

EMPRESARIOS AGRUPADOS, una organización innovadora

A. González

EMPRESARIOS AGRUPADOS (EA) es una organización de ingeniería fundada en 1971 para apoyar el lanzamiento del Programa Nuclear Español. Estableció un proceso de transferencia de tecnología que permitió aumentar progresivamente su participación en la ingeniería y diseño de los proyectos de las centrales nucleares de Almaraz (PWR), Cofrentes (BWR) y Valdecaballeros (BWR) que condujo a poder afrontar con éxito la ejecución de la totalidad de las tareas de ingeniería, diseño, gestión de suministros, supervisión de la construcción, pruebas y puesta en marcha en la central nuclear de Trillo (PWR) para continuar luego suministrando un alcance completo de servicios de ingeniería para numerosos proyectos nucleares en diversos países. En la actualidad, EA es responsable de multitud de proyectos en el campo de la generación eléctrica con diversas fuentes de energía (nuclear, térmicas de carbón y de ciclo combinado, renovables, etc.) y de la ejecución de proyectos de elevado contenido tecnológico en otras áreas de diversificación, como Espacio, Aeronáutica, Aeropuertos y Defensa, tanto en España como en el extranjero.

EMPRESARIOS AGRUPADOS (EA) is an Architect-Engineering organization founded in 1971 with the aim of supporting the launching of the Spanish Nuclear Program. EA established at that time a technology transfer program which allowed for a progressive increase of its participation in the engineering and design tasks for the Almaraz (PWR), Cofrentes (BWR) and Valdecaballeros (BWR) Nuclear Power Plant projects, leading to the successful take-over of the complete engineering, design, project management, procurement management, construction management, testing and start-up of the Trillo NPP (PWR), which then continued with the provision of a complete range of engineering services for numerous nuclear projects around the world. EA is now responsible for a multitude of projects in the field of electric power generation from different sources (nuclear, coal-fired, combined-cycle, renewable, etc.), and for the execution of projects with high technology contents in other diversified fields of activity, like Space, Aeronautics, Airports and Defence, in Spain and abroad.



ANTONIO GONZÁLEZ es Ingeniero Industrial por la ETSII de Madrid. Es diplomado en Ingeniería Nuclear por el "Institut National de Sciences et Techniques Nucléaires" de Saclay (Francia), y en Dirección y Administración de Empresas por la Escuela de Organización Industrial (EOI) de Madrid.

En la actualidad es director adjunto al presidente de EMPRESARIOS AGRUPADOS.

INTRODUCCIÓN

EMPRESARIOS AGRUPADOS (EA) es una organización de ingeniería fundada en 1971 para apoyar el lanzamiento de un ambicioso programa nuclear en España.

EA se planteó como un grupo, operativamente independiente, que canalizaba los esfuerzos y recursos de tres empresas de ingeniería interesadas en capacitarse para el desarrollo del diseño y gestión de proyectos en el campo nuclear.

En la actualidad las empresas socio de EA son: GHESA Ingeniería y Tecnología, S.A., (34,4%), Técnicas Reunidas, S.A. (43%), Iberdrola Ingeniería y Construcción, S.A.U. (11,3%) y SOCOIN Ingeniería y Construcción, S.L.U. (11,3%).

La gestión global de las actividades de EA está encomendada a una agrupación de interés económico, EMPRESARIOS AGRUPADOS, AIE. Para los trabajos en el exterior se constituyó una sociedad instrumental, EMPRESARIOS AGRUPADOS Internacional, S.A. Adicionalmente, la diversificación en tecnología espacial se canalizó

a través de la sociedad Ibérica del Espacio, S.A. (IberEspacio). EA dispone en la actualidad de alrededor de 1000 personas (65% titulados universitarios) integrados en un organigrama independiente de las empresas socio.

PROYECTOS INICIALES DE EA COMO INGENIERÍA EN EL CAMPO NUCLEAR

La creación de EA en 1971 tuvo como objetivo inicial el lanzamiento de la ingeniería, diseño y construcción de la

central nuclear de Almaraz (PWR, Westinghouse, 2x980 MWe). El proceso se organizó con la colaboración a largo plazo de una ingeniería americana, Gibbs & Hill, Inc (GHI). El sistema consistió en un reparto de trabajo entre EA y GHI en los proyectos, conjuntamente con un programa de transferencia de tecnología.

Bajo esa fórmula se abordaron los tres primeros proyectos nucleares de Almaraz, Cofrentes (BWR, GE, 1050 MWe) y Valdecaballeros (BWR, GE, 2x975 MWe), con un alcance de servicios de



Central Nuclear de Almaraz (PWR, Westinghouse, 2X980 MWe).

ingeniería creciente de EA y decreciente de GHI. En el plazo de 10 años (año 1981) el proceso de capacitación tecnológica se consideró totalmente completado, momento en que se transfirió a EA el alcance completo de los trabajos todavía pendientes en el proyecto de la central nuclear de Valdecaballeros.

El proyecto de la central nuclear de Trillo, iniciado en 1975, ya se contrató totalmente por EA como única ingeniería para dicho proyecto. Era la primera vez en que una central de tecnología alemana se abordaba con SIEMENS-KWU (KWU) como suministrador solamente de los sistemas principales: "Nuclear Steam Supply System" (NSSS), "Turbine-Generator" y "Plant Control System", más un soporte técnico en determinadas áreas. El diseño completo de la central, la gestión de fabricantes y suministradores, la dirección de construcción y las pruebas y puesta en marcha de la planta fueron alcance de EA. Además era responsabilidad de EA conciliar los criterios de diseño de KWU, basados en normativa alemana, con los criterios de seguridad del Consejo de Seguridad Nuclear, basados en normativa americana. EMPRESARIOS AGRUPADOS empleó en este proyecto alrededor de 10 millones de horas-hombre, con una punta de 1.400 personas propias, el 65% personal titulado universitario.

La moratoria nuclear decretada por el Gobierno español en 1983, se estableció con las dos unidades de Almaraz y la de Cofrentes en operación comercial, mientras que Valdecaballeros y Trillo se encontraban en construcción. La moratoria estableció la paralización de Valdecaballeros -con la ingeniería prácticamente terminada- mientras que permitía la finalización y puesta en operación de Trillo, hecho que se produjo en 1988.

Se planteaba, pues, en esas fechas, la continuidad a medio y largo plazo de las actividades de EA. La decisión fue

en sentido positivo, basada en cuatro líneas de actuación: apoyo a las centrales nucleares españolas en operación, apertura a los mercados internacionales, participación en programas de I+D+i y diversificación.

APOYO A LAS CENTRALES NUCLEARES ESPAÑOLAS EN OPERACIÓN

Las centrales nucleares requieren un apoyo técnico externo permanente, para la resolución de incidencias, adaptación a los nuevos criterios de seguridad, modernización tecnológica, vigilancia del envejecimiento de los materiales y operaciones especiales, como aumento de potencia, extensión de vida útil, apoyo de ingeniería durante recargas de combustible, etc. EMPRESARIOS AGRUPADOS se ha mantenido al día tecnológicamente con el fin de poder aportar este apoyo no sólo a las centrales que en su día diseñó, sino también al resto del parque nuclear en España.

APERTURA A LOS MERCADOS INTERNACIONALES

La segunda línea de actuación se dirigió a la consecución de trabajos en el campo nuclear en el ámbito internacional, a pesar de que esa actividad también sufría un parón en otros muchos países. EA ha desarrollado una agresiva labor de carácter tecnológico y comercial que le ha llevado a conseguir contratos en este campo en numerosos países:

- En los EEUU se han realizado trabajos de ingeniería para la central nuclear de Comanche Peak 1 y 2 durante su construcción, así como otros servicios en las de Lasalle, Hope Creek, Haddam Neck y Calver Cliffs, en explotación.
- En los países de la antigua Unión Soviética y de Europa Central y del Este

se han realizado trabajos orientados a la mejora de la seguridad de diversas centrales nucleares, todo ello financiado por los programas TACIS y PHARE de la Unión Europea y por el Banco Europeo de Reconstrucción y Desarrollo (BERD).

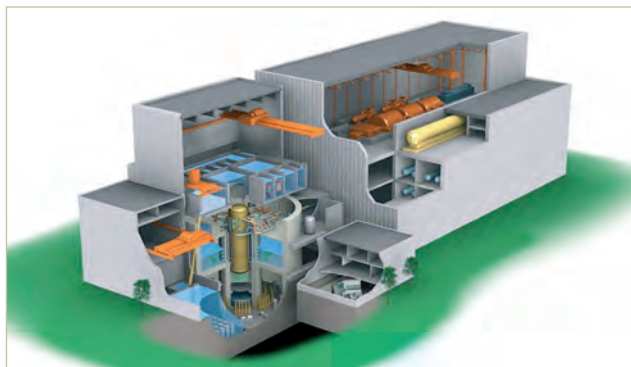
- EA ha desarrollado trabajos de ingeniería para las centrales nucleares de Laguna Verde 1 & 2 (BWR, GE) (México), Atucha II (PHWR, Siemens-KWU) (Argentina), Angra I (PWR, Westinghouse) (Brasil), Angra II (PWR, Siemens) (Brasil), Alto Lazio (BWR, GE) (Italia), Trino Vercellese 1 & 2 (PWR, Westinghouse) (Italia) y Leibstadt (BWR, GE) (Suiza). En la actualidad participa en la ingeniería párale programa de incremento de potencia de la central de Laguna Verde, en Méjico.
- EA ha desarrollado importantes trabajos de ingeniería desde hace 7 años, como contratista de General Electric (GE), para la central nuclear de Lungmen, unidades 1 y 2, de tipo ABWR, 2x1360 MWe (Taiwán), actualmente en fase de puesta en marcha.
- EA ha sido contratada como ingeniería de la propiedad por destacadas empresas eléctricas en Europa para los concursos de selección de contratistas para la construcción de nuevas centrales nucleares en Turquía (Akkuyu), Finlandia (Olkiluoto 3, EPR 1670 MWe, suministrada por el consorcio AREVA-Siemens, actualmente en fase de construcción), República Checa, Suiza y Lituania.
- EA participa desde hace 15 años en el desarrollo de un nuevo tipo de reactor de GE, el ESBWR (Gen III+) de tipo pasivo y 1550 MWe de potencia, para su despliegue en los EEUU, y que en los últimos 5 años, y a iniciativa de GE, forma parte del programa del Department of Energy (DOE) 2010. En la actualidad, EA es



Central Nuclear de Trillo (PWR, Siemens-KWU, 1050 MWe).



Central Nuclear de Lungmen 1 y 2, Taiwán (ABWR, GEH, 2X1350 MWe).



Central Nuclear de Olkiluoto 3, Finlandia (EPR, Areva-Siemens, 1670 MWe). Central Nuclear ESBWR (BWR, GEH, 1550 MWe).

parte importante del equipo técnico que apoya a GE en la certificación por la NRC del ESBWR y en las solicitudes de "Construction and Operation License" (COLA) para diversas plantas en EEUU.

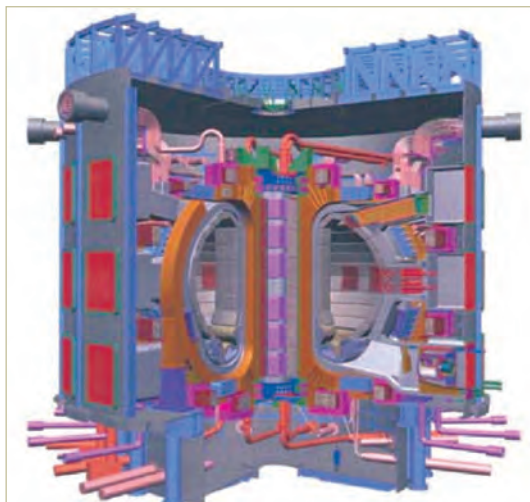
- EA viene trabajando desde hace más de 4 años en el diseño de una central nuclear avanzada en la República de Sudáfrica, Pebble Bed Modular Reactor (PBMR), basada en módulos de 165 MWe con tecnología de gas de alta temperatura, correspondiente a la denominada Generación IV (Gen IV) de futuros reactores. Equipos Nucleares, S.A. (ENSA) ha conseguido el suministro del Sistema Primario de Retención de Presión del prototipo de esta planta, con diseño de EA. La vasiija la diseña ENSA.

PARTICIPACIÓN EN PROGRAMAS DE I+D+i

EA ha venido desarrollando una activa participación en programas de I+D+i en el campo nuclear:

- EA participó activamente en el desarrollo de los reactores de Generación III y III+, AP-600 y AP-1000 de Westinghouse, así como en el ABWR, SBWR y ESBWR de General Electric, dentro del programa americano para la certificación del diseño por la Nuclear Regulatory Commission (NRC) de ese tipo de centrales. La participación de EA se financió con fondos españoles a través de UNESA.
- Resultado de la participación de EA en el desarrollo del ABWR (Gen III) ha sido la contratación de importantes servicios de ingeniería, por parte de GE, para su ejecución en el proyecto de la central nuclear de Lungmen (ABWR, GE, 2x1350 MWe), en Taiwán. En la actualidad, es previsible la participación en otros proyectos con ese tipo de reactor, probablemente en los EEUU.

- EA es parte activa en diversos programas de I+D de la Unión Europea relacionados con el campo nuclear. De manera específica participa, entre otros, en los programas de reactores refrigerados por gas, en los *Very High Temperature Reactor* (RAPHAEL) y *Gas Cooled Fast Reactor* (GCFR), así como en reactores refrigerados por metales líquidos, en los proyectos EISOFA, ELSY, EUROTRANS y CDT, todos ellos relacionados con las nuevas tecnologías de los futuros reactores de Gen IV orientados a la generación eléctrica, transmutación y otras aplicaciones. Aunque España no participa en el Programa Internacional de Gen IV, sí lo hace EURATOM. El director de EA es uno de los dos representantes de EURATOM en el *Senior Industry Advisory Panel* (SIAP), máximo órgano consultivo del programa.
- EA participa también en programas de I+D de la Unión Europea relacionadas con la energía en general y de manera específica en los programas de generación de hidrógeno por métodos termoquímicos HYTECH, INNOHYP-CA y HYCYCLES.



Reactor de Fusión, Proyecto ITER.

- EA forma parte del grupo de empresas europeas que durante los últimos 14 años han desarrollado el diseño del Proyecto ITER, orientado a demostrar la tecnología de fusión nuclear en un experimento a gran escala. EA participa ya en trabajos para ITER en su fase actual de ejecución material en el emplazamiento de Cadarache (Francia).

El conjunto de todas estas actuaciones ha aportado a EA una gran capacitación tecnológica, al tiempo que le proporcionaba una visibilidad internacional como organización experimentada e innovadora en el campo nuclear.

Centrales Termoelectricas

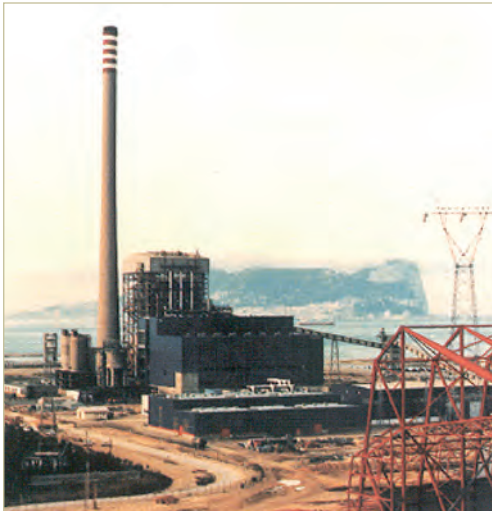
A finales de los años 70, EA inició proyectos completos de centrales térmicas de carbón, de los que se llegaron a ejecutar en esa época 10 unidades: 6 en España, 2 en México, 1 en Filipinas y 1 en Chile, además de diversos trabajos de consultoría en ese campo.

A principio de los años 2000 la nueva generación eléctrica se orientó preferentemente hacia el gas natural como combustible, utilizando centrales de ciclo combinado de elevado rendimiento

térmico y moderado impacto medioambiental. EA se introdujo con decisión en este campo, participando en 43 unidades con una potencia conjunta de 17.780 MW, de las que 20, con una potencia conjunta de 8.776 MW, están en fase de construcción. Más del 60% de la potencia se lleva a cabo en el extranjero.

La reactivación en la construcción de centrales de carbón ha elevado el número de unidades con participación de EA a 21, con una potencia conjunta de 7.365 MW, entre carbón y petróleo.

EA ha establecido un acuerdo con GE para desarrollar de manera cofinanciada centrales de ciclo combinado de diseño estándar de referencia, con turbinas de gas



Central Térmica de Los Barrios (Carbón, 550 MWe).



Central Térmica de Ciclo Combinado de Hadjret (Argelia), 3X400 MWe.

de GE de tecnología FB y H, las más avanzadas de este suministrador. Esta estrategia está dando como resultado la consecución de numerosos proyectos tanto en España como en el ámbito internacional.

DIVERSIFICACIÓN

La paralización del programa de construcción de centrales nucleares en España, decidida en 1983, llevó a la necesidad de buscar áreas de diversificación aprovechando las capacidades tecnológicas existentes. Entre éstas, se identificaron las centrales termoeléctricas anteriormente mencionadas, aeropuertos, programa espacial europeo, apoyo técnico a defensa y proyectos singulares.

Programa Espacial Europeo

En la segunda mitad de los años 80, EA consideró de interés diversificar sus actividades hacia el campo espacial favoreciendo la necesidad de cumplir los criterios de retorno a la creciente apor-

tación de España a los programas de la Agencia Espacial Europea (ESA), con alto contenido tecnológico.

La estrategia consistió en constituir una Sociedad, IberEspacio, S.A. Los trabajos a desarrollar estaban relacionados inicialmente con los lanzadores espaciales Ariane 4 y Ariane 5, e incluían, simulación de sistemas, análisis estructural avanzado, fiabilidad, análisis de datos de vuelo, etc.

Las capacidades para el desarrollo de esas actividades provenían fundamentalmente del campo nuclear. En el área de Simulación de Sistemas, EA había acordado con la ESA, antes de la creación de IberEspacio, el desarrollo de un programa informático, EcosimPro, orientado a la simulación dinámica de sistemas de soporte de vida en naves espaciales tripuladas. Posteriormente, el programa, cofinanciado con ESA, se reorientó a la simulación dinámica de sistemas con carácter universal, para lo cual se ha ido completando y dotándolo de las correspondientes librerías. EcosimPro es

hoy el programa de simulación de ESA para propulsión espacial, utilizando la librería ESPSS, actualmente en fase de desarrollo por EA. EMPRESARIOS AGRUPADOS continúa desarrollando EcosimPro y lo comercializa, encontrándose entre sus usuarios las agencias espaciales norteamericana (NASA) y canadiense (CSA).

En la actualidad IberEspacio está desarrollando una nueva línea de negocio que incluye el diseño y suministro de sistemas de transporte de calor, basados en circulación por capilaridad de fluidos con cambio de fase entre la fuente fría y la caliente. La aplicación de estos sistemas está orientada inicialmente a la refrigeración de los sistemas electrónicos de los satélites espaciales en vuelo, aunque se anticipan otras futuras aplicaciones de gran interés. El lanzamiento de esta actividad se ha llevado a cabo a través de un acuerdo de transferencia de tecnología con la empresa rusa TAIS y apoyándose también en programas propios de I+D, cofinanciados dentro del Plan Nacional del Espacio y los programas de desarrollo tecnológico de la ESA. Se han identificado ya aplicaciones de gran interés para la refrigeración silenciosa y sin mantenimiento de la electrónica en submarinos.

Apoyo Técnico a Defensa

En este área se han identificado y desarrollado diversas actividades, entre las que merece destacar Sistemas de Apoyo Logístico Integrado y Gestión de Publicaciones Técnicas con estándares CALS y filosofía SGML.

El Programa ALISIOS es una herramienta avanzada de apoyo logístico integrado, desarrollado por EA para la Marina y para la Fuerza Aérea (F-18). Adicionalmente, se ha nacionalizado la gestión de la documentación técnica de



Ariane-5, Motor Criogénico Vulcain.



Satélite espacial.



Avión F-18.



Aeropuerto de Barajas (Madrid).

los F-18, así como la elaboración y actualización de sus Manuales de Operación y Mantenimiento, trabajos que se vienen desarrollando sistemáticamente durante más de 12 años.

Aeronáutica

IberEspacio ha realizado actividades en el sector aeronáutico relacionadas con las Publicaciones Técnicas para distintos motores así como diseño y cálculo de estructuras del fuselaje, en particular para la Belly Fairing de distintos modelos de la familia Airbus. En el área de I+D+i se están desarrollando componentes para transporte de calor en flujo bifásico que den solución al problema de la formación de hielo en las alas de los aviones y, en general, traten de optimizar el rendimiento térmico de los motores.

Apoyándose en sus capacidades en simulación dinámica, EA ha participado en el proyecto del campo aeronáutico VIVACE, del 6º Programa Marco de la Unión Europea, en el que ha desarrollado un programa informático, PROOSIS, que servirá de herramienta común para toda la industria europea



relacionada con motores de aviación. Se trata de establecer un estándar que facilite la participación conjunta de la industria en el diseño de nuevos motores y que ya ha sido adquirido por las empresas del grupo Snecma Moteurs. Este desarrollo tendrá continuidad en el 7º Programa Marco de la UE.

Aeropuertos

En la segunda mitad de los años 90, EA se interesó en el campo aeroportuario, coincidiendo con un importante plan de Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea (AENA) para la modernización de los aeropuertos españoles.

A partir de 1998, EA viene prestando servicios técnicos a AENA, en colaboración con Técnicas Reunidas y GHESA (empresas socio de EA), primero en el proyecto de la Terminal 4 de Barajas y después en otros aeropuertos, como Málaga, Alicante, Gran Canaria y Santiago de Compostela, en España.

En relación con el Plan Barajas (aeropuerto de Madrid), EA ha tenido una participación relevante en la terminal T-4, a través de la Asistencia Técnica de Consultoría a la Dirección del Programa (AENA) para la construcción de la nueva terminal. Adicionalmente, ha participado en otras áreas especializadas, tales como: la definición e implantación del sistema de información, gestión del proyecto del sistema automático de tratamiento de equipajes, con 92 km. De cintas transportadoras, gestión del proyecto del sistema de seguridad, dirección del proyecto del sistema de energía, entre otros.

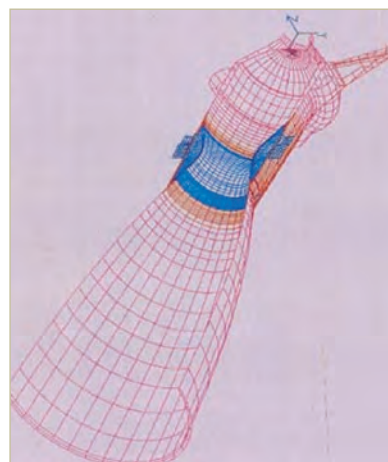
Proyectos singulares

EA ha mantenido como estrategia la realización de proyectos singulares que requieran capacidades especiales. A ese respecto, y a título de ejemplo, se describen a continuación seis proyectos con estas características:

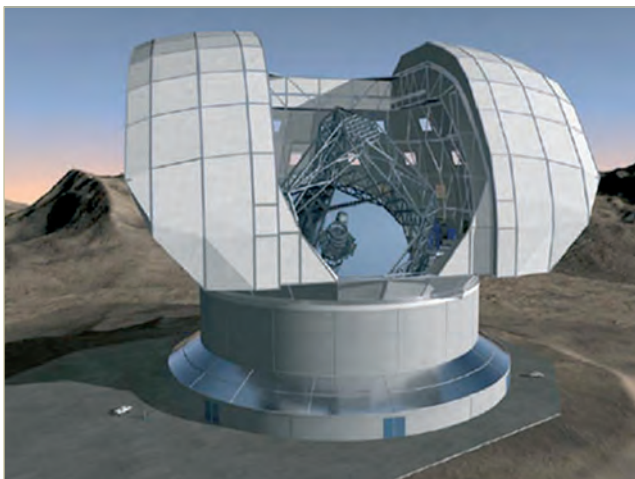
- Estudio térmico y estructural del comportamiento en operación de la tobera del motor VIKING del lanzador Ariane 4. Las grandes no linealidades en el comportamiento de los materiales compuestos obligaron a poner a punto un proceso de análisis muy sofisticado y complejo, que incluía un modelo térmico inverso del motor completo. Los resultados sirvieron para analizar las causas de los proble-

mas detectados en el equipo y proponer modificaciones en el proceso de fabricación de la tobera, que una vez implementadas resolvieron los problemas detectados, que hubieran podido, eventualmente, producir la destrucción del motor y pérdida del lanzador y de su carga.

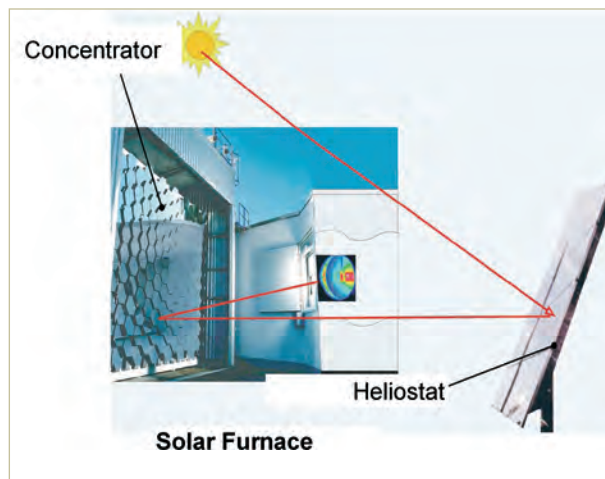
- Estudio de fiabilidad del transbordador espacial de la NASA. Se llevó a cabo un análisis probabilista de seguridad del motor criogénico principal (SSME) y de los cohetes de propulsión sólida (RSRM).
- Diseño de la cúpula y de la mecánica del Gran Telescopio de Canarias, GRANTECAN. Se trata de uno de los telescopios mayores del mundo (10,4 m. de diámetro del espejo primario) y, en la actualidad, el más moderno. EA, en colaboración con IberEspacio y GHESA, desarrolló el diseño básico estructural del telescopio, así como el diseño de detalle y el suministro de la cúpula completa y de la estructura móvil con todos sus mecanismos y elementos de movimiento y posicionamiento del telescopio. EA se responsabilizó de la supervisión de la instalación de estos elementos, así como de sus pruebas y puesta a punto.



Ariane-4, Motor Viking.



European Extra-Large Telescope (E-ELT).



Proyecto Horno Solar.

- Diseño básico de la cúpula para el *European Extra Large Telescope* (E-ELT), futuro telescopio gigante con espejo primario de 42 m. de diámetro. La cúpula, con su correspondiente movimiento rotatorio y compuertas, tiene un diámetro de 90 m. y un peso estimado de 3.000 Tm. EA opta también a seguir participando en las siguientes fases de este proyecto.
- Participación en los proyectos HYTHEC (*Hydrogen Production*

by Thermochemical Cycles), INNO-HYP-CA (*Innovative ways for Hydrogen Production*) y HYCYCLES (*Materials and Components for Hydrogen Production by Sulfur Based Thermochemical Cycles*) todos ellos del Programa Marco de la UE, orientados a demostrar la viabilidad de generar hidrógeno mediante procesos a alta temperatura. EA se ha responsabilizado del acoplamiento de los futuros reactores de alta tem-

peratura o de hornos solares a los procesos termoquímicos. Estos proyectos continúan en el 7º Programa Marco integrados en las actividades de Gen IV.

- Participación en el diseño de una planta piloto de captura de CO₂ y producción de H₂ en la central de gasificación de carbón de ciclo combinado de Puertollano, con una continuidad prevista dentro de 7º Programa Marco de la UE. ■



en el número de abril

especial

CENTRALES NUCLEARES ESPAÑOLAS

2008

SPANISH NUCLEAR POWER PLANTS

