 5 de julio de 1972, Archivo SEPI, caja 5060; "Informe colaboración JEN-ENUSA", 10 de julio de 1972, Archivo General de la Administración (AGA), 71/10785.

[38] Sánchez y López, *Op. cit.*, 2020, p. 132; ENUSA, *Memoria Ejercicio 1974*, Madrid, 1975, p. 8. La información archivística sobre la participación en las minas de Níger es muy amplia. Véase, por ejemplo: "Informe sobre Contratos de compra de uranio y servicios de enriquecimiento", mayo de 1974, Archivo SEPI, caja 5393; "Participación de Enusa en Cominak" mayo de 1979, Archivo SEPI, caja 221.

Fig. 15. Instalaciones mineras en Akouta, Níger. Fuente: *Memoria 1988*, p. 12.

Los acuerdos con entidades extranjeras se extendieron a otras áreas, como sucedió con la obtención de concentrados de uranio para su posterior enriquecimiento. Una medida ciertamente necesaria ante la incapacidad de asegurar el suministro suficiente por parte de la fábrica de uranio de Andújar (Jaén), inicialmente denominada Fábrica General Hernández Vidal y operada por la JEN desde su inauguración en 1959.

Así pues, la JEN, que había transferido a ENUSA la pequeña planta piloto ELE (Ensayo de Lixiviación Estática) de minerales de uranio situada junto a las instalaciones mineras de Ciudad Rodrigo, recibió el encargo de construir en ese mismo lugar una planta de tratamientos uraníferos con la que producir, también por lixiviación estática, concentrados de uranio (U_3O_8) a partir de los minerales extraídos, con el objetivo de tratar 500.000 toneladas de mineral y producir anualmente 112 toneladas de concentrados de uranio.[39]

[39] ENUSA, *Memoria Ejercicio 1973*, Madrid, 1974, p. 10.

La nueva planta, denominada "Elefante" y situada en un lugar de la zona minera de Saelices el Chico (Salamanca) diferente al emplazamiento de la planta ELE (de la que tomó el nombre), entró en producción en 1978. La construcción de esta había sido autorizada en 1975, el mismo año en que se iniciaron los estudios de planificación e ingeniería necesarios para proyectar una nueva fábrica de concentrados de uranio por lixiviación dinámica en esas mismas instalaciones mineras de Ciudad Rodrigo. Apenas dos años más tarde, en 1977, la JEN inició también las actividades de producción de la planta experimental "Lobo-G", instalada junto a los yacimientos que desde 1966 explotaba en La Haba (Badajoz) y concebida para tratar el mineral extraído de esa zona.[40]

Fig. 16. Cinta transportadora de mineral triturado. Fuente: *Memoria 1974*, p. 14.

Fig. 17. Instalación de trituración y demuestre en Saelices. Fuente: *Memoria 1980*, p. 6.

[40] Para la autorización de la puesta en marcha de la planta Lobo-G, véase: "Resolución de la Dirección General de la Energía de 21 de abril de 1977", *Boletín Oficial del Estado*, 181, 30 de julio de 1977, p. 17040,

Fig. 18. Planta experimental en La Haba (Badajoz). Fuente: *Memoria 1982*, p. 16.

Sin embargo, la imposibilidad de contar de forma inminente con la producción de esas plantas hizo que ENUSA asumiera la tarea de solicitar el suministro de concentrados de uranio a varios fabricantes internacionales y establecer los pertinentes acuerdos de colaboración.[41] Buena muestra de ello son los contratos de suministro de concentrados de uranio con las empresas canadienses Denison Mines, Gulf Minerals y Eldorado, así como con la británica Rio Tinto Zinc, con las que se logró cubrir durante prácticamente una década la demanda que no podía ser totalmente satisfecha por la producción nacional.[42]

En relación con el proceso químico de conversión de dióxido de uranio (U_3O_8) en hexafluoruro de uranio (UF_6), ENUSA contrató este servicio entre 1974 y 1976 con diversas empresas, como la británica British Nuclear Fuels (BNFL) y la canadiense Eldorado Nuclear.[43] En particular, el Acuerdo para la Cooperación en el Desarrollo y Aplicación de la Energía Atómica para Fines Pacíficos firmado en abril de 1976 entre los gobiernos canadiense y español, exigía que la conversión a hexafluoruro de uranio previa a la exportación de cualquier elemento se realizase en Canadá.[44] Por su parte, los servicios de enriquecimiento de uranio necesarios para abastecer a los siete reactores en construcción se contrataron a finales de 1972 con la Atomic Energy Comission (AEC) estadounidense, cubriéndose así las necesidades en ese ámbito hasta 1977 en su totalidad y en un tercio para el período 1978-1985.[45]

[41] Sánchez y López, *Op. cit.*, 2020, p. 149; "Informe sobre Contratos de compra de uranio y servicios de enriquecimiento", mayo de 1974, Archivo SEPI, caja 5393; "Aprovisionamiento de concentrados de uranio y de servicios de enriquecimiento para el programa español de centrales nucleares", Informe del Ministerio de Industria, octubre de 1973, AGA 71/10785.
[42] ENUSA, *Memoria Ejercicio 1974*, Madrid, 1975, p. 6.
[43] "Acta Comisión Permanente ENUSA", 3 de septiembre de 1974, Archivo SEPI, caja 5395; "Acta 21 Comisión Permanente ENUSA", 17 de diciembre de 1974, Archivo SEPI, caja 5564; ENUSA, *Memoria Ejercicio 1974*, Madrid, 1975, p. 6.
[44] Véase: "Nota sobre la seguridad del aprovisionamiento de uranio enriquecido", 24 de noviembre de 1976, AGA 71/10789, en la que también se analizan las necesidades de los servicios de conversión.
[45] ENUSA, *Memoria Ejercicio 1973*, Madrid, 1974, pp. 10-11; "Nota sobre relaciones de España con USA y Canadá en el campo nuclear", 14 de abril de 1973, AGA 71/10779.

Más aún, ENUSA ingresó en el European Gaseous Diffusion Uranium Enrichment Consortium (EURODIF) con la intención de beneficiarse, a medio plazo, de la construcción de una planta de enriquecimiento de uranio mediante difusión gaseosa proyectada en Francia y cuya entrada en producción se preveía para 1978. Su participación en dicho consorcio se incrementó de algo más del 4% a finales de 1972 a poco más de un 11% en 1974.[46] Entretanto, además de negociar con la empresa soviética Techsnabexport (TENEX) la contratación de servicios de enriquecimiento,[47] ENUSA pasó a participar con un 6,5% de la Association for Centrifuge Enrichment (ACE), la multinacional constituida por el consorcio británico-alemán-neerlandés URENCO para el estudio de enriquecimiento por centrifugación.[48]

Como era de esperar, durante esos años se produjo una transformación gradual de la capacidad, tanto financiera como estructural, de la empresa. En 1973 se concretó la venta del 40% de ENUSA a las siguientes empresas eléctricas españolas: Unión Eléctrica, Compañía Sevillana de Electricidad, Hidroeléctrica Española, Fuerzas Eléctricas de Cataluña, Iberduero y Electra de Viesgo.[49] Pese a esto, las relaciones institucionales con las eléctricas no estuvieron exentas de tensiones, puesto que sus máximos representantes consideraban que ENUSA ejercía un monopolio de facto sobre el suministro de uranio enriquecido para las centrales españolas, sin otra opción a la que acudir para su abastecimiento, al tiempo que diferían en aspectos como el de la financiación de los stocks de uranio.[50]

En cualquier caso, ENUSA siguió creciendo y un año más tarde, en 1974, el capital social se amplió de cuatrocientos millones a mil millones de pesetas, mientras que las inversiones ascendieron hasta los ochocientos millones de pesetas. Al mismo tiempo, la plantilla pasó de apenas veinticuatro trabajadores a finales de 1973 a ciento trece empleados en 1974 repartidos entre las oficinas centrales de Madrid y la actividad minera en Ciudad Rodrigo.[51]

[46] ENUSA, *Memoria Ejercicio 1972*, Madrid, 1973, p. 4; ENUSA, *Memoria Ejercicio 1973*, Madrid, 1974, pp. 10-12; ENUSA, *Memoria Ejercicio 1974*, Madrid, 1975, p. 9.

[47] ENUSA, *Memoria Ejercicio 1972*, Madrid, 1973, p. 11; "Proyecto de contrato de servicios de conversión y enriquecimiento con la URSS", abril de 1974, AGA 71/19788. Véase también la correspondencia sobre contratos con la URSS, de marzo-abril de 1974, Archivo SEPI, caja 53942.

[48] ENUSA, *Memoria Ejercicio 1974*, Madrid, 1975, p. 9; Sánchez y López, *Op. cit.*, 2020, p. 148.

[49] "Acta 2 Junta General Extraordinaria de ENUSA, 27 de febrero de 1973, Archivo SEPI, caja 5210.

[50] Véase, por ejemplo: Cartas del Director Gerente de Hidroeléctrica Española al Director General de Energía y al Presidente de ENUSA, sobre el contrato con ENUSA, 19 de noviembre de 1975, AGA 71/10788; "Propuesta de revisión del Contrato-Tipo entre ENUSA y las empresas eléctricas propietarias de reactores", junio de 1976, AGA 71/10785; Carta del Vicepresidente y Director General de la JEN, Francisco Pascual, al Director General de la Energía del Ministro de Industria, 7 de abril de 1976, AGA 71/10786.

[51] ENUSA, *Memoria Ejercicio 1974*, Madrid, 1975, pp. 13-15.

En cuanto al diseño y a la fabricación de elementos combustibles, tras negociar con diversos suministradores internacionales la cesión de las prerrogativas necesarias para ello,[52] ENUSA firmó finalmente en 1974 los contratos de licencias y asistencia técnica para el diseño y la fabricación de estos elementos con las compañías estadounidenses Westinghouse Electric, para reactores de agua a presión (PWR), y General Electric, para reactores de agua en ebullición (BWR).[53] Una decisión que estuvo influida por el hecho de que ambas firmas fuesen las adjudicatarias de la mayoría de las centrales nucleares españolas.

De hecho, las primeras operaciones de carga de combustible en las centrales españolas fueron realizadas en 1972 por estos dos suministradores de núcleos de reactores, junto a quienes se desarrollaron trabajos de ingeniería de diseño para recargas de combustible para varios reactores españoles.[54] Así pues, el personal de ingeniería de ENUSA completó en Norteamérica planes de formación de ingeniería de combustible. En particular, puesto que el diseño de recargas requería del uso de un software específico, se cerraron los acuerdos necesarios con los suministradores para poder emplear las licencias y adaptarlas con posterioridad para su uso en el Centro de Cálculo de Sabadell, desde el que se conectaban a las computadoras estadounidenses.[55]

[52] ENUSA, *Memoria Ejercicio 1972*, Madrid, 1973, p. 5; ENUSA, *Memoria Ejercicio 1973*, Madrid, 1974, p. 12. Véanse también los informes sobre ofertas de suministradores, de mayo 1973, en el Archivo SEPI, cajas 026 y 5210.

[53] ENUSA, *Memoria Ejercicio 1974*, Madrid, 1975, pp. 9-12; "Bases del contrato de asistencia técnica para el diseño y fabricación de combustible nuclear" , enero de 1973, Archivo SEPI, caja 221; "Informe sobre los contratos de licencia para el diseño y fabricación de combustible nuclear para reactores de agua ligera acordados con Westinghouse Electric y General Electric Company", septiembre de 1974, Archivo SEPI, caja 5394; "Technical assitance and Patent Lisense Agreement covering Nuclear Fuel and Core Compoents for Pressurized Water Reactors between Empresa Nacional del Uranio S. A. and Westinghouse Electric Corporation", 1974, Archivo SEPI, caja 5394; "Nuclear Boiler Core Components Technical Exchange and Patent Cross License Agreement between Empresa Nacional del Uranio S. A. and General Electric Company (GE-ENUSA License), octubre de 1974, Archivo SEPI, caja 5394.

[54] Romero, *Op. cit.*, 2019, pp. 62-64 y pp. 94-95.

[55] Sánchez y López, *Op. cit.*, 2020, p. 151; Santiago López García, "La historia de la informática en España: La investigación y la industria nacionales", VI Congreso AEHE 1997 (https://www.aehe.es/wp-content/uploads/1997/10/LOPEZ-GARCIA3.pdf); "Informes sobre contrato con Westinghouse para uso de computadora", diciembre de 1977, Archivo SEPI, cajas 5298 y 194.

Fig. 19. Vista general de la fábrica de Juzbado. Fuente: *Memoria 2001*, p. 9.

La intención inicial era que, a partir de 1977, ENUSA fuese cubriendo paulatinamente las diversas etapas de fabricación. De hecho, a finales de 1975 se presentó la solicitud de autorización para la construcción de una fábrica en la que producir elementos combustibles y convertir hexafluoruro de uranio en dióxido de uranio. Sin embargo, la fábrica de elementos combustibles de Juzbado (Salamanca) no estuvo operativa hasta 1985 y lo cierto es que en ella no se llegó a realizar ninguno de los dos procesos posibles de conversión de uranio, pese a que la JEN llevaba años desarrollando trabajos experimentales de este tipo.[56] Un proyecto fallido que se sumó a otras iniciativas frustradas, como la de acoger una planta de enriquecimiento de uranio de EURODIF en España.[57]

Por último, la necesidad de gestionar los residuos radiactivos y reprocesar el combustible irradiado llevó a ENUSA a iniciar en 1974 diferentes estudios, en colaboración con la JEN y otros organismos internacionales, para explorar la posibilidad de construir una planta de reciclado que pudiese entrar en servicio a partir de 1985. La cuestión no era menor, dadas las dificultades para transportar y almacenar los residuos radiactivos en el extranjero. De ahí que se plantease acometer la construcción de piscinas de almacenamiento como una solución provisional para, posteriormente, abordar la cuestión del reproceso. De hecho, las dificultades de las eléctricas españolas a la hora de contratar estos servicios en el extranjero hicieron que empresas como Centrales Nucleares del Norte, S. A. (Nuclenor) solicitasen formalmente la construcción de estas piscinas hasta que se solventase la cuestión del almacenamiento. Toda esta problemática, sin embargo, viró hacia la Empresa Nacional de Residuos Radiactivos, S.A. (ENRESA) tras su creación en 1984, puesto que fue esta empresa la que a partir de ese momento asumió todas las competencias derivadas de la gestión de la última parte del ciclo del combustible nuclear.[61]

[56] "Contribución de la Junta de Energía Nuclear a la nacionalización de las técnicas del ciclo de combustible", 1972, AGA 71/10783. Francisco Pascual, "Programa nuclear español", *Boletín de Información del CESEDEN*, 36 (VII), 1969, pp. 1-13. Sobre la decisión de suspender la propuesta de incorporar a la fábrica una planta de conversión, véase: "Acta 86 Comisión Permanente ENUSA", 6 de julio de 1983, Archivo SEPI, caja7397.

[57] "Localización de una planta de difusión gaseosa en España. Ventajas e inconvenientes", noviembre de 1972, AGA 71/10784.

[58] ENUSA, *Memoria Ejercicio 1974*, Madrid, 1975, p. 13. La actividad del tratamiento de combustible irradiado estuvo asignada a ENUSA desde su creación: "Decreto 3322/1971, de 23 de diciembre, sobre fines de la Empresa Nacional del Uranio", *Boletín Oficial del Estado*, 15, 18 de enero de 1972, pp. 915-916. Véase también: "Informe Relaciones ENUSA-JEN", 10 de julio de 1972, AGA 71/10785.

[59] "Informe sobre almacenamiento y reproceso de combustibles irradiados tipo LWR. Grupo de trabajo JEN-ENUSA-Empresas Eléctricas", 1976, AGA 71/10790.

[60] Carta del Director de Nuclenor al Director General de Energía del Ministerio de Industria, 10 de diciembre de 1976, AGA 71/10784.

[61] "Real Decreto 1522/1984, de 4 de julio, por el que se autoriza la constitución de la «Empresa Nacional de Residuos Radiactivos, S. A.» (ENRESA)", *Boletín Oficial del Estado*, 201, 22 de agosto de 1984, pp. 24186-24187.

UNA EMPRESA EN TRANSICIÓN

La muerte de Franco en 1975 y el subsiguiente acceso al trono de Juan Carlos I abrieron un período de incertidumbre y ciertas esperanzas en relación con un posible cambio político. El cambio de régimen hizo que los sucesivos gobiernos de la transición se centraran en una serie de temas de carácter político, económico y social que quedaron reflejados en los Pactos de la Moncloa, esenciales para la consolidación de la democracia pero que, sin embargo, no hacían mención ni a la importancia de la investigación científica ni a la del desarrollo tecnológico. Con todo, dichos acuerdos permitieron contar con un marco de referencia a partir del cual se desplegaron diferentes actuaciones, especialmente a través del Ministerio de Industria y Energía, como la creación en 1977 del Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI) o el cambio de orientación del hasta entonces conocido como Centro de Estudios de la Energía para centrarse en aspectos como el ahorro y la diversificación de la energía.[62]

Los años de la transición a la democracia fueron también, una vez solventados los problemas de financiación y superadas las dudas acerca de la viabilidad de la empresa, los de la consolidación de ENUSA como uno de los principales referentes de la industria nuclear en nuestro país. En ese contexto se ha de enmarcar, por ejemplo, la decisión tomada en marzo de 1980 por el entonces Ministerio de Industria y Energía de transferir a ENUSA todas las funciones que hasta entonces tenía encomendadas la JEN en relación con el ciclo del combustible nuclear.[63] Una cesión que afectó también a la titularidad de las instalaciones mineras de La Haba (Badajoz), cuya concesión de explotación –iniciada oficialmente en 1966 por la JEN–[64] recibió ENUSA en 1983, así como a la planta "Lobo-G" de fabricación de concentrados de uranio, ubicada junto a dicho conjunto de minas.

Con anterioridad a ello, ENUSA había continuado con sus labores de exploración de yacimientos uraníferos en diferentes zonas de España, desarrollando actividades que fueron desde la cartografía geológica hasta la escintiliometría o la emanometría. En concreto, en 1977 inició

[62] Emilio Muñoz y Jesús Sebastián, "Exploración de la política científica en España: de la espeleología a la cartografía", en: Ana Romero de Pablos y María Jesús Santesmases (coords.), *Cien años de política científica en España*, Bilbao: Fundación BBVA, 2008, pp. 357-384; Luis Sanz Menéndez, *Estado, ciencia y tecnología en España: 1939-1997,* Madrid: Alianza, 1997, pp. 165-173.

[63] "Orden de 28 de marzo de 1980 sobre transferencia a ENUSA de las funciones que la Junta de Energía Nuclear tiene encomendadas en relación con el ciclo del combustible nuclear", *Boletín Oficial del Estado, 92*, 16 de abril de 1980, p. 8201.

[64] "Orden de 27 de agosto de 1965 por la que se reservan provisionalmente a favor del Estado los yacimientos de toda clase de sustancias, excluidos los hidrocarburos fluidos y las rocas bituminosas, en la zona denominada «Badajoz Veinte», del término municipal de La Haba (Badajoz)", *Boletín Oficial del Estado*, 213, 6 de septiembre de 1965, p. 12244.

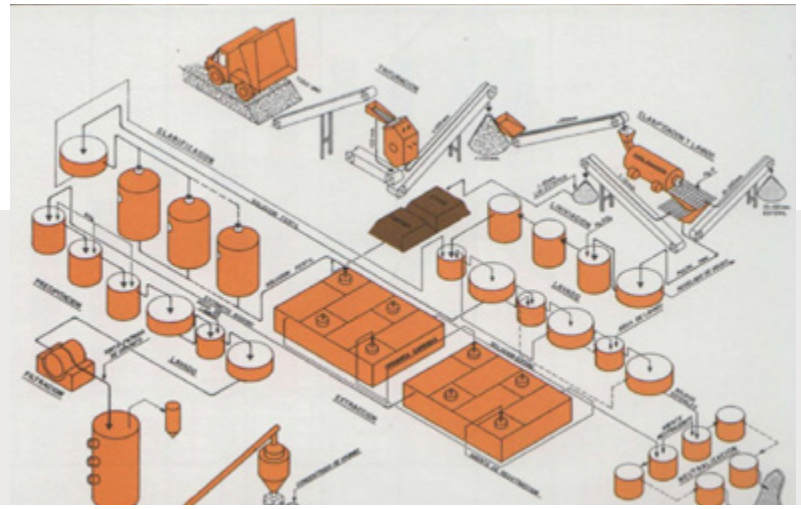


Fig. 20. Diagrama esquemático de planta Quercus. Fuente: *Memoria 1988*, p. 8.

el Proyecto de Explotación Minera de Salamanca, cuyo objetivo era determinar las reservas de la provincia para tratar de aprovecharlas mediante diversos proyectos.[65] De este modo, además de la investigación y explotación minera que ya se estaban desarrollando en la zona, se inició un proyecto para la explotación secuencial de los diferentes yacimientos de Ciudad Rodrigo, al cual se incorporó el establecimiento de la planta Quercus, una planta de concentrados de uranio en Saelices el Chico.

Si bien ENUSA había sido autorizada en septiembre de 1974 para instalar la planta "Elefante" de concentrados de uranio en esta localidad y recibió el permiso para su construcción en septiembre de 1975 y la autorización de puesta en marcha en septiembre de 1978, no fue hasta agosto de 1979 que obtuvo la autorización previa para solicitar el permiso de construcción de la planta Quercus.[66] Dicha autorización estuvo condicionada al cumplimiento de una serie de especificaciones, límites y condiciones que no habían sido requeridas hasta la fecha, lo que constata las exigencias en materia de seguridad que se introdujeron en el transcurso de aquellos años.[67]

[65] ENUSA, *Memoria Ejercicio 1977*, Madrid, 1978, p. 9.

[66] "Resolución por la que se concede a «Empresa Nacional del Uranio, S.A.» (ENUSA) la autorización previa para la instalación de una planta de concentrados de uranio en Saelices el Chico (Salamanca)", *Boletín Oficial del Estado*, 115, 14 de mayo de 1974, p. 9949; "Resolución de la Dirección General de la Energía por la que se otorga a «Empresa Nacional del Uranio, S. A. (ENUSA), la autorización de construcción para la instalación de una planta de concentrados de uranio en Saelices el Chico (Salamanca) para la Planta Elefante", *Boletín Oficial del Estado*, 233, 29 de septiembre de 1975, pp. 20575-20576.

[67] "Resolución de la Dirección General de la Energía por la que se otorga a la «Empresa Nacional de Uranio, S. A.» (ENUSA), la autorización previa para una fábrica de concentrados de uranio en Saelices el Chico (Salamanca)", *Boletín Oficial del Estado,* 204, 25 de agosto de 1979, pp. 19996-19997.

Las incertidumbres con respecto a la rentabilidad de la actividad de concentrados de uranio en España hicieron que se exploraran métodos alternativos para mejorar la producción. Por ejemplo, en 1980 se llegó a un acuerdo con la empresa Fosfórico Español, S.A. (FESA) para desarrollar un proyecto de recuperación de uranio del ácido fosfórico producido por esta compañía en sus instalaciones de Huelva a partir de tecnología básica desarrollada por la JEN a tal efecto.[68] Del mismo modo, se efectuaron trabajos para mejorar las técnicas de tratamiento de los minerales de uranio de la zona de Ciudad Rodrigo, en particular estudios sobre lixiviación férrica y bacteriana, así como trabajos sobre la concentración previa de los minerales por cribado.

En cualquier caso, gran parte de las actuaciones realizadas durante aquellos años se vieron condicionadas por el anuncio del presidente estadounidense Jimmy Carter, en abril de 1977, de limitar las exportaciones de combustible nuclear a países que, como España, no habían suscrito el Tratado de No Proliferación Nuclear (TNP).[69] La vigilancia y supervisión norteamericana al desarrollo nuclear español se venía ejerciendo desde diferentes ámbitos, tal y como ponen de manifiesto los planes de formación de personal técnico y especializado de ENUSA en las instalaciones de Westinghouse Electric y General Electric, iniciados en 1975.[70] Una colaboración que se prolongó durante varios años y que incluyó, desde aspectos relacionados con las distintas fases del proceso de fabricación, la seguridad o la inspección, hasta formación para la ingeniería de diseño del combustible y los procesos de recargas.

En relación con la exportación de uranio y con el uso de servicios de enriquecimiento, la presión norteamericana se redobló durante la segunda mitad de la década de 1970 para mantener las salvaguardias que pretendían evitar un posible uso militar del combustible irradiado.[71]

[68] ENUSA, *Memoria 1980*, Madrid, 1980, p. 11.

[69] Jimmy E. Carter, "Nuclear Non-Prolifer ation: Message to the Congress - April 27, 1977", Washington, D.C.: National Archives and Records Service, pp. 728–729 (https://www.presidency.ucsb.edu/documents/nuclear-non-proliferation-message-the-congress). Para más información sobre el impacto en España del TNP, véase: Vicente Garrido Rebolledo, *El régimen de no-proliferación nuclear participación e implicaciones para España*, Tesis Doctoral, Universidad Complutense de Madrid, 2017.

[70] ENUSA, *Memoria Ejercicio 1975*, Madrid, 1976, p. 25.

[71] "Memorandum From Michael Guhin of the National Security Council Staff to the President's Assistant for National Security Affairs (Kissinger)", 12 de septiembre de 1973, *Foreign Relations of the United States, 1973-1976, volume E-14, Part 2, Documents on arms control and nonproliferation, 1973-1976*, p. 27; "Paper Prepared by the NSC Under Secretaries Committee", 21 de junio de 1974", *Ibid*., p 129; "Memorandum From the President's Assistant for National Security Affairs (Brzezinski) to President Carter", 15 de abril de 1977, *Ibid*., pp. 858-859; "Memorandum From Secretary of State Vance to President Carter. Attachment, Paper Prepared in the Department of State (Secret)", 26 de febrero de 1978, *Ibid*., p. 928.

Esto hizo que ENUSA buscara alternativas para no depender de la industria norteamericana, tal y como ponen de manifiesto los acuerdos con empresas como la soviética TENEX para garantizar a corto y medio plazo el suministro de uranio enriquecido.[72] Unas relaciones comerciales con la URSS que no pasaron desapercibidas para la embajada estadounidense, la cual había advertido con anterioridad sobre esta cuestión al Departamento de Estado.[73]

Todo ello en un contexto económico complicado para la empresa, obligada a renegociar la gran mayoría de sus contratos de compra como consecuencia de los problemas de financiación procedentes del retraso del programa nuclear español. En ese sentido, las incertidumbres que pesaban sobre el programa nuclear español, del que dependían las principales actividades de ENUSA, se atribuyeron a "la indefinición de directrices, previsiones y programas derivada del retraso en la importante revisión del PEN, en largo proceso de elaboración".[74]

La situación generó una demora en los pagos de las eléctricas, así como problemas relacionados con el mantenimiento del exceso de stocks.[75] En líneas generales, se produjo una gran disminución en cuanto a las necesidades de uranio natural y enriquecido y se dejaron de suscribir con las empresas eléctricas nuevos contratos de suministro. Así las cosas, la empresa se vio obligada a readaptar sus actividades, su planificación y su financiación, tal y como pone de manifiesto la decisión de posponer la ampliación de capital prevista para aquellos años y la preocupación de sus máximos responsables ante una situación considerada crítica que hizo dudar, incluso, acerca de la viabilidad de la empresa.[76]

[72] "España tiene asegurado el suministro de uranio hasta el año 1980", *Diario de Burgos*, 12 de mayo de 1977, p. 21; "La URSS enriquecerá el uranio español", *Diario de Burgos*, 30 de agosto de 1977, p. 16

[73] "Telegram from the U.S. Embassy in Madrid to State Department, National, 23 April 1974", National Archives and Records Administration (NARA), citado en: Rubio-Varas y De la Torre, *Op. cit*., 2017, p. 231.

[74] ENUSA, *Memoria 1978*, Madrid, 1978, pp. 4-6.

[75] Nótese el dilema al que se enfrentaba la empresa, en una coyuntura de inestabilidad del mercado internacional que sugería aumentar el stock de seguridad. Sánchez y López, *Op. cit*., 2020, p. 126 y p. 163. Sobre los problemas financieros debido a la obligación de mantener stocks, véase: "Acta 27 Comisión Permanente ENUSA", 24 de mayo de 1976" y "Acta 30 Comisión Permanente ENUSA", 13 de julio de 1976, Archivo SEPI, caja 5745. En particular, en relación con la situación derivada de alcanzar el límite de las posibilidades de endeudamiento de ENUSA, superior al valor de sus stocks de uranio, véase: "Acta 36 Consejo de Administración ENUSA", 30 de noviembre de 1976, Archivo SEPI, caja 5745.

[76] "Acta 33 Comisión Permanente ENUSA", 10 de abril de 1978, Archivo SEPI, caja 6116; "Acta 54 Consejo de Administración ENUSA", 21 de diciembre de 1978", Archivo SEPI, caja 6332.

Finalmente, la situación se resolvió con la aprobación, en julio de 1979, del nuevo PEN, que autorizó la construcción de las centrales de Trillo y Valdecaballeros I y II y de cuatro nuevos reactores, al tiempo que establecía "las regulaciones necesarias para perfeccionar la organización de las actividades del ciclo del combustible nuclear, desarrollando y potenciando las actividades de la empresa pública especializada en este campo, con la colaboración y participación de la Junta de Energía Nuclear como organismo de investigación y desarrollo" y avanzaba, con el fin de asegurar al máximo el abastecimiento de combustible, la adopción de "las medidas oportunas para la financiación por el Estado del stock básico de uranio, natural y enriquecido".[77]

En relación con esto último, destaca el acuerdo del Consejo de Ministros de 14 de noviembre de 1980 sobre la constitución del stock básico de uranio (natural y enriquecido) y el establecimiento de una fórmula transitoria para su financiación. Poco después, el Real Decreto 2992/80, de 4 de diciembre, autorizó a la Oficina de Compensaciones de Energía Eléctrica (OFICO) a compensar directamente a ENUSA los costes de la financiación del stock básico. Por su parte, la Orden Ministerial del 29 de diciembre reguló su constitución y financiación, estableciendo que ENUSA iniciase la constitución del stock básico y, en tanto no se arbitrasen fondos en los Presupuestos del Estado para su financiación (lo cual no se preveía que pudiese darse hasta 1982), establecer la colaboración del INI para procurar la financiación necesaria, cuyos costes debían ser compensados por la OFICO.[78]

Además, el nuevo PEN preveía la conversión de ENUSA en una empresa de accionariado totalmente público[79], cuya naturaleza, funciones y cometidos debían concretarse una vez adquiridas las acciones de las empresas eléctricas. Una nacionalización necesaria, en palabras del Consejo de Administración de la empresa, que se realizó parcialmente en 1980 mediante el traspaso del 40% de las acciones de las eléctricas a la JEN.[80]

En cuanto a las actividades de recarga de combustible que se produjeron desde 1977, se realizaron a través de la subcontratación de Westinghouse Electric. De hecho, el suministro de recargas de combustible para los

[77] "Real Decreto 2967/1979, de 7 de diciembre, sobre Ordenación de Actividades del Ciclo del Combustible Nuclear", *Boletín Oficial del Estado*, 12, 14 de enero de 1980, pp. 933-934.
[78] ENUSA, *Memoria 1980*, Madrid, 1980, p. 19.
[79] "Acta 61 Consejo de Administración ENUSA", 3 de diciembre de 1979, Archivo SEPI, caja 6547.
[80] "Acta 62 Consejo de Administración ENUSA", 25 de enero de 1980, Archivo SEPI, caja 6547.

reactores en servicio y para el primer núcleo de nuevos reactores corrió a cargo de esta compañía estadounidense (en el caso de los reactores PWR) y de General Electric (para los reactores BWR). Ahora bien, a partir de 1980 ENUSA empezó a realizar sus propios cálculos y los análisis asociados a las diferentes configuraciones de las recargas en las centrales, iniciando así su propia actividad de ingeniería de recargas de combustible.

Durante aquellos años también se tuvo que lidiar con los obstáculos e impedimentos que condicionaron la creación de la fábrica de elementos combustibles de Juzbado. En ese sentido, la presión de la opinión pública retrasó notablemente la concesión de la autorización necesaria para su construcción. Pese a los esfuerzos de ENUSA por tratar de facilitar, tanto a la prensa como a los diferentes organismos locales y provinciales, toda la información sobre la naturaleza de la fábrica, lo cierto es que en los meses de enero y febrero de 1976, coincidiendo con el fin de la dictadura y el lógico resurgir de los movimientos sociales, se organizaron en Salamanca manifestaciones de protesta y oposición al proyecto, a las que acompañaron varios escritos de rechazo.[81]

La virulencia con que el tema saltó a la opinión pública afectó a la agilidad con que fueron tramitadas las autorizaciones administrativas, en particular las que recayeron en unos municipios que empezaban a adquirir responsabilidad en cuanto a los procesos de autorización de obras de diversa índole y coincidiendo con la preparación de las primeras elecciones generales de 1977.[82] Todo esto obligó a ENUSA a desplegar una campaña de difusión y concienciación de la población aún más ambiciosa, ante la preocupación que suscitaba el que los habitantes afectados ni siquiera se aviniesen "a estudiar la viabilidad de las compensaciones por miedo a lo desconocido del fenómeno nuclear".[83] En ese sentido, no solo se realizó un coloquio sobre las características de la fábrica de Juzbado en la Universidad de Salamanca y su falta de peligrosidad, sino que se solicitó la elaboración de informes favorables a

[81] ENUSA, *Memoria Ejercicio 1976*, Madrid, 1977, p. 17. Antonio Castro, "Somos nucleares", *Hoja del Lunes*, 1 de agosto de 1977, p. 12.
[82] Carta del Comisario de Energía y Recursos Minerales del Ministerio de Industria al Ministro de Industria [con nota informativa "Proyecto de la fábrica de elementos combustibles de óxido de uranio de ENUSA en Juzbado], 27 de agosto de 1977, AGA 71/10786. Véase también el documento confidencial "Sugerencias operativas para una acción destinada a reducir las tensiones que produciría la autorización de una planta de combustible nuclear en Juzbado (Salamanca)", septiembre de 1977, AGA 71/10786. El asunto llegó incluso al Congreso de los Diputados: Carta del Diputado Alberto Estella Goytre al Ministro de Industria, 20 de octubre de 1977, AGA 71/10786, en donde se sugiere la conveniencia de retrasar la autorización para que el asunto de la fábrica de Juzbado se incluyera en el Plan Energético para debatirlo en el Congreso, aun reconociendo la diferencia con las centrales nucleares.
[83] "Acta de reunión de Comisión Comunicación en materia de energía nuclear", 22 de noviembre de 1977, AGA 71/10779.

la instalación firmados por catedráticos de ciencias de esta universidad e incluso se organizó una visita a dos fábricas análogas y próximas a núcleos urbanos, en Bélgica y Alemania, a la que fueron invitados alcaldes, médicos y ciudadanos de la zona con el objetivo de mostrar la inocuidad de la fábrica proyectada.[84]

Así las cosas, no fue hasta agosto de 1979 que se obtuvo la autorización previa de la fábrica de elementos combustibles de Juzbado.[85] La solicitud de construcción de la fábrica, presentada un par de meses más tarde, fue concedida en diciembre de 1980.[86] Entretanto, ENUSA desplegó una importante estrategia de comunicación con la que incidir en la nula peligrosidad de las instalaciones, en su mínimo impacto medioambiental y en la oportunidad que suponía para la zona, por la creación directa de empleo y el impacto económico que habría de acabar demostrándose con el tiempo. En ese sentido, incluso las administraciones locales, reacias en un principio al proyecto, se mostraron plenamente conscientes de la importancia económica del proyecto para la zona.[87]

Las obras de la fábrica de Juzbado comenzaron, finalmente, en enero de 1981. Tras sortear algunos retrasos, la obra civil quedó prácticamente finalizada en 1982. A partir de ese momento se inició el montaje de los equipos y se solicitaron todas las autorizaciones pertinentes: desde la de puesta en marcha de la fábrica hasta la licencia municipal de actividades, pasando por el permiso de almacenamiento temporal de sustancias nucleares, el de captación y vertido de aguas y efluentes líquidos o el de recepción de uranio natural y fuentes radiactivas.

Unos procesos administrativos lentos y no exentos de dificultades que retrasaron aún más el inicio de la producción. A principios de 1985 se obtuvieron todas las autorizaciones requeridas y la Dirección General de la Energía dio el visto bueno para la explotación provisional de la fábrica, iniciándose así la fabricación de elementos combustibles tanto para reactores PWR como para los BWR.

[84] Castro, *Op. cit.*, 1977.

[85] "Resolución de la Dirección General de la Energía por la que se otorga a la «Empresa Nacional del Uranio, S. A.» (ENUSA), la autorización previa para una fábrica de combustibles nucleares de óxido de uranio en Juzbado (Salamanca)", *Boletín Oficial del Estado*, 204, 25 de agosto de 1979, pp. 19997-19999.

[86] "Orden de 12 de diciembre de 1980 por la que se autoriza a la «Empresa Nacional del Uranio, S. A.» (ENUSA), la construcción de una fábrica de combustible de óxido de uranio en Juzbado (Salamanca)", *Boletín Oficial del Estado*, 307, 23 de diciembre de 1980, pp. 28312-28316.

[87] Véase: Sánchez Macías, *Op. cit.*, 2013.

Fig. 21 Prensa para producción de pastillas de uranio. Fábrica de Juzbado. Fuente: *Memoria 1982*, p. 11.

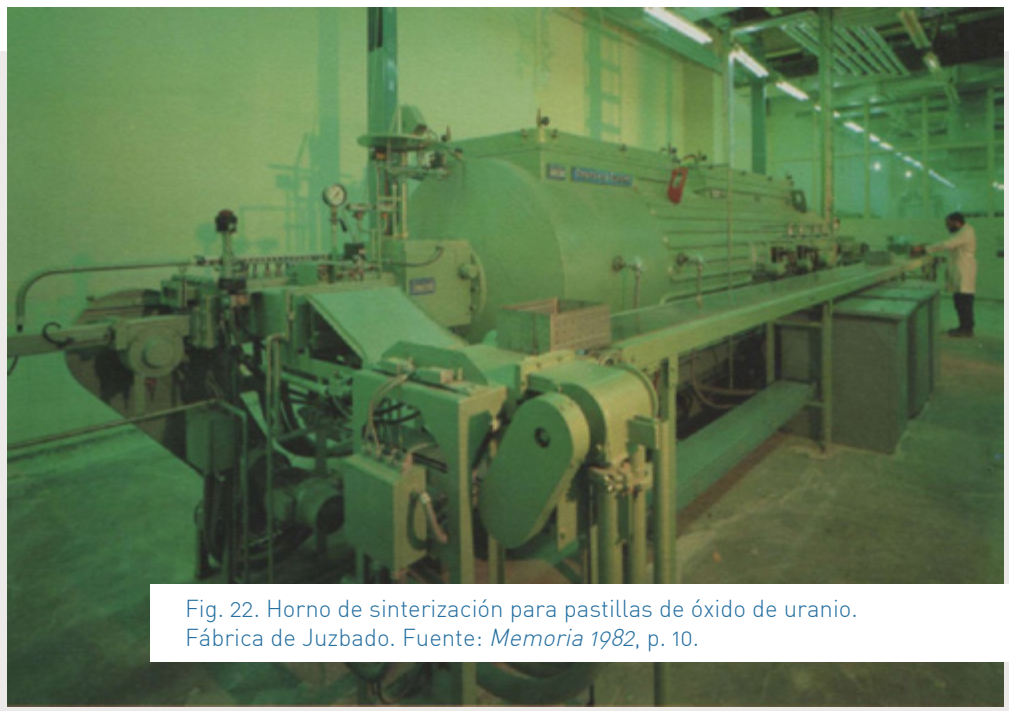


Fig. 22. Horno de sinterización para pastillas de óxido de uranio. Fábrica de Juzbado. Fuente: *Memoria 1982*, p. 10.

Fig.23. Equipo medidor de gas en pastillas. Fábrica de Juzbado.
Fuente: *Memoria 1983*, p. 14.

Fig. 24. Espectrómetro de masas. Fábrica de Juzbado.
Fuente: *Memoria 1983*, p. 18.

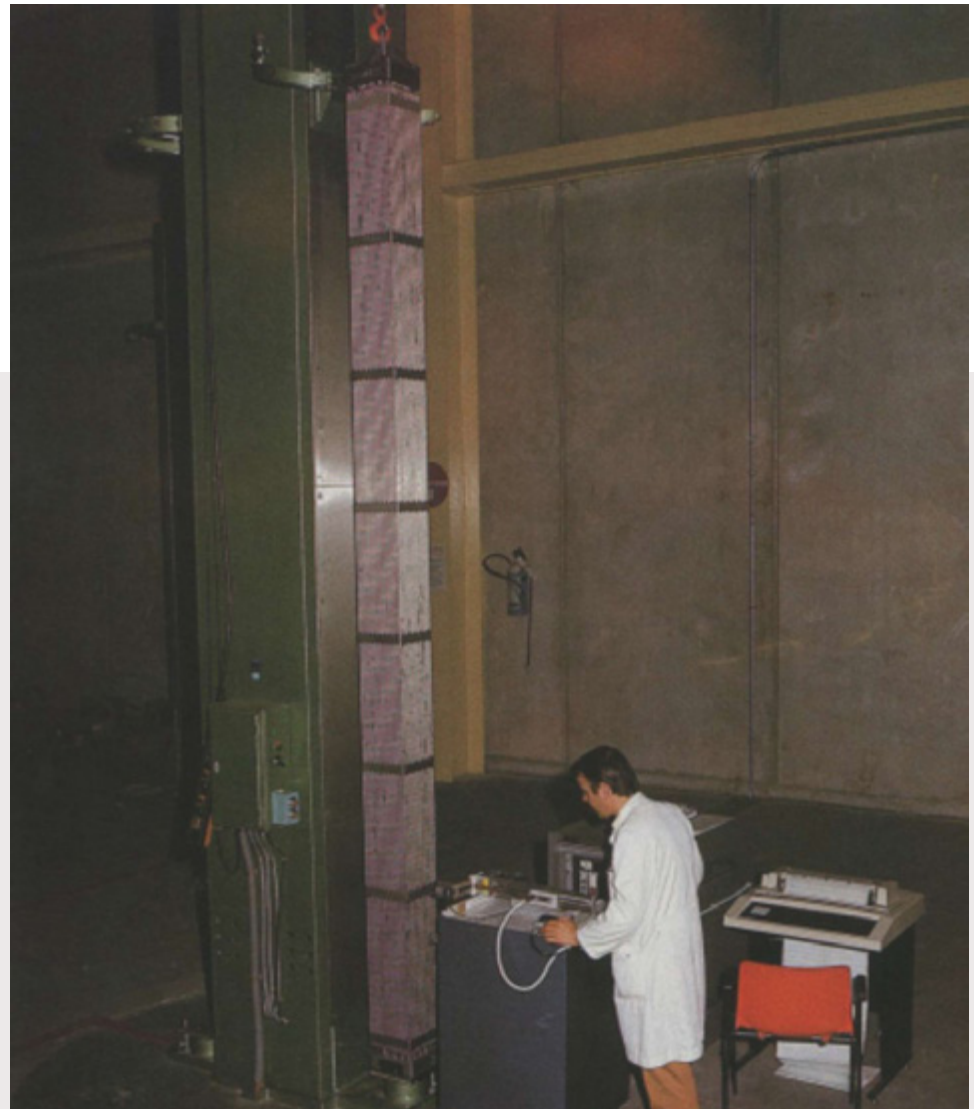


Fig. 25. Inspección final de elemento combustible. Fábrica de Juzbado.
Fuente: *Memoria 1984*, p. 13.

RESISTIR AL CAMBIO

Las elecciones generales celebradas en 1982, en las que el Partido Socialista Obrero Español (PSOE) obtuvo la mayoría absoluta, propiciaron un gobierno presidido por Felipe González e integrado principalmente por técnicos y altos funcionarios con un discurso renovado y un programa reformista.[88] El nuevo gobierno apostó por desarrollar la investigación no solo en los organismos científicos existentes, sino también en el ámbito empresarial e industrial.[89] Entre las medidas adoptadas por aquél primer gobierno socialista destaca la reestructuración de los proyectos nucleares vigentes, lo que implicó la suspensión temporal de los programas de energía nuclear en una suerte de moratoria nuclear que, si bien no implicó el cierre de las instalaciones que se encontraban activas, sí que supuso la paralización de las nuevas construcciones.[90]

Además, desde un punto de vista institucional, la creación en 1980 del Consejo de Seguridad Nuclear (CSN), que asumió las competencias en materia de regulación que hasta la fecha tenía la JEN y cuyo estatuto fue desarrollado y aprobado en 1982, tuvo un importante impacto sobre ENUSA.[91] No en vano, el CSN sometió las instalaciones y actividades de toda la industria nuclear a inspecciones periódicas, tras las que podía aplicar un régimen sancionador si no se cumplían las medidas correctoras que, en muchas ocasiones, se solicitaban. En otras palabras, la aparición del CSN trajo consigo un aumento considerable del nivel de control externo, elevando las exigencias y los estándares de seguridad de la empresa.[92]

En relación con los trabajos de exploración, el Plan Nacional de Exploración e Investigación del Uranio aprobado en 1981, en el que se encomendaba a ENUSA la responsabilidad de la exploración en todo el territorio nacional, se dio por terminado en diciembre de 1984 al desaparecer de la

[88] David Ruiz, *La España democrática (1975-2000): Política y sociedad,* Madrid: Síntesis, 2002.
[89] Sanz Menéndez, *Op. cit.*, 1997, pp. 229-238 y pp. 253-257.
[90] Nótese que la moratoria se consolidó una década más tarde, con la suspensión en 1991 de las obras de las siete centrales nucleares proyectadas (Lemóniz I y II, Valdecaballeros I y II, Trillo II, Regodola I y Sayago I) y la aprobación en 1994 de la Ley de Ordenación del Sistema Eléctrico (Ley 40/1994, de 30 de diciembre).
[91] "Ley 15/1980, de 22 de abril, de creación del Consejo de Seguridad Nuclear", *Boletín Oficial del Estado*, 100, 25 de abril de 1980, pp. 8967-8971; "Real Decreto 1157/1982, de 30 de abril, por el que se aprueba el Estatuto del Consejo de Seguridad Nuclear", *Boletín Oficial del Estado*, 135, 7 de junio de 1982, pp. 15354-15359.
[92] Además de las actas de inspección realizadas por el CSN, las entidades propietarias de las instalaciones debían comunicar los denominados "sucesos notificables". Los de la fábrica de Juzbado se pueden consultar en: https://www.csn.es/fabrica-de-combustible-de-juzbado/sucesos-notificados. Véase, por ejemplo, entre otros el "suceso notificable" ISN24H Juzbado Nivel INES0 de 5 de marzo de 2009 o la "Inspección para comprobar aspectos relativos a las prácticas de mantenimiento de la Fábrica de Combustible Juzbado, sita en Salamanca", 3 de mayo de 2007, CSN/AIN/JUZ/07/90.

Ley de Presupuestos Generales del Estado la partida asignada al mismo.[93] El cese de estas actividades implicó un reajuste de plantilla, lo que hizo estallar uno de los conflictos laborales más sonados de la empresa y cuyo origen se remontaba a la transferencia de más de ciento cincuenta trabajadores de la JEN a ENUSA en julio de 1981. Unos trabajadores que, lejos de integrarse en la plantilla de ENUSA, se vieron ulteriormente afectados por esta necesidad de reducir personal, explorándose la posibilidad de su recolocación en otras empresas del INI y negociándose finalmente diferentes expedientes de rescisión voluntaria de contratos (muchos de ellos ante el temor a un expediente de regulación de empleo que pudiese entrañar consecuencias aún peores), traslados al centro de Juzbado y jubilaciones anticipadas.[94]

ENUSA únicamente mantuvo actividades de exploración en la zona de Ciudad Rodrigo, creando en 1986, en las instalaciones de Saelices el Chico, un departamento del que formaron parte diferentes personas procedentes de la extinguida división de exploración del Plan Nacional de Exploración e Investigación del Uranio que continuaron con la investigación de los yacimientos de la provincia de Salamanca. Unas tareas de cartografía geológica, geofísica y sondeos en diferentes zonas próximas a Ciudad Rodrigo que permitieron aumentar significativamente las reservas de uranio.

Fig. 26. Voladura en Saelices el Chico. Fuente: *Memoria 1985*, p. 10.

[93] Sánchez y López, *Op. cit.*, 2020, pp.135-136; ENUSA, *Memoria 1985*, Madrid, p. 11
[94] Carta de Matilde Fernández [Secretaria General de la Federación Estatal de Industrias Químicas y Energéticas de UGT] a Javier Vega [Director General del INI], 26 de marzo de 1986, Archivo SEPI, caja 469; Carta de empleados de ENUSA al Jefe del Departamento de Recursos Laborales y Humanos del INI, 19 de noviembre de 1987, Archivo SEPI, caja 7897.

Ese mismo año se firmó un acuerdo entre el CIEMAT y ENUSA para la construcción, montaje y operación en las instalaciones mineras de La Haba de una instalación experimental de resinas de cambio iónico en continuo; un proyecto con el que recuperar uranio a partir del tratamiento de los efluentes uraníferos de baja concentración derivados de dichas explotaciones.[95] Con todo, en 1988 se concretó el plan de parada y clausura de la producción de La Haba ante el aumento de la relación estéril/mineral que hacía improductiva la planta experimental de tratamiento mineralúrgico allí situada.[96]

Fig. 27. Instalación experimental de cambio de ion continuo, La Haba (Badajoz). Fuente: *Memoria 1987*, p. 14.

Por otra parte, la incierta viabilidad económica de la planta Quercus hizo que en 1988 se negociara una financiación procedente de los Fondos Europeos de Desarrollo Regional (FEDER). Un año más tarde, en diciembre de 1989, se logró financiación europea tanto para el Proyecto Explotación Minera Salamanca (PEMS) como para la planta Quercus,

[95] ENUSA, *Memoria Ejercicio 1988*, Madrid, 1989, p. 20; "Contrato de proyecto de I+D «Planta de demostración cambio de ion continuo en columna de lecho fluido CIX»", 30 de noviembre de 1987, Archivo SEPI, caja 7897; "Planta de demostración cambio de ion continuo en columna de lecho fluido CIX", Archivo SEPI, caja 7897; "Memoria del Proyecto CIX (Cambio de Ión Continuo)", 30 de junio de 1988, Archivo SEPI, caja 8029.

[96] En 1986 se había firmado un acuerdo entre el CIEMAT y ENUSA para la construcción, montaje y operación, en la explotación minera de La Haba, de una instalación experimental de resinas de cambio iónico en continuo, para el tratamiento de soluciones pobres de eras de lixiviación. La paralización de esta actividad se consumó en 1990. Véase: ENUSA, *Memoria Ejercicio 1990*, Madrid, p. 20.

cuya producción se esperaba poder iniciar en 1992.[97] Más aún, gracias a diversas ayudas europeas ENUSA pudo involucrarse en diferentes proyectos de investigación, como los iniciados en 1991 para mejorar los métodos geofísicos de investigación de minerales (EXPLORAMET) o para el desarrollo de software geológico y minero (INFORMIN).[98] Unos trabajos que ampliaron el abanico de investigaciones que ENUSA venía realizando en materia de producción de concentrados de uranio, como las relativas al uso de bacterias para mejorar el proceso de lixiviación (biolixiviación) y que, gracias a la financiación del INI y del CDTI,[99] desarrolló entre 1989 y 1992 en colaboración con la Universidad de Salamanca y la Universidad Complutense de Madrid.[100]

La necesidad de ajustar los suministros de los servicios de enriquecimiento a las necesidades reales hizo que en 1983 se establecieran nuevos acuerdos con EURODIF y con TENEX. Del mismo modo, en agosto de 1984 se firmó con el Departamento de Energía estadounidense un contrato más flexible por el cual se lograba modificar las entregas de este suministrador y mejorar su adaptación a dichas necesidades. En ese sentido, el acuerdo alcanzado en 1989 con EURODIF para transformar el stock básico de un almacenamiento en forma de hexafluoruro de uranio a otro en forma de stock contable respaldado por existencias físicas supuso, por su mayor flexibilidad en cuanto a eventuales necesidades de utilización, una medida de gran relevancia para la reducción del plazo de entrega de los elementos combustibles a las centrales nucleares españolas. Todo ello al tiempo que ENUSA era denunciada por la Organización del Pueblo de África del Sudoeste (SWAPO) en 1988 por comprar uranio a Namibia, bajo dominio sudafricano y con un régimen de apartheid que infringía las resoluciones de la ONU, lo que obligó a la empresa a reducir dichas adquisiciones.[101]

[97] Con un importe estimado total de 8.500 millones de pesetas, los fondos FEDER financiaron casi la mitad del coste de la planta. La producción prevista era de 950 toneladas de U_3O_8, pudiendo modificarse la producción gracias a la flexibilidad de diseño de la planta. ENUSA, *Memoria Ejercicio 1989*, Madrid, p. 9.

[98] ENUSA, *Memoria 1991*, Madrid, p. 12.

[98] "Contrato INI-ENUSA para Proyecto H. 173. BIOMIN-CR biolixiviación de minerales de uranio", 4 de diciembre de 1989, Archivo SEPI, caja 8128.

[100] Emilio Llorente, *Minería Química*, Madrid: Instituto Tecnológico Geominero de España, 1991, p. 532. Nótese que los resultados de esta investigación se aplicaron a la planta industrial de forma satisfactoria. ENUSA, *Memoria Ejercicio 1989*, Madrid, p. 8; ENUSA, *Informe Anual 1992*, Madrid, p. 12.

[101] "España compra a Suráfrica uranio de Namibia contra la opinión de la ONU", *El País*, 8 de abril de 1988; Carlos Yárnoz, "La SWAPO denuncia que España adquiere uranio de Namibia, infringiendo decisiones de la ONU", *El País*, 8 de abril de 1988. Las centrales sindicales y ciertos sectores del país venían expresando desde hacía más de una década su rechazo a que ENUSA mantuviese relaciones comerciales o negocios con Sudáfrica, llegando a plantear el tema ante el Consejo de Administración de la empresa. Véase: "Acta 49 Consejo Administración ENUSA", 3 de mayo de 1978, Archivo SEPI, caja 6116. Este asunto se trató incluso en las sesiones del Congreso de los Diputados. Véase: *Boletín Oficial de las Cortes Generales, Congreso de los Diputados, III Legislatura* [Serie D: Actos de Control], 9 de abril de 1988, 170, p. 9245.

En el ámbito de los combustibles, ENUSA comenzó a ofrecer en 1984 servicios de apoyo a la operación de centrales, adquiriendo gran experiencia en este ámbito. Un buen ejemplo es la actuación, en enero de 1985, del personal de ENUSA ante una emergencia ocurrida en el reactor de la central de Almaraz, como consecuencia de los desperfectos en uno de los elementos. Una actuación que fue muy aplaudida por los directivos de Almaraz y un suceso que demostró la importancia de contar con "un eficiente equipo de ingeniería del combustible".[102]

Si bien dicho elemento combustible había sido fabricado por Westinghouse Electric, la puesta en funcionamiento de la fábrica de Juzbado pronto permitió abastecer a los reactores de las centrales españolas. En ese sentido, pese a que en un primer momento la fábrica no pudo disponer de toda su capacidad de producción (lo que produjo que el primer ejercicio económico se cerrase con pérdidas importantes),[103] pronto se alcanzó una fabricación estable y suficiente como para no limitarse a la fabricación de los primeros tipos de elementos diseñados. Así, pese a que en 1988 se acometió un expediente de regulación temporal de empleo ante el retraso en las entregas por el efecto de la disminución del plazo de almacenamiento del combustible en las centrales nucleares,[104] la fábrica se aventuró paulatinamente en la producción de nuevos tipos de combustible, con desarrollos tanto de los licenciadores Westinghouse Electric y General Electric, como de la propia ENUSA en colaboración con estos. En particular, destacaría la nueva generación de elementos combustibles de alto quemado que se empezaron a estudiar a partir de 1988, con algunos desarrollos específicos de ENUSA, como el elemento denominado 14x14 LOLOPAR, cuya producción se inició en 1990.[105]

Lo novedoso y cambiante de la tecnología relacionada con la fabricación de elementos combustibles obligó a ENUSA a apostar de manera decidida y continuada por la innovación tecnológica. Esto tuvo, ineludiblemente, un notable impacto en la fábrica de Juzbado, que fue modernizada con la actualización de nuevos instrumentos y equipos actualizados (como los que sustituyeron al espectrómetro de masas y al equipo de inspección gamma) y en donde la automatización de los procesos de manipulación de barras de combustible, así como en los mecanismos de inspección y medida, aumentó progresivamente. Todo ello, al tiempo que la fábrica se adaptaba a los nuevos estándares de calidad y seguridad, atendiendo a la nueva normativa regulatoria.

[102] "Acta 113 Comisión Permanente ENUSA", 31 de enero de 1985", Archivo SEPI, caja 7590.
[103] "Informe de control financiero de ENUSA. Auditoría realizada por la Intervención General de las Administración del Estado, dependiente del Ministerio de Economía y Hacienda", junio de 1986, Archivo SEPI, caja 7747.
[104] ENUSA, *Memoria Ejercicio 1989*, Madrid, 1989, p. 18.
[105] ENUSA, *Memoria Ejercicio 1988*, Madrid, 1989, p. 20; ENUSA, *Memoria Ejercicio 1990*, Madrid, p. 15.

Fig. 28. Explorador gamma. Fábrica de Juzbado.
Fuente: *Memoria 1987*, p. 10.

De este modo, ENUSA se convirtió en el principal suministrador de las centrales nucleares españolas.[106] Sin embargo, el proceso de afianzamiento de ENUSA como principal proveedor de combustible del parque nuclear español no estuvo exento de tensiones con algunas empresas eléctricas e incluso con las administraciones públicas. Un claro ejemplo fue la pérdida, en un primer momento, del contrato de suministro para el período de 1988 a 1991 para la central de Almaraz, como consecuencia de la decisión tomada por la propietaria de Almaraz de adjudicar las recargas a la compañía Franco-Américaine de Constructions Atomiques (Framatome). Una decisión que fue revertida en última instancia, puesto que finalmente se logró la adjudicación para el suministro de recargas de dicha central nuclear.[107]

[106] Excepto para Trillo, con un reactor de tecnología alemana KWU, y Vandellós I, con un reactor UNGG de tecnología francesa. Véase la tabla 1. Sobre los reactores de Zorita, Santa María la Garoña y Vandellós I, véase: Romero, *Op. cit.*, 2019. Para el resto de las centrales, véase: Consejo de Seguridad Nuclear, *Las centrales nucleares españolas* [Colección Informes Técnicos, 3 (Ref. INT-01.02)], Madrid: CSN, 1999.
[107] ENUSA, *Memoria Ejercicio 1987*, Madrid, 1987, p. 11.

En este escenario, tras plantearse la posibilidad de emprender acciones legales, ENUSA solicitó la intervención del Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) para que garantizara que las recargas extranjeras cumplían con todos los requerimientos que se le exigían a la empresa española en relación con los procesos de producción, los materiales empleados, los controles de calidad, etc.[108] Si bien no puede demostrarse que estas presiones, ejercidas al más alto nivel, tuviesen influencia alguna, lo cierto es que ENUSA logró finalmente la adjudicación para las recargas de Almaraz.[109]

Central y reactor	Suministrador del núcleo	Propietaria	Inicio
José Cabrera-Zorita (PWR)	Westinghouse (EE.UU.)	Unión Eléctrica Madrileña[110]	1969
Santa María la Garoña (BWR)	General Electric (EE.UU.)	Nuclenor (Iberduero y Electra de Viesgo)	1971
Vandellós I (UNGG)	CGF (Francia)	Hispano Francesa de Energía Nuclear, EDF, FECSA	1972
Almaraz I (PWR)	Westinghouse (EE.UU.)	Iberdrola, Endesa, Unión Fenosa	1983
Almaraz II (PWR)	Westinghouse (EE.UU.)	Iberdrola, Endesa, Unión Fenosa	1984
Cofrentes (BWR)	General Electric (EE.UU.)	Iberdrola	1984
Ascó I (PWR)	Westinghouse (EE.UU.)	Endesa, Iberdrola	1984
Ascó II (PWR)	Westinghouse (EE.UU.)	Endesa, Iberdrola	1986
Vandellós II (PWR)	Westinghouse (EE.UU.)	Endesa, Iberdrola)	1988
Trillo (PWR-KWU)	Siemens (Alemania)	Iberdrola, Unión Fenosa, Iberenergía	1988

Tabla 1. Parque nuclear español existente en el año 1988.

La actividad desarrollada por ENUSA en el ámbito de la ingeniería del combustible también se consolidó durante esos años. De hecho, mediada la década de 1980 ya se trabajaba en el cálculo y los análisis asociados a las recargas de todos los reactores españoles de uranio enriquecido. Fue así como se logró la adjudicación de los contratos de servicios de ingeniería del núcleo de todo el parque nuclear español, con la excepción de Vandellós I, que era de uranio natural.[111]

Todos los avances alcanzados en materia de ingeniería del combustible fueron posibles gracias al apoyo prestado desde la fábrica de Juzbado y a la colaboración establecida, mediante programas conjuntos de trabajo, entre el personal de ingeniería de la empresa y el de la fábrica. Fue así como, en 1987, ENUSA entregó por primera vez trabajos de ingeniería del núcleo: cuatro a reactores PWR y dos a reactores BWR.[112] Un año más tarde, en 1988, se entregaron cinco a reactores PWR y dos a reactores BWR, al tiempo que los cambios en las previsiones de operación de algunas centrales hicieron también necesario rediseñar los trabajos realizados.[113] Unas tareas a las que habría que añadir otras no menos relevantes, como el desarrollo de software para el diseño de recargas, que requería el uso de computadoras vectoriales, capaces de ejecutar simultáneamente operaciones matemáticas sobre múltiples datos.

[108] Carta del Presidente de ENUSA a Luis Julián del Val, Subdirector General de Energía Nuclear del Ministerio de Industria, 25 mayo 1987, con una serie de informes anexos, uno de ellos "Impacto y consecuencias de la pérdida del contrato con C. N. Auiaraz (unidad) y de la consiguiente entrada de suministradores extranjeros", Archivo SEPI, caja 469.

[109] ENUSA, *Memoria Ejercicio 1987*, Madrid, 1987, p. 11

[110] La empresa Unión Eléctrica Madrileña, conocida en la década de 1970 simplemente como Unión Eléctrica, se fusionó a finales de 1982 con la compañía Fuerzas Eléctricas del Noroeste (FENOSA), dando lugar a Unión Eléctrica Fenosa. Finalmente, en 2001, la empresa adoptó el nombre de Unión Fenosa.

[111] ENUSA, *Memoria 1984*, Madrid, 1985, p. 12; ENUSA, *Memoria 1985*, Madrid, p. 14; ENUSA, *Memoria 1986*, Madrid, p. 13. Nótese que todos los análisis termohidráulicos del núcleo y de aspectos de seguridad del diseño de las recargas se debían licenciar ante el CSN.

[112] ENUSA, *Memoria Ejercicio 1987*, Madrid, 1987, p. 11.

[113] ENUSA, *Memoria Ejercicio 1988*, Madrid, 1989, p. 11

Fig. 29. Sala de Ordenadores, Madrid. Fuente: *Memoria 1985*, p. 19.

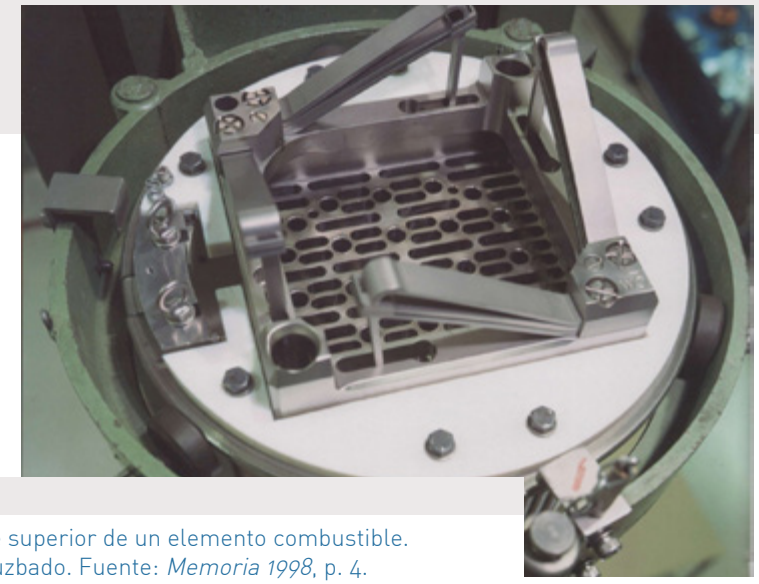


Fig. 30. Parte superior de un elemento combustible. Fábrica de Juzbado. Fuente: *Memoria 1998*, p. 4.

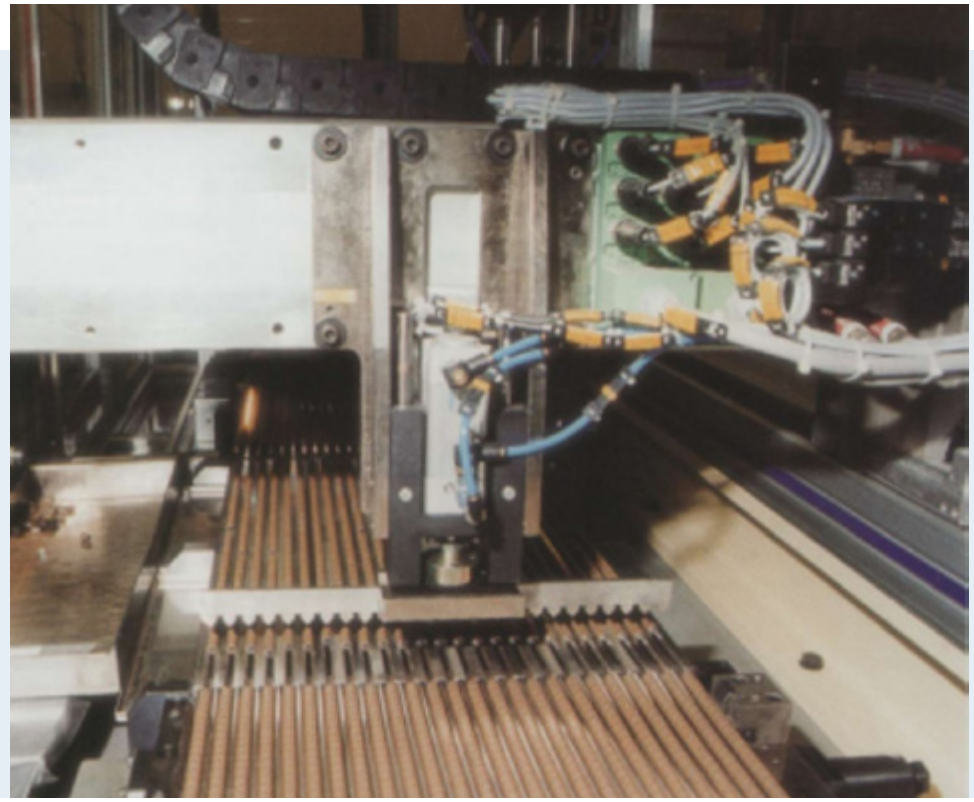


Fig. 31. Inspección de pastillas. Fábrica de Juzbado. Fuente: *Memoria 1999*, p. 20.

ENUSA desplegó durante aquellos años una cada vez mayor actividad en materia de investigación y desarrollo, en particular en el ámbito de los elementos combustibles. Así, durante 1982 y 1983 desarrolló, en colaboración con la JEN, un prototipo de barra de combustible segmentada para realizar ensayos de evaluación del comportamiento del combustible durante su irradiación en los reactores.[114] Del mismo modo, entre 1983 y 1984 se desarrollaron programas de software para análisis del combustible y del núcleo del reactor.[115]

[114] ENUSA, *Memoria 1982*, Madrid, 1983, p. 11; ENUSA, *Memoria 1983*, Madrid, p. 13.
[115] ENUSA, *Memoria 1983*, Madrid, p. 13; ENUSA, *Memoria 1984*, Madrid, 1985, 12.

El interés de ENUSA por ampliar el suministro de elementos combustibles a tecnologías como la instalada en la central de Trillo, con un reactor de tipo PWR-KWU, hizo que se aliara con Westinghouse Electric y con la compañía sueca Allmänna Svenska Elektriska Aktiebolaget (ASEA) para desarrollar un proyecto que, si bien en sus inicios no tuvo éxito comercial, le permitió abastecer de combustible a dicha central una década más tarde.[116] Además, mediada la década de 1980, ENUSA comenzó a participar también de forma activa en distintos programas internacionales de desarrollo tecnológico, como el proyecto europeo LOFT (Loss of Fluid Test) con el que examinar la respuesta de un reactor y el comportamiento de los productos de fisión ante determinados accidentes, o el programa TRANSRAMP II, cuyo objetivo era estudiar el comportamiento del combustible de los reactores en determinados aspectos de la interacción entre la pastilla y la vaina.[117]

De este modo, ENUSA se fue involucrando cada vez más en toda una serie de proyectos de investigación y desarrollo vinculados al análisis del comportamiento del combustible. Más aún, ENUSA mostró un cada vez mayor interés por abordar temas relacionados con el tratamiento de combustible irradiado. De hecho, ya en 1980 participó en un proyecto de investigación, junto a la JEN y la empresa Equipos Nucleares S.A. (ENSA), para estudiar posibles diseños para un contenedor que pudiese transportar y almacenar este combustible.[118] Los estudios previos se ampliaron durante la década de 1980, con financiación del INI, para desarrollar un proyecto de contenedor, en lo que se conoció como Proyecto CENTAURO.[119] Un muestra del trabajo que desarrolló ENUSA durante aquellos años y le llevó a adquirir una notable experiencia en relación con el negocio de la inspección y la reparación de estos elementos combustibles, ofreciendo inicialmente sus servicios a las centrales españolas para, poco a poco, hacerlo también en el exterior, consolidando así una línea de negocio que continúa en la actualidad.

[116] Nótese que el suministro de las recargas en la central de Trillo estaba contratado a la empresa alemana Kraftwerk Union (KWU). Si bien en un primer momento se negoció un acuerdo entre ENUSA y esta empresa, finalmente se acordó formalizar una j*oint venture* junto a Westinghouse y ASEA, parcialmente financiada por el INI y el CDTI. Véase: ENUSA, *Memoria 1986*, Madrid, p. 13; ENUSA, *Memoria 1987*, Madrid, 1987, p. 11; "Proyecto TREWA Desarrollo de Elemento Combustible 16x16", febrero a diciembre de 1987, caja 7897; marzo 1987, caja 7898; noviembre 1988, cajas 8029 y 8030; septiembre 1989, caja 8128, Archivo SEPI. Véase también: ENUSA, *Informe Anual 1995*, Madrid, p. 19.

[117] ENUSA, *Memoria 1984*, Madrid, 1985, p. 12; ENUSA, *Memoria 1985*, Madrid, p.14.

[118] ENUSA, *Memoria 1980*, Madrid, 1980, p. 15.

[119] "Desarrollo de contenedores para el almacenamiento y transporte de combustible irradiado", 1984, Archivo SEPI, caja 7396; "Desarrollo de contenedores para el almacenamiento y transporte de combustible irradiado", 1985, Archivo SEPI, caja 7590. Sobre la posterior transferencia a ENRESA, véase: "Correspondencia sobre transferencia del Proyecto CENTAURO a ENRESA", diciembre de 1986, Archivo SEPI, caja 7748.

LA EXPANSIÓN

La reconversión industrial propuesta por los gobiernos socialistas durante la década de 1980, dirigida a reducir el exceso de capacidad en la industria mediante fondos públicos a cambio de ajustes, propició que muchas empresas de diferentes sectores industriales recuperasen la rentabilidad.[120] Con estos mimbres, y coincidiendo con el establecimiento de las teorías sobre el cambio tecnológico en el núcleo de las políticas económicas europeas, la década de 1990 se caracterizó por una estrategia industrial dirigida a mejorar la eficiencia y promover una internacionalización y una transnacionalización de la economía española, especialmente en sectores industriales de tecnología avanzada.[121]

La llegada, en 1996, de un nuevo gobierno del Partido Popular que se presentó como centrista y moderado y que ofrecía una imagen de cierta solvencia como nuevo referente político, no alteró este patrón. Un gobierno que fue criticado por apostar por la liberalización de los mercados del gas, la electricidad y el petróleo pero que, gracias a la coyuntura económica favorable de aquellos años, pudo cumplir con los criterios de convergencia del Tratado de Maastricht e integrarse en 1998 en el grupo de países europeos que adoptarían el euro como moneda única. Unos criterios alcanzados, en parte, merced a las "aceleradas privatizaciones de empresas públicas de elevada rentabilidad como Repsol, Gas Natural, Argentaria o Telefónica" que, sin embargo, no afectaron a ENUSA.[122]

ENUSA continuó con sus labores de exploración a través de diversos consorcios de los que formaba parte, como el de la empresa CISA, filial de la francesa Compagnie Générale des Matières Atomiques (COGEMA).[123] En España, no obstante, tras años dedicados a examinar la provincia de Salamanca, la constatación de que únicamente la explotación de los yacimientos ubicados en Ciudad Rodrigo era económicamente viable hizo que en 1992 se paralizasen las actividades de exploración que habían venido realizándose en toda la zona. A partir de ese momento, ENUSA centró sus recursos principalmente en la investigación del yacimiento de Saelices el Chico.

[120] Jordi Catalan Vidal, "Spain, 1939-96", en: Max Stephan Schulze (ed.), *Western Europe, Economic and Social Change since 1945*, Londres: Routledge, 1999, pp. 324-342.

[121] Ángel Calvo, "Multinacionales, Estado y empresa semipública en la industria de tecnología avanzada durante la década de 1980", *Investigaciones de Historia Económica*, 13 (2017), pp. 51-62.

[122] Ruiz, *Op. cit.*, 2002.

[123] Sobre COGEMA, véase: Rubio-Varas y De la Torre, *Op. cit.*, 2017, p. 172

Fig. 32. Planta Quercus. Vista general.
Fuente: *Memoria 1991*, p. 21.

Fig. 33. Planta Quercus. Secciones de neutralización y caustificación.
Fuente: *Memoria 1992*, p. 11.

La apertura de una nueva planta de producción de concentrados de uranio en esta localidad no solo provocó un enfrentamiento entre ENUSA y la corporación municipal de Saelices el Chico, que concedió la necesaria licencia de apertura condicionada al pago de unas elevadas tasas municipales, sino que también propició la movilización de distintas organizaciones ecologistas salmantinas preocupadas por los costes medioambientales de dicha instalación.[124] Finalmente, en julio de 1993, entraba en servicio la nueva planta Quercus, al tiempo que se procedía, de forma simultánea, a la parada de la planta Elefante.

Fig. 34. Planta Quercus. Sección de trituración.
Fuente: *Memoria 1994*, p. 2.

[124] Nicolás M. Sosa, "Radiactividad o paro", *Gaia: ecología y equidad para un mundo sostenible*, 3 (1993), p. 10.

Fig. 35. Planta Quercus. Sección de tratamiento de pulpas.
Fuente: *Memoria 1992*, p. 25.

Con todo, la situación mundial de inestabilidad en los precios de los concentrados de uranio y la incertidumbre del sector hicieron que la producción de la nueva fábrica se redujese a unas 300 toneladas anuales, un tercio de lo inicialmente previsto, merced a un acuerdo con las empresas eléctricas propietarias de las centrales nucleares españolas. La limitación a un tercio de la capacidad real de producción de la planta se mantuvo prácticamente durante toda su vida útil, con el doble objetivo de no agotar prematuramente los recursos naturales de uranio y de reducir en lo posible el coste total del suministro de uranio enriquecido. Una decisión con la que apenas se podía cubrir una quinta parte de las necesidades del parque nuclear español, por lo que siguió siendo necesaria la compra de concentrados de uranio en el exterior, vinculadas en algunos casos a los compromisos adquiridos en materia de conversión y enriquecimiento.[125]

En cuanto a estos servicios de enriquecimiento de uranio, además de mantenerse los contratos con la empresa soviética TENEX y con la compañía norteamericana USEC,[126] en 1992 se firmó por primera vez un contrato a largo plazo con la multinacional URENCO, de la que participaba ENUSA, al igual que sucedía con el consorcio europeo EURODIF, con el que en 1995 se acordó extender el contrato vigente de enriquecimiento.[127] Todo ello en un contexto en el que la presión a la baja sobre los precios del mercado se mantuvo durante los siguientes años, si bien es cierto que la

[125] ENUSA, *Informe Anual 1993*, Madrid, 1994, p. 10.
[126] La United States Enrichment Corporation (USEC) fue una empresa estatal creada en 1992, a partir del Departamento de Energía estadounidense, con el objetivo de enriquecer uranio para usos civiles.
[127] ENUSA, *Informe Anual 1993*, Madrid, p. 12. ENUSA, *Informe Anual 1995,* Madrid, p. 18.

comercialización de uranio altamente enriquecido procedente de Rusia no tuvo finalmente un impacto en el mercado tan importante como el inicialmente previsto.[128]

En 1997, la caída de los precios de los concentrados de uranio y su previsible evolución negativa a medio y largo plazo, junto a la liberalización del mercado de materias primas y la necesidad de suministrar el combustible al precio más bajo posible, hizo que ENUSA se plantease el cierre ordenado de su actividad minera y, por consiguiente, de la producción de concentrados. Ciertamente, los stocks y bajos precios de los países del Este, así como la introducción en el mercado de las reservas de uranio altamente enriquecido procedentes de los arsenales nucleares y la explotación en el extranjero de minas de mucha mejor calidad que las ubicadas en suelo español, habían enfriado las expectativas de un posible aumento de precio de los concentrados de uranio.[129]

Así las cosas, la nueva planta Quercus se encontraba, apenas cuatro años después de entrar en servicio, herida de muerte. En este contexto, en 1998 se autorizó el Plan de Parada de Actividades Mineras que preveía paralizar por completo la explotación minera de Ciudad Rodrigo en 2001, de manera que en la planta Quercus únicamente quedara operativa la parte de tratamiento de los efluentes procedentes de las eras de lixiviación y las aguas almacenadas.[130]

El tratamiento de los efluentes resultaba de gran importancia, debido a su impacto medioambiental. En ese sentido, hay que destacar cómo en 1992 se habían paralizado los vertidos de aguas al río Águeda a su paso por las minas de Ciudad Rodrigo, ante las denuncias y los indicios de incumplimientos de la nueva normativa aplicable.[131] De hecho, se inició un proyecto junto a la Compagnie Générale des Matières Nucléaires (COGEMA) y el Centre de Recherches sur la Géologie de l'Uranium (CREGU) para optimizar la gestión de efluentes resultantes del tratamiento de minerales de uranio y el desarrollo de nuevas técnicas para disminuir el impacto medioambiental. Finalmente, en 1997, la Confederación Hidrográfica del Duero realizó una modificación de la autorización de vertidos para adaptarla a los parámetros de calidad establecidos en la declaración de impacto ambiental, lo que permitió reiniciar el vertido de aguas a dicho afluente.

[128] ENUSA, *Informe Anual 1998*, Madrid, pp. 14-18; ENUSA, *Informe Anual 1999*, Madrid, pp. 16-18.
[129] ENUSA, *Informe Anual 1997*, Madrid, 1998, p. 16.
[130] ENUSA, *Informe Anual 1998*, Madrid, 1999, p. 16
[131] "El agua que abastece a cuatro pueblos salmantinos contiene radiactividad superior a lo permisible", *El País*, 1 de agosto de 1989. Más tarde, en 2007, ENUSA notificó una incidencia al respecto: un accidente en el vertido consecuencia de unas lluvias torrenciales, del que con el tiempo se concluyó que no supuso riesgo de ningún tipo. Véase: ENUSA, *Informe Anual 2007*, Madrid, 2008, p. 5; "Acta de Inspección", 28 de agosto de 2020, CSN/AIN/QUE/08/20

Fig. 36. Balsa de regulación de efluentes, Saelices. Fuente: *Memoria 1982*, p. 8.

Respecto a la fábrica de elementos combustibles de Juzbado, la incorporación de tecnología innovadora y la constante modernización de sus equipos hizo que, ya en 1991, se implementase la automatización de la manipulación de barras de combustible. Del mismo modo, se aplicaron nuevas técnicas de control estadístico de procesos y se introdujeron mejoras sistemáticas en las actuaciones para la garantía de calidad, todo ello mediante la informatización progresiva tanto de actividades técnicas como administrativas, con el objeto de cumplir con las exigencias procedentes tanto de las auditorías externas de las empresas eléctricas europeas para las que trabajaba ENUSA, como de las inspecciones periódicas del CSN destinadas a asegurar el sistema de calidad de la fábrica.

Entre los ejemplos más destacados de estas mejoras encontramos la construcción y montaje, en 1994, de la nueva línea de fabricación de barras de gadolinio, así como el rediseño, un año más tarde, de los procesos de generación de documentación técnica y de acopio de componentes para la fabricación de elementos combustibles.[132] Del mismo modo, en 1997 se desarrolló un nuevo sistema para el control de las estaciones de soldadura y se introdujo la robótica para el manejo de las pastillas de uranio, al tiempo que se implantó un nuevo sistema de inspección visual automático (mediante visión artificial) y de técnicas láser de soldadura.[133]

[132] ENUSA, *Informe Anual 1994*, Madrid, pp. 13-20; ENUSA, *Informe Anual 1995*, Madrid, pp. 14-21.
[133] ENUSA, *Informe Anual 1997*, Madrid, p. 22.

En cualquier caso, lo limitado del parque nuclear español hizo que ENUSA iniciara, durante la década de 1990, su expansión internacional. Esta estrategia, que resultó particularmente acertada para garantizar la viabilidad futura de la empresa, se cimentó en toda una serie de colaboraciones con otras compañías de reconocido prestigio y trayectoria en el negocio nuclear.

Fig. 37. Preparación de polvo de gadolinio. Fábrica de Juzbado. Fuente: *Memoria 1995*, p. 2.

Entre las distintas iniciativas destaca la creación en 1991, junto a BNFL y Westinghouse Electric, del European Fuel Group (EFG), cuyo objetivo era el de desarrollar y comercializar elementos combustibles para operadores de reactores nucleares PWR.[134] Un año más tarde, en 1992, lograban la adjudicación de tres importantes contratos para el suministro de este tipo de combustible de la empresa estatal Électricité de France, de la firma belga Tractebel y de la compañía sueca Vattenfall.[135]

Ese mismo año ENUSA constituyó, junto a otras empresas europeas como COGEMA, BNFL, Belgonucleaire y Gesellschaft für Nuklear Service (GNS), el consorcio European Fuel Cycle Consortium (EFCC) para asistir técnicamente a la Unión Europea en la definición de programas relativos a la seguridad en todo lo referente al ciclo del combustible nuclear y la protección del medioambiente. De forma similar, ENUSA instituyó en 1996, junto a General Electric, la sociedad GE ENUSA Nuclear Fuel, S.A. (GENUSA) para la comercialización y venta en Europa de elementos combustibles a operadores de reactores nucleares de tipo BWR.[136]

Estas alianzas comerciales deben entenderse en el contexto de una guerra de precios a la que no fueron ajenas ni EFG ni GENUSA y en la que, ante una escasa diferenciación de productos procedentes de distintos fabricantes y la necesidad de reducir los márgenes comerciales, se buscaban acuerdos con los socios tecnológicos para disminuir los costes y lograr cierta diversificación.[137] De hecho, estas estructuras de negocio compartido se establecieron igualmente con otras empresas españolas. Entre los resultados más significativos destacan el diseño y construcción en 1994 de equipos para la inspección visual, dimensional y medida de la corrosión de elementos combustibles en servicio, gracias a un desarrollo conjunto de Iberdrola, Tecnatom y ENUSA, así como el nacimiento en 1995 de la asociación de empresas ENUSA ENWESA AIE con la que proporcionar a las centrales nucleares servicios de reparación de elementos combustibles y de manipulación de elementos irradiados.[138]

[134] ENUSA, *Informe Anual 1995,* Madrid, p. 19; K. Perron, F. Cerrajero y C. Larson, "The European fuel group: alternative PWR fuel technology for West Europe", *Nuclear Europe Worldscan,* 14 (1994), p. 52.
[135] ENUSA, *Informe Anual 1992,* Madrid, p. 17.
[136] ENUSA, *Informe Anual 1996,* Madrid, p. 19.
[137] ENUSA, *Informe Anual 1998,* Madrid, pp. 14-15 y p. 20.
[138] Esta corporación fue el resultado de la asociación de ENWESA con ENUSA Industrias Avanzadas y Westinghouse Technology Services en régimen de Agrupación de Interés Económico. Por otra parte, la otra empresa pública del sector nuclear, ENSA, había creado una "división de servicios" para realizar en las centrales nucleares diversos trabajos como montajes, gestión de combustible, reparación, mantenimiento de las instalaciones, descontaminación y desmantelamiento, sentando las bases de la entidad colaborativa ENWESA Servicios, a partir de la participación de la empresa Westinghouse Technology Services. Véase: ENUSA, *Informe Anual 1995*, Madrid, p. 20.

Durante aquellos años se incrementaron también las colaboraciones tanto nacionales como internacionales en materia de investigación, desarrollo e innovación, especialmente en el ámbito de la ingeniería y el diseño de combustible nuclear. Buena muestra de ello son los acuerdos con diversas instituciones académicas, como la Universidad de Salamanca, con la que se trabajó durante años en distintas investigaciones relacionadas con la tecnología de elementos combustibles, incluyendo aspectos como el desarrollo de software.[139]

Más aún, ENUSA participó desde principios de la década de 1990 en los experimentos realizados en el reactor nuclear ubicado en Halden (Noruega), al que llegó a suministrar materiales de óxido de uranio y gadolinio para su irradiación y ensayo con ellos,[140] así como en el proyecto Nuclear Fuel Industry Research Program (NFIR), un consorcio internacional de la industria nuclear dirigido a identificar materiales para su uso como elementos combustibles y a analizar el comportamiento del combustible con altos grados de quemado.[141] Otro ejemplo de la participación de ENUSA en estos programas de investigación y desarrollo lo encontramos en el acuerdo alcanzado en 1992 con la empresa japonesa Mitsubishi Heavy Industries (MHI) para el desarrollo y la irradiación de nuevos materiales.[142]

Además, en 1994, ENUSA hizo entrega, por primera vez, de los diseños de ciclos de operación en una central nuclear extranjera, la belga Doel-4.[143] La empresa comenzaba así a ofrecer servicios de ingeniería del núcleo a clientes extranjeros, llegando a realizar en 1997 trabajos acerca del aumento de potencia, así como análisis de seguridad, rediseños por cambios en los planes de operación de las centrales, cursos de formación para personal de las centrales y suministro de software de diversas centrales BWR, tanto españolas como europeas e incluso norteamericanas.[144] Unas tareas que con el tiempo no solo se consolidaron, sino que se ampliaron para incluir reactores con nuevas tecnologías de fisión.

[139] Véanse, por ejemplo, los contratos de colaboración firmados entre 1989 y 2003 por la Universidad de Salamanca y ENUSA: Archivo USAL, expedientes AC-7779-3, 13999-5, AC-7770-1, AC-7789-14, AC-7772-17, 14022-1.
[140] ENUSA, *Informe Anual 1997*, Madrid, p. 23.
[141] ENUSA, *Memoria 1991*, Madrid, p. 19; ENUSA, *Informe Anual 1992*, p. 18. Sobre la participación de ENUSA en diferentes programas internacionales sobre irradiación de combustible y su comportamiento en reactores avanzados, véanse las memorias anuales de la empresa de 1993 a 2007.
[142] ENUSA, *Informe Anual 1992*, Madrid, p. 18. Este acuerdo se produjo bajo el auspicio de la empresa eléctrica española ENDESA y de la japonesa Kansai Electric.
[143] ENUSA, *Informe Anual 1994,* Madrid, p. 19; ENUSA, *Informe Anual 1997*, Madrid, p. 21. Las entregas a centrales extranjeras siguieron con una evolución positiva, con elementos de demostración para centrales nucleares en Suiza y Finlandia o la primera recarga de un nuevo combustible en Doel-4 (Bélgica). Véase: ENUSA, *Informe Anual 1998,* Madrid, pp. 22-23.
[144] ENUSA, *Informe Anual 1997,* Madrid, pp. 21-22.

Durante aquellos años se ejecutó también un ambicioso proyecto de investigación multidisciplinar para evaluar la tasa de exposición a la radiación gamma de origen natural en toda España y homologar los datos radiométricos y dosimétricos de la geografía española con los del resto de países de la Unión Europea.[145] Iniciado en 1991, el conocido como proyecto MARNA (Mapa de Radiactividad Gamma Natural) contó con la colaboración del CSN y del Instituto Tecnológico y Geominero de España, así como de diferentes instituciones académicas como la Universidad de Extremadura, la Universidad Politécnica de Extremadura, la Universidad de Salamanca, la Universitat Politècnica de Barcelona y la Universidad Politécnica de Vigo.

ENUSA desempeñó un papel fundamental en dicho proyecto, aportando una amplia experiencia en el ámbito de las medidas de radiación, como resultado de la actividad desarrollada a lo largo de los años en los sucesivos planes nacionales de exploración de minerales radiactivos, que además le reportó un importante fondo documental asociado y gran número de expertos, medios y tecnologías necesarias para la realización del proyecto. Un proyecto que, una vez finalizado, permitió que se realizaran otro tipo de investigaciones para determinar la dosis de radiación natural asociada y sus posibles efectos sobre la salud.[146]

Fig. 38. Actividades de clausura y rehabilitación.
Fuente: *Memoria 2002*, p. 21.

[145] ENUSA, *Memoria 1991*, Madrid, p. 13; ENUSA, *Informe Anual 1993*, Madrid, p. 19; VV.AA., *Proyecto MARNA: Mapa de radiación gamma natural* [Colección Informes Técnicos, 5], Madrid: CSN, 2000.
[146] ENUSA, *Memoria medioambiental 2002*, Madrid, pp. 45-47.

Por último, la década de 1990 fue testigo de la apuesta de ENUSA por la investigación y el desarrollo en el ámbito de la recuperación medioambiental, de la mano de la clausura tanto de instalaciones mineras como de producción de concentrados de uranio. De hecho, en 1991, ENUSA obtuvo diferentes ayudas del Programa de Investigación Tecnológica y Medioambiental (PITMA) del Ministerio de Industria para realización de proyectos de integración paisajística y de riesgos ambientales, como por ejemplo el proyecto FLORA de restauración de terrenos.[147]

En cuanto a las investigaciones relacionadas con la radiactividad natural, la radiactividad en zonas mineras de uranio y el impacto radiológico ambiental consecuencia de la actividad de ENUSA, destacan los acuerdos establecidos con distintas universidades para desarrollar este tipo de trabajos. Un buen ejemplo es el acuerdo firmado en 1995 por el Departamento de Física de la Universidad de Extremadura con ENUSA y ENRESA para investigar acerca de la instalación de La Haba y que tuvo como resultado la publicación de varios artículos científicos en revistas especializadas, el registro de una patente y la realización de una tesis doctoral.[148]

Fig. 39. Toma de muestras en Saelices.
Fuente: *Memoria Medioambiental 2002*, p. 35.

[147] ENUSA, *Memoria 1991*, Madrid, p. 13.
[148] F. Vera *et al.*, "Estudio del impacto radiológico ambiental en minas de uranio en desuso", Universidad de Extremadura, 1998; Valentín Gómez Escobar, *Desarrollo y puesta a punto de diferentes procedimientos para la medida de nucleidos emisores alfa por centelleo líquido*, Tesis Doctoral, Universidad de Extremadura, 1997.

EL NUEVO SIGLO

El 6 de julio del año 2000 se consumó el cambio de nombre de la empresa, que pasó a denominarse formalmente ENUSA Industrias Avanzadas, S.A. Este cambio respondió a la reorientación estratégica de la compañía, cuya presencia dejó de limitarse exclusivamente a unas actividades relacionadas con la primera parte del ciclo del combustible nuclear que, si bien siguieron siendo el núcleo de su negocio, se compaginaron con nuevos sectores.[149]

Coincidiendo con el cese de sus actividades extractivas en las explotaciones mineras de Saelices el Chico, que hizo que la producción de concentrados de uranio pasase a ser una actividad residual, ENUSA se centró en ámbitos como la gestión de los aprovisionamientos de uranio enriquecido para las centrales nucleares españolas y la ingeniería y fabricación de elementos combustibles para centrales nucleares europeas, así como en la oferta de una amplia gama de servicios relacionados con la operación de dichas centrales.[150]

La paralización de las actividades mineras y la necesidad de planificar el cierre de instalaciones a partir del año 2001 coincidió con la creación en la empresa de la Gerencia de Proyectos Medioambientales, que aglutinó toda la experiencia y los recursos materiales acumulados durante años en distintos ámbitos que abarcaban desde la minería de uranio, hasta el tratamiento y la manipulación de materiales especiales, pasando por los análisis de laboratorio, la clausura de explotaciones mineras, etc.[151] Una actividad que, con el tiempo, terminó recayendo en la filial EMGRISA. Más aún, fue a través de esta gerencia que ENUSA logró la adjudicación de diversos contratos de restauración medioambiental de zonas mineras, así como de clausura de depósitos de seguridad, sellado y restauración de instalaciones de residuos urbanos y de tratamiento de aguas residuales industriales y suelos contaminados.

[149] ENUSA, *Informe Anual 2000*, Madrid, p. 9.
[150] ENUSA, *Informe Anual 2000*, Madrid, pp. 9-15.
[151] ENUSA, *Memoria medioambiental 2001*, Madrid, 2002, pp. 36-40.

Los proyectos de restauración medioambiental derivados de la clausura de las instalaciones de Saelices el Chico y de Andújar dieron pie también a toda una serie de investigaciones en áreas como la edafología, la química agrícola y la morfología de terrenos de los que participaron distintas universidades.[152]

Fig. 40. Restauración de terrenos en Saelices el Chico. Fuente: *Memoria Medioambiental 2003*, p. 26.

Fig. 41. Vista general de Saelices el Chico. Fuente: *Memoria 2020*, p. 56.

[152] Véase, por ejemplo: Carolina Martínez Ruiz, *Dinámica de la recuperación de zonas alteradas por movimientos de tierra: sucesión vegetal y clasificación de especies según su actividad colonizadora*, Tesis Doctoral, Universidad de Salamanca, 1999; José Martínez Santamaría, *Caracterización geotécnica a medio plazo de estériles depositados por relleno hidráulico. Aplicación a la clausura de un almacenamiento de estériles de uranio*, Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Madrid, 2000; "Contrato para estudio de la Fauna y Flora en las instalaciones EEMM de Saelices", 2003, Archivo de la Universidad de Salamanca, AUSAL 14043-3.

Fig. 42. Vista general de la zona de las explotaciones mineras de La Haba.
Fuente: *Memoria 2004*, p. 83.

Durante los primeros años del siglo xxi, los precios en los servicios de conversión aumentaron considerablemente a raíz de la disminución de uranio disponible en forma de UF_6, procedente de excesos de stocks puestos en el mercado tanto por parte de empresas propietarias de reactores como de otras organizaciones encargadas del mantenimiento de stocks estratégicos.[153] En cuanto a los servicios de enriquecimiento, se caracterizaron por unos precios al alza, tanto en Estados Unidos, como consecuencia de las tasas a las que tuvieron que hacer frente las importaciones de uranio tras una demanda de USEC contra EURODIF y URENCO, como en Europa, donde se incrementaron notablemente como consecuencia del anuncio de cierre de la planta de conversión de BNFL, lo que obligaba a trasladar desde América una parte importante de las necesidades europeas de conversión, con el consiguiente incremento de costes por el transporte.[154] Una planta de conversión, la británica, a la que ENUSA transportó en 2002 las últimas existencias de concentrados de sus explotaciones mineras, vaciando el almacén de concentrados de dichas instalaciones, en fase de clausura.[155]

Los movimientos en los precios del uranio no cesaron y el año 2007 se convirtió en uno de los más complicados del mercado, ante los problemas en la producción de diversos suministradores y pese a las grandes expectativas derivadas del renacimiento nuclear acontecido en multitud de países.[156] Como consecuencia, ENUSA desplegó una importante actividad de contratación en servicios de enriquecimiento, resultado del incremento de precios del concentrado de uranio que provocó un aumento de las denominadas Unidades de Trabajo de Separación (UTS) a adquirir y una disminución de las necesidades de concentrados.[157] Esta presión sobre los precios se relajó a partir de 2010, con la inauguración de las nuevas plantas de enriquecimiento de uranio tanto de la compañía Lousiana Energy Services (LES) en Eunice (Nuevo México, Estados Unidos) como del grupo AREVA en Drôme (Francia).[158]

[153] ENUSA, *Informe Anual 2001*, Madrid, pp. 14-17
[154] ENUSA, *Informe Anual 2002*, Madrid, pp. 13-17.
[155] ENUSA, *Informe Anual 2002*, Madrid, p. 18.
[156] ENUSA, *Memoria 2007*, Madrid, p. 19.
[157] La Unidad de Trabajo de Separación (UTS o SWU en inglés) es una unidad de medida que se define en función de la masa de uranio procesada y el grado de enriquecimiento al que va a ser sometida.
[158] LES es una subsidiaria propiedad de URENCO, mientras que el grupo AREVA es una filial de la planta Georges Besse de EURODIF.

En cuanto a la producción de elementos combustibles, ENUSA acometió en 2008 una importante renovación de las instalaciones en la fábrica de Juzbado, tanto en su faceta productiva (equipos y procesos) como en las actividades de soporte a la misma. Un año antes, empero, se había producido el único incidente reseñable en materia de seguridad: el hallazgo de un pequeño bote con pastillas de uranio fuera del perímetro de seguridad de la fábrica. Pese a que el recipiente se encontró dentro de la zona de control y el suceso no conllevó riesgo radiológico alguno, el hecho causó un gran impacto mediático y el CSN abrió un expediente sancionador.[159]

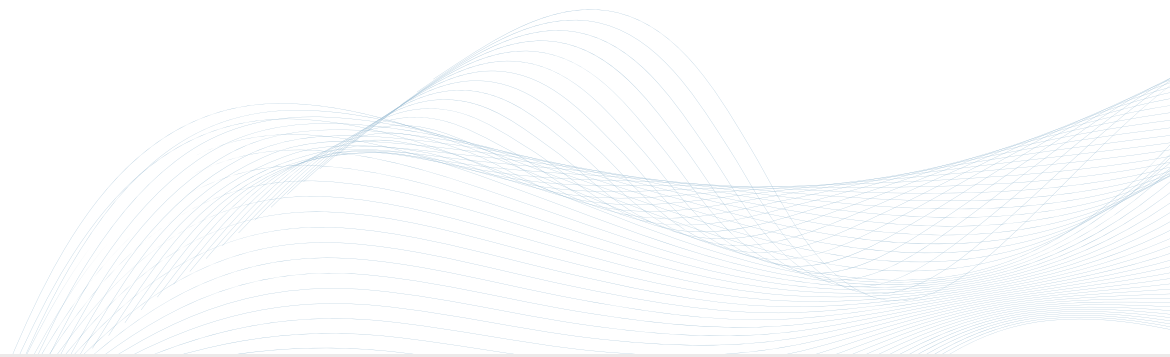
Por su parte, la línea de negocio vinculada a los servicios en central se desarrolló especialmente en el ámbito del análisis de irradiación de elementos en demostración, permitiendo su oferta tanto a nivel nacional como internacional y propiciando que ENUSA se consolidase como proveedor integral en el mercado mundial, abarcando aspectos como la entrega y el manejo del combustible o el apoyo a las operaciones en central durante recarga (con especial atención al manejo, la inspección y la reparación de combustible irradiado). Buena muestra de ello es la creación, en 2008, del consorcio AIE-Spanish Nuclear Group for China (SNGC) para el mercado nuclear asiático.[160]

Las actividades de inspección acabaron consolidándose como una línea de negocio de éxito durante aquellos años. La experiencia de ENUSA en este ámbito provenía de las actuaciones que efectuaba regularmente en sus instalaciones, tanto de control radioscópico (con la vigilancia de la radiación y la contaminación ambiental, así como de los efluentes radiactivos líquidos y radiactivos y de la presencia de dosis radiactivas en la población y en residuos sólidos de baja actividad) como de control no radiológico (sobre emisiones a la atmósfera, efluentes líquidos, residuos convencionales y ruidos). Todo esto permitió a ENUSA adjudicarse mediciones de este tipo para terceros y prestar servicios de análisis químico, fisicoquímico y radiológico, así como elaborar informes en materia medioambiental, energética y tecnológica.

[159] ENUSA, *Memoria 2007*, Madrid, 2008, p. 5; "Investigados 50 empleados por la mayor pérdida de material radiactivo de España", *El País*, 1 de octubre de 2007; "Tras el empleado que se llevó uranio", *El País*, 2 de octubre de 2007; "El misterio de las 70 pastillas de Juzbado", *El País*, 7 de diciembre de 2007; Consejo de Seguridad Nuclear, *Memoria Anual 2007*, Madrid, 2008, p. 18.
[160] ENUSA, *Memoria 2008*, Madrid, 2009, p. 2 y p. 21.
[161] "CSN, Enresa y Enusa firman un acuerdo para promover un proyecto de I+D", 29 de marzo de 2010 (https://www.csn.es/ca/noticias-csn/2010).

Además, ENUSA venía colaborando desde el año 2002 con ENRESA y el CSN en varios proyectos de investigación relacionados con el combustible irradiado: desde su caracterización óptima hasta el análisis de la estructura de las varillas que constituyen el combustible nuclear durante su almacenamiento temporal en contenedores, en concreto analizando su integridad durante su almacenamiento ante situaciones cambiantes del entorno.[161] Más aún, ENUSA obtuvo en 2007 la adjudicación de un proyecto piloto sobre combustible gastado y residuos de alta actividad.[162] De esta forma, la atención prestada al desarrollo de nuevas herramientas de análisis e inspección de combustible llevó a ENUSA a desarrollar distintas innovaciones y registrar varias patentes.[163] Entre los ejemplos más relevantes destaca el desarrollo de un escáner gamma para inspección de barras y elementos combustibles irradiados y de un nuevo robot de inspección automática de pastillas.[164]

Todos estos desarrollos permitieron ampliar los servicios en central, incluyendo los de inspección y reparación de elementos combustibles, el apoyo a la operación para clientes con reactores PWR o las actividades de extracción de barras irradiadas y su posterior análisis para caracterizarlas.[165] Un trabajo destacado en materia de investigación, desarrollo e innovación que se amplió paulatinamente a diferentes ámbitos, incluyendo el diseño de nuevos elementos combustibles, el análisis de la corrosión producida en las vainas, los modelos de comportamiento mecánico de los elementos, etc. De hecho, fruto de esta ambiciosa labor fue la fabricación, a partir de 2006, de elementos con nuevas aleaciones para centrales españolas.[166]



[161] "CSN, Enresa y Enusa firman un acuerdo para promover un proyecto de I+D", 29 de marzo de 2010 (https://www.csn.es/ca/noticias-csn/2010).
[162] ENUSA, *Memoria 2007*, Madrid, p. 23.
[163] ENUSA, *Memoria 2010*, Santander, 2011, p. 25.
[164] "Aparato para la inspección radiométrica de un elemento combustible", patentes P200930278 (2009, 2011) y PCT/ES2010/070382 (2010,2018); "Escáner para el análisis de una barra de combustible nuclear", patentes P200930277 (2009, 2011) y PCT/ES2010/070380 (2010, 2018). Véase también: ENUSA, *Memoria 2007*, Madrid, p. 21.
[165] ENUSA, *Memoria 2008*, Madrid, 2009, p. 20.
[166] ENUSA, *Informe Anual 2005*, Madrid, p. 15.

CRISIS Y NUEVOS RETOS

Si bien la primera década del siglo XXI parecía haber insuflado en el sector cierto optimismo, ante las expectativas de un resurgir de la energía nuclear, el accidente de la central nuclear de Fukushima (Japón) en marzo de 2011, provocado por un terremoto y un posterior tsunami, alteró el contexto energético internacional. Diferentes países, como Alemania, decidieron la paralización progresiva de sus centrales nucleares en operación, mientras que otros, como Italia, suspendieron la construcción de nuevas instalaciones.[167]

El accidente dio lugar a una profunda reflexión entre los profesionales del sector con el fin de plantear las mejoras necesarias para reforzar la seguridad de las instalaciones. Fruto de esta situación, los organismos reguladores exigieron a las centrales nucleares las denominadas pruebas de esfuerzo o *stress tests*, a las que la fábrica de elementos combustibles de ENUSA también se tuvo que someter para garantizar su solidez frente a condiciones extremas y refrendar la validez de las bases de su diseño.[168]

Al igual que el resto de las empresas del sector, ENUSA tuvo que adaptarse a la nueva situación, generada no solo por la ralentización de los programas nucleares, sino también por los ajustes derivados de la crisis económica que se inició en 2008 y que se tradujo en una fuerte reducción del gasto en el sector público, cliente de varias empresas participadas del grupo.[169] Así pues, con el objetivo de mejorar la eficiencia y aprovechar las nuevas oportunidades de mercado en las dos áreas principales de negocio en las que la empresa había centrado sus actividades (el nuclear y el medioambiental), ENUSA reestructuró en 2013 el organigrama del grupo e inició un proceso de desinversión que implicó, entre otras cosas, la venta de algunas filiales del grupo, como ENUSEGUR y ETSA DOI, especializadas en el transporte de explosivos (tanto civil como de defensa).

[167] ENUSA, *Memoria 2012,* Madrid, 2013, p. 27; ENUSA, *Memoria 2013,* Madrid, 2014, p. 31.
[168] ENUSA, *Memoria 2011,* Madrid, 2012, pp. 27-36.
[169] *Ibid*, p. 4; ENUSA, *Memoria 2012,* Madrid, 2013, p. 29.

La estrategia empresarial, en última instancia, pasaba por aumentar la competitividad de la compañía integrando las actividades operativas del área de combustible para lograr una mayor eficiencia, al tiempo que se resolvía apostar sin ambages por la internacionalización de sus actividades, tanto en el ámbito del combustible como en el medioambiental.[170] Esta apuesta decidida por la expansión internacional permitió suministrar equipos y servicios de combustible en mercados internacionales emergentes, como China, Argentina y Brasil, a través del consorcio SNGC.[171] En ese sentido, destaca la firma, en 2013, del primer contrato de suministro de equipos de fabricación e inspección para las fábricas de combustible del grupo China National Nuclear Corporation (CNNC) y de la empresa brasileña Indústrias Nucleares do Brasil (INB).[172] De este modo, ENUSA ampliaba unas alianzas estratégicas comerciales de combustible y de cooperación y transferencia tecnológica que incluían a corporaciones y entidades de naciones como Estados Unidos, Francia, Japón y distintos países sudamericanos, a los que con el tiempo se sumaron nuevas empresas de otros lugares como Emiratos Árabes Unidos.[173]

Ahora bien, si había un acuerdo que resultaba crítico para ENUSA era el de mantenimiento del suministro de combustible y de los servicios asociados para los cinco reactores PWR españoles. Tal y como desde la propia empresa se reconoció, en un contexto incierto como el de aquellos años, el alcance y las condiciones comerciales de este contrato con las eléctricas españolas para un suministro integrado de ingeniería, fabricación y servicios de combustible entre los años 2013 y 2020, estaba llamado a marcar el futuro estratégico del negocio de combustible en la compañía.[174] De ahí la satisfacción de los máximos responsables de la empresa tras la firma, en 2011, del acuerdo para extender los contratos de las cinco centrales nucleares españolas tipo PWR.[175]

[170] ENUSA, *Memoria 2013,* Madrid, 2014, pp. 262-263.
[171] ENUSA, *Memoria 2011,* Madrid, 2012, p. 5 y p. 27; ENUSA, *Memoria 2012,* Madrid, 2013, p. 236.
[172] ENUSA, *Memoria 2013*, Madrid, 2014, p. 5 y p. 31.
[173] *Ibid*, p. 31.
[174] ENUSA, *Memoria 2010,* Madrid, 2011, p. 33.
[175] ENUSA, *Memoria 2011*, Madrid, 2012, p. 239.

Con todo, pese al reajuste de las expectativas de crecimiento nuclear y el contexto de crisis económica, la fábrica de Juzbado no dejó de cumplir con los objetivos planificados, alcanzando los mayores registros en su producción histórica anual, de la cual la mayor parte se destinaba a la exportación. De hecho, la empresa pudo continuar con normalidad sus actividades, incluidas las de desmantelamiento, vigilancia y control de las antiguas instalaciones mineras. Más aún, el desarrollo de nuevas aplicaciones energéticas llevó a poner en funcionamiento, a finales de 2011, una planta de generación de energía eléctrica a partir de biogás en las inmediaciones de la fábrica de Juzbado, así como una planta de gestión de residuos sólidos urbanos en Cervera del Maestre (Castellón).[176]

Quizá la actuación más importante en materia medioambiental durante estos años haya sido el desarrollo del denominado proyecto TEKURA para la restauración y revegetación de la zona minera de Saelices el Chico, una vez finalizada la actividad y clausuradas las instalaciones de allí.[177] Iniciado en 2018 y finalizado en 2020, el proyecto (que contó con financiación del CDTI y en el que participó EMGRISA, filial de ENUSA, junto al CIEMAT y la Universidad de Santiago de Compostela) utilizó una novedosa técnica de tecnosoles que ha dado unos resultados espectaculares.[178]

Precisamente en 2020, el estallido de la pandemia de la COVID-19 generó una situación sin precedentes y cuyas consecuencias todavía estamos por constatar, si bien la empresa logró cumplir con los contratos y los compromisos adquiridos, minimizando así su impacto.[179] Recientemente, la invasión rusa de Ucrania ha vuelto a agitar los cimientos del panorama energético mundial, especialmente por el importante posicionamiento de Rusia en el mercado de conversión y enriquecimiento de uranio.[180] Sin duda, nos adentramos en un período repleto de nuevos retos a los que la empresa, al igual que todo el sector de la industria nuclear, tendrá que dar respuesta.

[176] *Ibid*, p. 5.

[177] ENUSA, *Memoria Anual 2018*, Madrid, 2019, pp. 50-52.

[178] Los tecnosoles son un desarrollo científico previo de la edafología que se inició en los años 1990, consistente en diseñar y preparar suelos a medida a partir de materiales de residuos, que muchas veces pueden ser tóxicos, pero que con una mezcla apropiada de materiales sintéticos y orgánicos se transforman para recuperar el ecosistema del suelo tratado. Véase: "Tecnosoles a la carta y humedales reactivos recuperan suelos hiperácidos, aguas y ecosistemas de una mina de uranio en Salamanca. Proyecto TEKURA", CRETUS (Cross-disciplinary Research in Environmental Technologies), Universidad de Santiago de Compostela (https://cretus.usc.es/9075/proyecto-tekura/); "Tecnosoles, una alternativa para la recuperación de suelos degradados" (https://mineriacircular.com/noticias/tecnosoles-una-alternativa-para-la-recuperacion-de-suelos-degradados/); "Proyecto TEKURA. Investigación y Desarrollo de compuestos bioactivos a base de tecnosoles, para evitar la generación de drenajes ácidos en minería de uranio", (https://www.enusa.es/wp-content/uploads/2018/09/proyecto-tekura.pdf); ENUSA; *Memoria Anual 2017*, Madrid, 2018, pp. 45-48 y p. 262; ENUSA, *Memoria Anual 2020*, Madrid, 2021, pp. 57-59 y pp. 72-73.

[179] ENUSA, *Memoria Anual 2020*, Madrid, 2021, p. 4 y pp. 49-55.

[180] Si bien desde ENUSA se ha apuntado que la situación no tiene por qué suponer impacto alguno en la actividad de aprovisionamiento de uranio, es previsible que afecte a las cuentas de 2022, ya que estaba previsto para este año un incremento en la adjudicación de carga de combustible en una central ucraniana. Véase: ENUSA, *Memoria Anual 2021*, Madrid, 2022, p. 70, p. 163 y p. 264.

Cincuenta años de tecnología del uranio en España

BIBLIOGRAFÍA

- Faustino Acosta Ortega (coord.), *El desarrollo de la industria nuclear en España. Contexto y retos empresariales*, Madrid: Sociedad Nuclear Española, 2022.
- Ángel Calvo, "Multinacionales, Estado y empresa semipública en la industria de tecnología avanzada durante la década de 1980", *Investigaciones de Historia Económica*, 13 (2017), pp. 51-62.
- Antonio Castro, "Somos nucleares", *Hoja del Lunes*, 1 de agosto de 1977, p. 12.
- Jordi Catalan Vidal, "Spain, 1939-96", en: Max Stephan Schulze (ed.), *Western Europe, Economic and Social Change since 1945*, Londres: Routledge, 1999.
- Mariano Cereceda, "Evolución de TECNATOM (1957-2007)", *Revista de la Sociedad Nuclear Española*, 272 (2007), pp. 15-20.
- Consejo de Seguridad Nuclear, *Las centrales nucleares españolas* [Colección Informes Técnicos, 3 (Ref. INT-01.02)], Madrid: CSN, 1999.
- Consejo de Seguridad Nuclear, *Memoria Anual 2007*, Madrid, 2008.
- Leire Diaz Castro y Susana Sordo Alonso, "Enusa y el combustible nuclear" en: Faustino Acosta Ortega (coord.), *El desarrollo de la industria nuclear en España. Contexto y retos empresariales*, Madrid: Sociedad Nuclear Española, 2022, pp. 107-126.
- Donato Fernández Navarrete, "La política económica exterior del franquismo: del aislamiento a la apertura", *Historia Contemporánea*, 30 (2005), pp. 49-78.
- Vicente Garrido Rebolledo, *El régimen de no-proliferación nuclear participación e implicaciones para España*, Tesis Doctoral, Universidad Complutense de Madrid, 2017.
- Valentín Gómez Escobar, *Desarrollo y puesta a punto de diferentes procedimientos para la medida de nucleidos emisores alfa por centelleo líquido*, Tesis Doctoral, Universidad de Extremadura, 1997.
- Emilio Llorente, *Minería Química*, Madrid: Instituto Tecnológico Geominero de España, 1991.
- Santiago López García, "La historia de la informática en España: La investigación y la industria nacionales", VI Congreso AEHE 1997 (https://www.aehe.es/wp-content/uploads/1997/10/LOPEZ-GARCIA3.pdf)

- Carolina Martínez Ruiz, *Dinámica de la recuperación de zonas alteradas por movimientos de tierra: sucesión vegetal y clasificación de especies según su actividad colonizadora*, Tesis Doctoral, Universidad de Salamanca, 1999.
- Emilio Muñoz y Jesús Sebastián, "Exploración de la política científica en España: de la espeleología a la cartografía", en: Ana Romero de Pablos y María Jesús Santesmases (coords.), *Cien años de política científica en España*, Bilbao: Fundación BBVA, 2008, pp. 357-384.
- K. Perron, F. Cerrajero y C. Larson, "The European fuel group: alternative PWR fuel technology for West Europe", *Nuclear Europe Worldscan*, 14 (1994), p. 52.
- Ana Romero de Pablos, *Las primeras centrales nucleares españolas. Actores, políticas y tecnologías*, Madrid: Sociedad Nuclear Española, 2019.
- Ana Romero de Pablos y José Manuel Sánchez Ron, *Energía Nuclear en España. De la JEN al CIEMAT*, Madrid: CIEMAT, 2001.
- Francisco Pascual, "Programa nuclear español", *Boletín de Información del CESEDEN*, 36 (VII), 1969, pp. 1-13.
- Mar Rubio-Varas y Joseba De la Torre (ed.), *The economic history of nuclear energy in Spain*, Londres: Palgrave Macmillan, 2017.
- Mar Rubio-Varas *et al.*, "Spain Short Country Report", en: *History of Nuclear Energy and Society (HoNESt), Consortium Deliverable 3.6*, EU Horizon 2020/Euroatom, 2018 (http://www.honest2020.eu/sites/default/files/deliverables_24/ES.pdf).
- David Ruiz, *La España democrática (1975-2000): Política y sociedad*, Madrid: Síntesis, 2002.
- José Ignacio Sánchez Macías *et al.*, *Impacto socioeconómico de Enusa en Salamanca*, Salamanca: Universidad de Salamanca, 2013.
- Esther Sánchez y Santiago López, *Historia del uranio en España. De la minería a la fabricación del combustible nuclear*, Madrid: Sociedad Nuclear Española, 2020.
- José Martínez Santamaría, *Caracterización geotécnica a medio plazo de estériles depositados por relleno hidráulico. Aplicación a la clausura de un almacenamiento de estériles de uranio*, Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Madrid, 2000.
- Luis Sanz Menéndez, *Estado, ciencia y tecnología en España: 1939-1997*, Madrid: Alianza, 1997.
- Pablo Soler Ferrán, *El inicio de la ciencia nuclear en España*, Madrid: Sociedad Nuclear Española, 2017.

- Sociedad Nuclear Española (ed.), *El ciclo de combustible nuclear*, Madrid: Senda, 1997.
- Nicolás M. Sosa, "Radiactividad o paro", *Gaia: ecología y equidad para un mundo sostenible*, 3 (1993), p. 10.
- Carles Sudrià, "Un factor determinante: la energía", en: Carles Sudrià, Jordi Nadal y Albert Carreras (comps.), *La economía española en el siglo xx: una perspectiva histórica*, Barcelona: Ariel, 1987, pp. 313-364.
- F. Vera *et al.*, "Estudio del impacto radiológico ambiental en minas de uranio en desuso", Universidad de Extremadura, 1998.
- W.AA., *Proyecto MARNA: Mapa de radiación gamma natural* [Colección Informes Técnicos, 5], Madrid: CSN, 2000.
- Carlos Yárnoz, "La SWAPO denuncia que España adquiere uranio de Namibia, infringiendo decisiones de la ONU", *El País*, 8 de abril de 1988.
- "Tras el Consejo de Ministros, el Príncipe regresó a Palma. Informe sobre los asuntos tratados", *Diario de Burgos,* 31 de agosto de 1974, p. 10
- "Referencia del Consejo de Ministros", *Mediterráneo*, 31 de agosto de 1974, p. 11.
- "España tiene asegurado el suministro de uranio hasta el año 1980", *Diario de Burgos*, 12 de mayo de 1977, p. 21.
- "La URSS enriquecerá el uranio español", *Diario de Burgos*, 30 de agosto de 1977, p. 16
- "España compra a Suráfrica uranio de Namibia contra la opinión de la ONU", *El País*, 8 de abril de 1988.
- "El agua que abastece a cuatro pueblos salmantinos contiene radiactividad superior a lo permisible", *El País*, 1 de agosto de 1989.
- "Investigados 50 empleados por la mayor pérdida de material radiactivo de España", *El País*, 1 de octubre de 2007.
- "Tras el empleado que se llevó uranio", *El País*, 2 de octubre de 2007.
- "El misterio de las 70 pastillas de Juzbado", *El País*, 7 de diciembre de 2007.

Cincuenta años de tecnología del uranio en España

FUENTES PRIMARIAS CONSULTADAS

- Memorias e Informes Anuales de ENUSA
- Archivo SEPI
- Archivo General de la Administración
- Archivo Histórico de la Oficina Española de Patentes y Marcas
- Fondos del Consejo de Seguridad Nuclear
- Archivo del Congreso de los Diputados
- Foreign Relations of the United States (FRUS)
- Boletín Oficial del Estado

ANEXO I

Tablas de datos económicos

1990-1999 (en millones de pesetas)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Cifra de negocios	38.641	37.788	30.339	38.245	34.998	34.445	30.994	31.318	37.194	30.094
Recursos procedentes de las operaciones	3.675	3.592	3.720	4.513	5.035	4.931	3.954	4.154	3.629	3.503
Amortizaciones y provisiones	1.017	1.017	1.130	2.173	4.202	3.436	3.680	3.952	3.795	3.187
Resultados antes de impuestos	3.249	3.325	2.979	2.881	2.537	2.937	2.385	1.699	825	1.334
Resultados des-pués de impuestos	2.565	2.385	2.116	1.971	1.815	2.224	1.922	1.218	621	1.037
Inmovilizado material neto	7.196	11.972	14.889	12.918	12.201	11.031	10.892	9.447	7.867	6.397
Fondos propios (excluido resultado ejercicio y reserva revalorización)	14.020	15.385	16.470	17.287	17.757	18.222	18.546	16.218	13.718	13.038
Reserva de revalorización							1.154	1.154	1.154	1.154
Endeudamiento financiero para stock básico	29.325	28.856	27.356	25.283	23.620	22.180	19.849	19.849	20.060	20.060
Endeudamiento financiero resto	17.357	7.667	572	243	303	317	298	201	2.304	370
Cifra total activo/ pasivo	97.582	92.523	85.809	73.355	73.737	70.348	64.158	62.522	57.764	54.974

Tablas de datos económicos

1999 - 2009 (en millones de euros)

	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Cifra de negocios	181	209	213	194	216	257	179	227	249	297	200
Servicios prestados										13	16
Variación neta del efectivo o equivalentes										-22	0
Recursos procedentes de las operaciones	21	17	14	14	19	19	20	21	28		
Amortizaciones y provisiones	19	20	9	8	22	8	6	6	13	6	18
Resultados antes de impuestos	8	5	8	8	2	16	17	18	21	31	11
Inmovilizado material neto	38	30	27	26	25	25	27	29	28	38	39
Fondos propios (excluido resultado ejercicio y reserva de valoración)	78	78	78	78	78	85	85	85	85	91	87
Reserva de valoración	7	7	7	7	7						
Endeudamiento financiero para stock básico	121										
Endeudamiento financiero resto	2										
Endeudamiento financiero	123	128	115	99	90	53	61	122	181	203	208
Cifra total activo/ pasivo	330	364	305	312	327	277	295	338	423	438	422

Tablas de datos económicos

2010-2021 (en millones de euros) (datos de la matriz)

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Cifra de negocios	318	325	266	424	273	371	288	291	235	305	227
Servicios prestados	13	17	16	26	27	32	31	31	32	31	28
Variación neta del efectivo o equivalentes	0	5	-5	5	-2						
Amortizaciones y provisiones	11	14	21	12	14	14	11	12	16	10	12
Resultados antes de impuestos	19	4	2	16	9	13	12	14	3	5	3
Resultados después de impuestos	17	3	3	9	5	10	10	12	4	4	3
Inmovilizado intangible neto				39	39	38	37	35	35	34	32
Inmovilizado material neto	38	40	40	39	39	39	39	42	42	37	35
Patrimonio neto (excluido resultado ejercicio)	90	92	89	93	93	92	92	88	89	92	89
Endeudamiento financiero deuda a largo plazo	180	180	90	105	194	173	172	130	19	107	106
Endeudamiento financiero deuda a corto plazo	77	85	123	109	36	92	91	99	184	74	47
Acreedores	59	65	139	64	80	64	121	95	73	69	62
Cifra total activo / patrimonio neto y pasivo	481	485	513	464	483	508	560	497	444	420	378
Inversiones materiales											3,2

Cincuenta años de tecnología del uranio en España

Tablas de datos económicos

Datos de Grupo ENUSA, desde 2008 (en millones de euros)

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Cifra de negocios	342	250	362	360	299	437	286	385	305	304	251	324	247
Servicios prestados	37	43	39	36	37	39	39	46	48	44	47	50	48
Variación neta del efectivo o equivalentes	-20	-1	1	8	-1	-1	-4						
Amortizaciones y provisiones	7	20	9	10	29	12	15	15	12	13	16	10	13
Resultados antes de impuestos	34	13	17	14	5	14	8	14	12	13	4	5	4
Resultados después de impuestos	30	13	17	8	5	7	4	11	10	12	4	4	3
Inmovilizado intangible neto		1	1	37	42	39	39	38	37	35	35	34	32
Inmovilizado material neto	49	51	56	85	47	44	43	43	42	44	44	39	38
Patrimonio neto (excluido resultado ejercicio)	108	107	111	113	114	119	114	113	113	109	111	114	111
Endeudamiento financiero deuda a largo plazo	180	180	183	203	116	105	194	173	172	130	19	107	106
Endeudamiento financiero deuda a corto plazo	31	31	81	90	125	109	36	92	91	99	184	74	47
Acreedores	86	72	74	74	147	66	82	67	91	98	76	71	64
Cifra total activo / patrimonio neto y pasivo	498	492	557	587	608	499	508	534	586	522	470	446	405

ANEXO II

Evolución del número de empleados

	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
Empleados al finalizar el ejercicio	24	112	177	245	302	355	382	390	733	760	781	722
Variación		+88	+65	+68	+57	+53	+27	+8	+343	+27	+21	-59

	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1994	1996
Empleados al finalizar el ejercicio	856	846	826	sin datos	sin datos	755	779	730	703	702	706	695
Variación	+134	-10	-10			-71	+24	-49	-27	-1	+4	-11

	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Empleados al finalizar el ejercicio	676	649	616	549	535	540	540	551	564	581	596	603
Variación	-19	-27	-33	-67	-14	+5	0	+11	+13	+17	+15	+6

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Empleados al finalizar el ejercicio	611	610	600	592	603	614	630	635	646	673	677	664
Variación	+8	-1	-10	-8	+11	+11	+16	+5	+11	+27	+4	-11

ANEXO III

Histórico de altos cargos directivos de ENUSA

PRESIDENTES DE ENUSA

1972-1974 **Javier Sagües Martínez de Azagra**

1974-1980 **Juan Basabé y Manso de Zúñiga**

1981-1990 **José Manuel Jiménez Arana**

1991-1996 **Alfredo Llorente Legaz**

1997-2017 **José Luis González Martínez**

2018-2021 **José Vicente Berlanga Arona**

2021 **Mariano Moreno Pavón**

COMITÉS DE DIRECCIÓN, DESDE 1991 HASTA LA ACTUALIDAD

1991

Presidente: **Alfredo Llorente Legaz**
Dirección Aprovisionamiento: **Fernando Pastor Ridruejo**
Dirección Auditoría Interna: **Francisco Cernuda Romero-Robledo**
División Combustible: **Ignacio Oyarzábal Delgado**
Dirección Financiera y de Control: **Germán García-Calderón**
División Minería: **Juan Ramón Serrano Pillet**
Dirección Organización y Recursos Humanos: **Fernando Rodergas Puntas**
Dirección Asesoría Jurídica: **José María Elías de Tejada**

1992

Presidente: **Alfredo Llorente Legaz**

Director de la División de Uranio: **Fernando Pastor Ridruejo**

Director de la División del Combustible: **Ignacio Oyarzábal Delgado**

Director Financiero y de Control: **Germán García-Calderón**

Director de Organización y Recursos Humanos: **Fernando Rodergas Puntas**

Director de Asesoría Jurídica: **José María Elías de Tejada**

1993

Presidente: **Alfredo Llorente Legaz**

Director de la División de Uranio: **José Luis González Martínez**

Director de la División del Combustible: **Ignacio Oyarzábal Delgado**

Director Financiero y de Control: **Germán García-Calderón**

Director de Organización y Recursos Humanos: **Fernando Rodergas Puntas**

Director de Asesoría Jurídica: **José María Elías de Tejada**

1994

Presidente: **Alfredo Llorente Legaz**

Director de la División de Uranio: **José Luis González Martínez**

Director de la División del Combustible: **Ignacio Oyarzábal Delgado**

Director Financiero y de Control: **Germán García-Calderón**

Director de Organización y Recursos Humanos: **Fernando Rodergas Puntas**

Director de Asesoría Jurídica: **José María Elías de Tejada**

Subdirector de Desarrollo Corporativo: **José Manuel Naranjo Sierra**

Subdirector de Informática: **Ricardo Trascasa Angulo**

Jefe del Departamento de Comunicación: **Ángel Entrena Gil**

1995 y 1996

Presidente: **Alfredo Llorente Legaz**

Director de la División de Uranio: **José Luis González Martínez**

Director de la División del Combustible: **Ignacio Oyarzábal Delgado**

Director Financiero y de Control: **Germán García-Calderón**

Director de Organización y Recursos Humanos: **Fernando Rodergas Puntas**

Director de Asesoría Jurídica: **José María Elías de Tejada**

Subdirector de Desarrollo Corporativo: **José Manuel Naranjo Sierra**

Subdirector de Informática: **José Emeterio Gutiérrez Elso**

Subdirector de Comunicación y Servicios Generales: **Ángel Entrena Gil**

1997

Presidente: **José Luis González Martínez**

Director de la División del Combustible: **Ignacio Oyarzábal Delgado**

Director Financiero y de Control: **Germán García-Calderón**

Director de la Asesoría Jurídica: **José María Elías de Tejada**

Director de Organización y de Recursos Humanos: **Fernando Rodergas Puntas**

Director de Desarrollo Corporativo: **José Manuel Naranjo Sierra**

Subdirector de Sistemas de Información: **José Emeterio Gutiérrez Elso**

Subdirector de Comunicación y Servicios Generales: **Ángel Entrena Gil**

1998

Presidente: **José Luis González Martínez**

Director Comercial: **Germán García-Calderón Romeo**

Director de Organización y de Recursos Humanos: **Fernando Rodergas Puntas**

Director de Tecnología y Calidad: **José Emeterio Gutiérrez Elso**

Director de Participaciones Industriales: **Ignacio Oyarzábal Delgado**

Director de la Asesoría Jurídica: **José María Elías de Tejada Lozano**

Director Financiero y de Desarrollo Corporativo: **José Manuel Naranjo Sierra**

Subdirector de Actividades Industriales de Juzbado: **Jacinto Maricalva González**

Subdirector de Actividades Industriales de Ciudad Rodrigo: **Juan Ignacio Artieda González-Granda**

Subdirector de Comunicación: **Ángel Entrena Gil**

1999 y 2000

Presidente: **José Luis González Martínez**

Director Comercial: **Germán García-Calderón Romeo**

Director de Organización y de Recursos Humanos: **Fernando Rodergas Puntas**

Director de Tecnología y Calidad: **José Emeterio Gutiérrez Elso**

Director de Participaciones Industriales: **Ignacio Oyarzábal Delgado**

Director de la Asesoría Jurídica: **José María Elías de Tejada**

Director Financiero y de Desarrollo Corporativo: **José Manuel Naranjo Sierra**

Subdirector de Actividades Industriales de Juzbado: **Jacinto Maricalva González**

Subdirector de Actividades Industriales de Ciudad Rodrigo: **Juan Ignacio Artieda González-Granda**

Subdirector de Comunicación: **Ángel Entrena Gil**

Gerente de Proyectos Medioambientales: **Fernando Lozano Martínez**

2003 y 2004

Presidente: **José Luis González Martínez**

Director de Combustible: **José Emeterio Gutiérrez Elso**

Director Económico y Financiero: **Germán García-Calderón Romeo**

Director de la Asesoría Jurídica: **José María Elías de Tejada**

Director de Participaciones Industriales I: **Ignacio Oyarzábal Delgado**

Director de Participaciones Industriales II: **Jacinto Maricalva González**

Director de Participaciones Industriales III: **José Manuel Naranjo Sierra**

Director de Organización y Control: **Juan Ignacio Artieda González-Granda**

Director de Recursos Humanos: **Fernando Rodergas Puntas**

2005 y 2006

Presidente: **José Luis González Martínez**

Director de Organización y Control: **Juan Ignacio Artieda González-Granda**

Directora de Relaciones Institucionales: **Rosario Arévalo Sánchez**

Director de Recursos Humanos: **Fernando Rodergas Puntas**

Director de Combustible: **José Emeterio Gutiérrez Elso**

Director de Participaciones Industriales I: **Ignacio Oyarzábal Delgado**

Director de Participaciones Industriales II: **Jacinto Maricalva González**

Director de Participaciones Industriales III: **José Manuel Naranjo Sierra**

Director Económico y Financiero: **Germán García-Calderón Romeo**

Director de la Asesoría Jurídica: **José María Elías de Tejada**

2007 (abril)

Presidente: **José Luis González Martínez**

Director de Organización y Control: **Juan Ignacio Artieda González-Granda**

Directora de Medio Ambiente: **Rosario Arévalo Sánchez**

Director de Combustible: **José Emeterio Gutiérrez Elso**

Director Financiero y de Aprovisionamiento: **Germán García-Calderón Romeo**

Director de Participaciones Industriales: **Ignacio Oyarzábal Delgado**

Director de la Asesoría Jurídica: **José María Elías de Tejada**

Director de Recursos Humanos: **Fernando Rodergas Puntas**

2007 (diciembre)

Presidente: **José Luis González Martínez**

Director de Organización y Control: **Juan Ignacio Artieda González-Granda**

Director Financiero y de Aprovisionamiento: **Germán García-Calderón Romeo**

Director de la Asesoría Jurídica: **Fernando Lozano Sánchez**

Director de Recursos Humanos: **Fernando Rodergas Puntas**

Directora de Medio Ambiente: **Rosario Arévalo Sánchez**

Director de Tecnología y Comercial de Combustible: **Roberto González Villegas**

Director de Fabricación de Combustible: **Javier Montes Navarro**

Director de Participaciones Industriales: **Ignacio Oyarzábal Delgado**

2008

Presidente: **José Luis González Martínez**

Director de Sistemas: **Juan Ignacio Artieda González-Granda**

Director Financiero y de Aprovisionamiento: **Germán García-Calderón Romeo**

Director de la Asesoría Jurídica: **Fernando Lozano Sánchez**

Directora de Organización y Recursos Humanos: **Begoña Díaz-Varela**

Directora de Medio Ambiente: **Rosario Arévalo Sánchez**

Director de Tecnología y Comercial de Combustible: **Roberto González Villegas**

Director de Fabricación de Combustible: **Javier Montes Navarro**

Director de Participaciones Industriales: **Ignacio Oyarzábal Delgado**

2009

Presidente: **José Luis González Martínez**

Director de la Asesoría Jurídica: **Fernando Lozano Sánchez**

Director de Calidad: **Julián Andrés**

Director Financiero y de Sistemas de Información: **Juan Ignacio Artieda**

Directora de Organización y Recursos Humanos: **Begoña Díaz-Varela**

Director de Fabricación de Combustible: **Javier Montes Navarro**

Director de Tecnología y Comercial de Combustible: **Roberto González Villegas**

Director Financiero y de Aprovisionamiento: **Germán García-Calderón Romeo**

Directora de Medio Ambiente: **Rosario Arévalo Sánchez**

Director de Participaciones Industriales: **Ignacio Oyarzábal Delgado**

2010, 2011 y 2012

Presidente: **José Luis González Martínez**

Director de la Asesoría Jurídica: **Fernando Lozano Sánchez**

Director de Fabricación de Combustible: **Javier Montes Navarro**

Director de Tecnología y Comercial de Combustible: **Roberto González Villegas**

Director de Calidad: **Julián Andrés**

Director de Aprovisionamiento de Uranio: **Germán García-Calderón Romeo**

Director Financiero y de Sistemas de Información: **Juan Ignacio Artieda**

Directora de Organización y Recursos Humanos: **Begoña Díaz-Varela**

Directora de Medio Ambiente: **Rosario Arévalo Sánchez**

Director de Participaciones Industriales: **Ignacio Oyarzábal Delgado**

2013, 2014 y 2015

Presidente: **José Luis González Martínez**

Directora de Auditoría Interna: **Mercedes Valcárcel Dueñas**

Director de Sistemas y Calidad: **Julián Andrés González**

Director de la Asesoría Jurídica: **Fernando Lozano Sánchez**

Directora de Organización y Recursos Humanos: **Begoña Díaz-Varela**

Director de Operaciones Combustible Nuclear: **Javier Montes Navarro**

Director de Desarrollo de Negocio y Tecnología: **Roberto González Villegas**

Director de Aprovisionamiento de Uranio: **Germán García-Calderón Romeo**

Director Financiero y Participaciones: **Juan Ignacio Artieda**

2016

Presidente: **José Luis González Martínez**

Director de Auditoría Interna: **José Luis González Martínez** (en funciones)

Director de Sistemas y Calidad: **Julián Andrés González**

Director de la Asesoría Jurídica: **Fernando Lozano Sánchez**

Directora de Organización y Recursos Humanos: **Begoña Díaz-Varela**

Director de Operaciones Combustible Nuclear: **Javier Montes Navarro**

Director de Desarrollo de Negocio y Tecnología: **Roberto González Villegas**

Director de Aprovisionamiento de Uranio: **José Luis González Martínez** (en funciones)

Director Financiero y Participaciones: **Juan Ignacio Artieda**

2017

Presidente: **José Luis González Martínez**

Director de Auditoría Interna: **José Luis González Martínez** (en funciones)

Director de Sistemas y Calidad: **Julián Andrés González**

Director de la Asesoría Jurídica: **Fernando Lozano Sánchez**

Directora de Organización y Recursos Humanos: **Begoña Díaz-Varela**

Director de Operaciones Combustible Nuclear: **Javier Montes Navarro**

Director de Desarrollo de Negocio y Tecnología: **Roberto González Villegas**

Director de Aprovisionamiento de Uranio: **José Luis González Martínez** (en funciones)

Director Financiero y Participaciones: **Juan Ignacio Artieda**

2018 y 2019

Presidente: **José Vicente Berlanga Arona**

Directora de Auditoría Interna, Cumplimiento y RSC: **Rosario Arévalo Sánchez**

Director de la Asesoría Jurídica: **Fernando Lozano Sánchez**

Directora de Recursos Humanos, Sistemas y Calidad: **Paloma Lorente Velázquez**

Director de Operaciones Combustible Nuclear: **Javier Montes Navarro**

Director de Desarrollo de Negocio y Tecnología: **Roberto González Villegas**

Director de Aprovisionamiento de Uranio e I+D+I: **Manuel Lozano Leyva**

Director Financiero y Participaciones: **Juan Ignacio Artieda**

2020

Presidente: **José Vicente Berlanga Arona**

Directora de la Asesoría **Jurídica: Belén Plaza Cruz**

Directora Corporativa: **Rosario Arévalo Sánchez**

Directora de Auditoría Interna: **Mónica de Linos Escofet**

Directora de Recursos Humanos y Servicios Generales: **Paloma Lorente Velázquez**

Director de Sistemas, Transformación Digital y Calidad: **Javier Montes Navarro**

Director de Desarrollo de Negocio: **Roberto González Villegas**

Director Financiero: **Miguel Ángel Montes Navarro**

2021

Presidente: **Mariano Moreno Pavón**

Director de la Asesoría Jurídica: **Carlos Moro Valero**

Directora Corporativa: **Rosario Arévalo Sánchez**

Directora Técnica de Auditoría Interna: **Mónica de Linos Escofet**

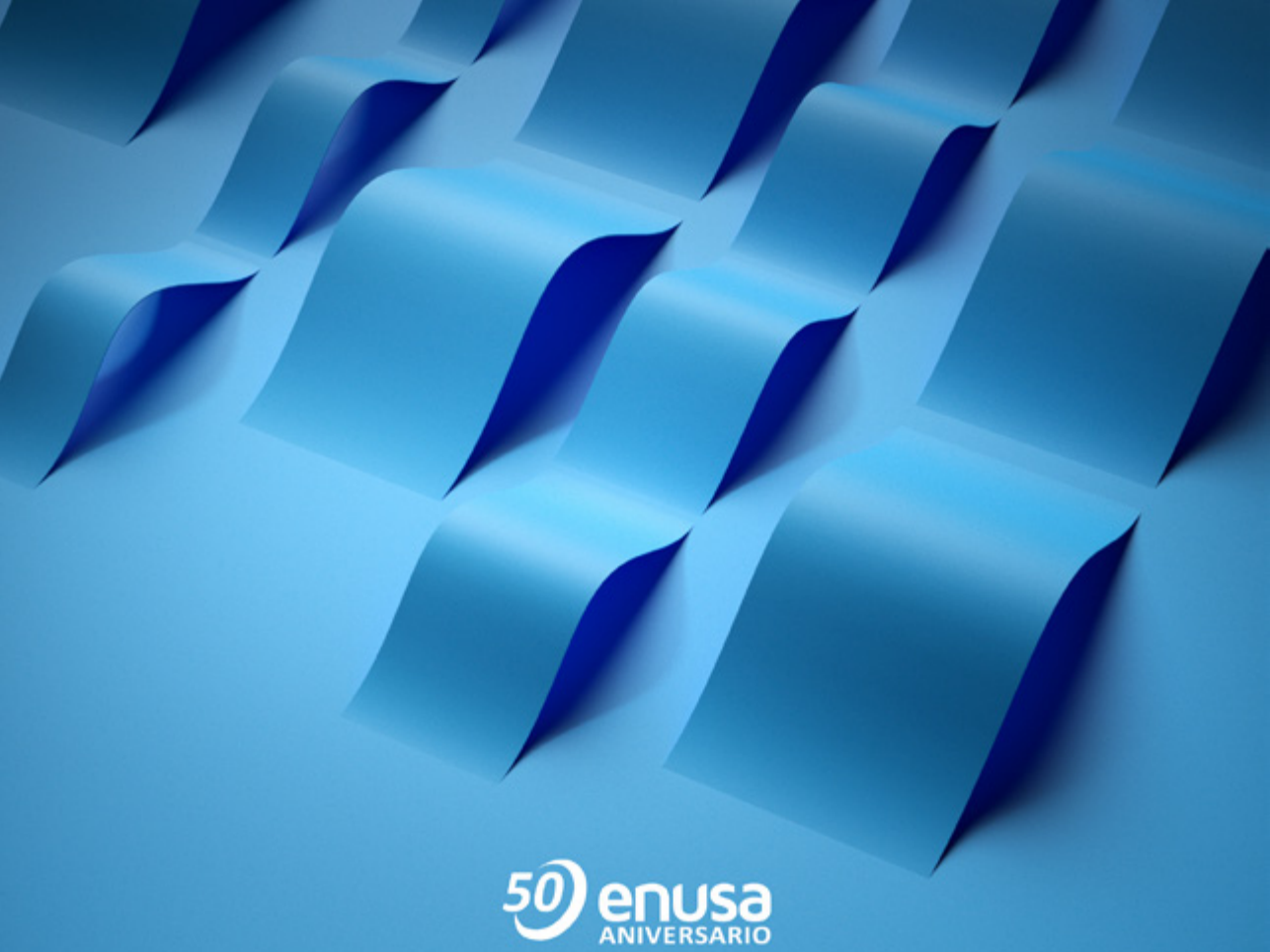
Directora de Recursos Humanos y Servicios Generales: **Paloma Lorente Velázquez**

Director de Sistemas, Transformación Digital y Calidad: **Javier Montes Navarro**

Director de Desarrollo de Negocio: **Roberto González Villegas**

Director de Operaciones Industriales: **Pedro Álvarez González**

Director Financiero: **Miguel Ángel Montes Navarro**



enusa

SEPI