

El potencial de desarrollo tecnológico nuclear en España, desde la perspectiva de la plataforma CEIDEN

Diego Encinas Cerezo

Empresa: CSN

Dirección: Pedro Justo Dorado Dellmans, 11 28040 Madrid

Teléfono: +34 913460250 / +34 609546094

E-mail: dec@csn.esr(es)

Pablo T. León López (ENDESA)

Rosario Velasco García (CSN)

Resumen – La Plataforma Tecnológica Española de Energía Nuclear de Fisión, CEIDEN, participa en diversos ejercicios promovidos por la Alianza por la Investigación y la Innovación Energética, ALINNE, cuyo objetivo es poner en valor el potencial de desarrollo tecnológico de las diferentes tecnologías del ámbito energético. Por otra parte, CEIDEN se integra, desde su fundación, en el Comité de Coordinación de Plataformas Tecnológicas del ámbito Energético, CCPTE, que agrupa a 12 plataformas, y que promueve la cooperación intersectorial en temas de I+D+i y desarrollo tecnológico.

En 2018 está previsto que finalicen dos importantes hitos promovidos por ALINNE iniciados en 2017: la segunda edición del ejercicio APTE, “Análisis del Potencial de Desarrollo de las Tecnologías Energéticas en España” (APTE-2017) y la presentación de las Iniciativas Tecnológicas Prioritarias (ITP), en su segunda fase. Esta ponencia resume los resultados y conclusiones de la participación del sector nuclear español en estas iniciativas, a través de CEIDEN, con el objetivo de poner en valor su potencial en desarrollo tecnológico y posicionar al sector junto al resto de las tecnologías de generación en este terreno.

Asimismo, resume las actividades del CCPTE y la participación de CEIDEN en dicho comité, donde se comparten las experiencias y enseñanzas adquiridas, por ejemplo, de la participación en los ejercicios organizados por ALINNE, y se promueve la cooperación intersectorial en temas de I+D+i y desarrollo tecnológico.

Como conclusiones globales, se destaca que estos ejercicios han dejado constancia de las capacidades y propuestas de innovación y desarrollo tecnológico del sector nuclear. Los resultados obtenidos han puesto en valor el potencial del sector, junto con el de otras tecnologías de generación y subsectores transversales, mostrando que la cooperación intersectorial es posible y deseable.

1. INTRODUCCIÓN

La Alianza por la Investigación y la Innovación Energética, ALINNE, se constituyó en 2011, con el objetivo de coordinar los esfuerzos entre todos los agentes de la cadena de valor de la I+D+i en energía, para dar respuesta a los retos en este ámbito, contribuyendo a definir líneas directrices a escala nacional y de posicionamiento en la UE. El Comité Ejecutivo, órgano superior de ALINNE, está presidido por el Director General del CIEMAT, organismo que también ostenta la Secretaría de la alianza desde su creación. Al igual que otras plataformas tecnológicas, CEIDEN ha estado activo en ALINNE desde los primeros tiempos, con un grado de participación cada vez mayor.

Dos de las más importantes acciones de ALINNE son la realización de los ejercicios APTE y el desarrollo de las ITP.

El ejercicio APTE, “Análisis del Potencial de Desarrollo de las Tecnologías Energéticas en España”, consiste en un análisis comparativo donde un grupo de expertos evalúa, para cada tecnología energética, sus capacidades y potencial tecnológicos, su posicionamiento a escala internacional y la coherencia tecnológica del sector; todo ello a partir de un ejercicio de auto-evaluación que realiza cada plataforma, y que es discutido con el grupo de expertos mencionado. Como beneficios se obtienen recomendaciones para mejorar en los aspectos analizados y el posicionamiento de cada tecnología, en un marco global, dado que todos los resultados obtenidos se integran en un informe conjunto. ALINNE se encarga de dar a este informe la mayor difusión posible, a nivel nacional y europeo, con el objeto de que sea tenido en cuenta a la hora de tomar decisiones estratégicas en el ámbito energético.

La Iniciativa Tecnológica Prioritaria (ITP) fue definida por ALINNE como *“desarrollo tecnológico de gran calado que permita a la tecnología española, en un horizonte temporal no excesivamente lejano, desarrollar tejido industrial y cubrir una cuota de mercado tecnológico nacional y/o internacional que suponga a España unos beneficios tales que justifiquen una dedicación focalizada y sostenida hacia la misma de recursos económicos y capital humano, así como el desarrollo y aseguramiento de un marco favorable para su implantación”*. Con este planteamiento, CEIDEN desarrolló en 2016 y presentó a ALINNE en 2017 tres ITP con un enfoque genérico, en total sintonía con la agenda estratégica de la plataforma: ITP-1, *gestión del combustible irradiado y de residuos de alta actividad*; ITP-2, *operación a largo plazo*; e ITP-3, *nuevas capacidades tecnológicas*.

CEIDEN participó en la primera edición de APTE (APTE-2014) [1] y desarrolló las tres ITP mencionadas [2] [3]. Ahora, la plataforma ha finalizado la auto-evaluación correspondiente a la segunda edición de APTE (APTE-2017) y un segundo desarrollo de las ITP en bloques de propuestas de proyectos de investigación, desarrollo e innovación, de manera que la I+D+i del sector nuclear español está en condiciones de ser de nuevo valorada desde el punto de vista de su potencial de desarrollo tecnológico y de presentar un conjunto coherente de líneas de trabajo y proyectos de interés estratégico a las instancias involucradas en la toma de decisiones sobre política energética y desarrollo tecnológico. En los capítulos 2 y 3 se exponen estos temas.

Por otra parte, el Comité de Coordinación de Plataformas Tecnológicas del ámbito Energético (CCPTE), se constituyó en 2014 con el objetivo de compartir información, realizar actividades conjuntas, básicamente de difusión, y actuar de forma coordinada, sobre todo ante los interlocutores de las plataformas en las instituciones competentes en materia de I+D+i y energía. CEIDEN consideró importante mantenerse en contacto permanente y actuar conjuntamente con las plataformas afines y por ello promovió la creación del CCPTE y colabora con el comité desde sus inicios. En el capítulo 4 se exponen brevemente las actividades del CCPTE y la participación de CEIDEN en el comité.

2. EL EJERCICIO APTE-2017

El ejercicio APTE-2017 pretende, básicamente, realizar una actualización de los resultados obtenidos en la primera edición, incorporando algunas mejoras en la metodología, simplificando la información requerida y los métodos de cálculo, proporcionando más ayudas para su preparación y tratando de incorporar mayor número de plataformas tecnológicas al mismo (en el APTE-14 participaron 13 plataformas). Pero, esencialmente, el proceso es el mismo:

- i. Elaboración de la documentación preparatoria, mediante la respuesta razonada a: a) un cuestionario que consta de 15 indicadores numéricos (“criterios objetivos”), relativos a aspectos económicos y de empleo, a las capacidades científicas y tecnológicas, al

posicionamiento tecnológico, a las capacidades en infraestructuras, homologación y certificación, y a la contribución a los objetivos energéticos y medioambientales de cada tecnología; y b) posicionamiento de la tecnología en cuestión frente a dos “criterios subjetivos”: coherencia tecnológica y disponibilidad de instrumentos y recursos financieros (en la figura pueden verse los indicadores y criterios definidos)

Criterio	Indicadores
1 Economía y Empleo	1 Contribución al PIB español
	2 Empleos directos e indirectos generados
	3 LCOE: costes de generación
	4 Coste de 1 tonelada de CO ₂ no emitida
	5 Cuota del mercado español de las tres primeras empresas
	6 Contabilidad de las externalidades
	7 Financiación pública
	8 Nivel de TRL de la tecnología
Criterio	Indicadores
2 Capacidades en ciencia, tecnología e innovación	9 Alianzas estratégicas entre empresas y centros de I+D+i
Criterio	Indicadores
3 Posicionamiento tecnológico	10 Valor anual esperado del mercado español
	11 Valor anual esperado del mercado mundial
	12 Empresas españolas entre las 20 primeras de la UE
	13 Patentes activas españolas
Criterio	Indicadores
4 Capacidades de infraestructuras de I+D+i de homologación, certificación y comercialización	14 Centros de I+D+i de referencia mundial en España
	15 Trabajadores en centros de I+D+i españoles dedicados a la energía
Criterio	Indicadores
5 Contribución a los objetivos energéticos y medioambientales	16 Emisiones de CO ₂ derivadas del funcionamiento de la tecnología



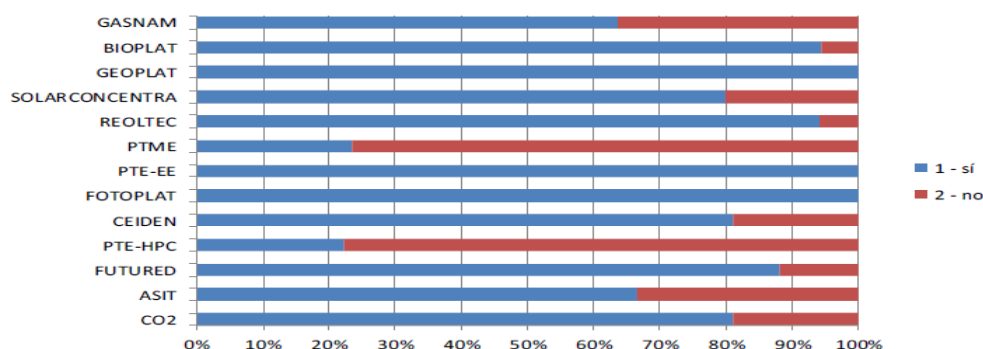
Criterio	Comentarios
6 Coherencia tecnológica	Presentación de la Hoja de Ruta del sector tecnológico energético para los próximos 15 a 20 años (mostrando su coherencia tanto con las condiciones internas, europeas, como con las externas, nacionales y particulares) ofreciendo la siguiente información: - Definición de la situación actual (actores y posicionamiento del sector tecnológico español). - Futuro deseado (identificar los objetivos a los que se quiere llegar en particular identificando sub-tecnologías críticas o componentes esenciales u otros aspectos que puedan generar una posición favorable en el mercado). - Barreras tecnológicas y de otros tipos y forma de superarlas. - Necesidades de todo tipo para la consecución de los objetivos específicos identificados, (este aspecto se va a tratar en detalle en el criterio 7). - Un análisis del proceso estimado de penetración de la tecnología en el mercado, incluyendo la evaluación de los riesgos del potencial de fallo del proceso innovativo por motivos sociales o medioambientales.

Criterio	Comentarios
7 Disponibilidad de instrumentos y de recursos financieros	- Esta información debe permitir analizar la capacidad del sistema español de I+D+i para apoyar y proporcionar apoyo al proceso de desarrollo de las tecnologías energéticas en el presente y hasta su penetración en el mercado, considerando el tipo de instrumentos y fuentes de financiación y de incentivos públicos necesarios para cada tecnología. - Cada línea tecnológica deberá identificar aquellos instrumentos público-privados (existentes o proponer nuevos) de soporte al proceso de creación del conocimiento de su hoja de ruta que considere necesarios para la consecución de sus objetivos, así como la financiación público-privada que resultará necesaria a lo largo del tiempo hasta su penetración en los mercados. A su vez deberá identificar que desarrollos en otras políticas serían deseables (política industrial, normativa, políticas activas, de compra tecnológica u otras) para conseguir la materialización de los productos o servicios incluidos en su hoja de ruta.

14

- Reunión del grupo de expertos evaluadores de ALINNE (GEVAL) con cada plataforma, para presentar y discutir los resultados obtenidos en la auto-evaluación
- Valoración de cada tecnología por parte del GEVAL, utilizando técnicas de subjetividad compartida (en la figura puede verse un ejemplo, correspondiente al informe APTE-2014)

20 - ¿Ha identificado la tecnología qué barreras regulatorias deben ser reformadas para acelerar su implantación industrial?



- Documentación de los resultados: informe ALINNE

En CEIDEN se ha realizado un análisis exhaustivo, partiendo del trabajo desarrollado para APTE-2014, y se han calculado los indicadores, utilizando las mejores referencias disponibles a nivel nacional e internacional. Se espera mantener la reunión con el GEVAL a lo largo del segundo semestre de 2018, a fin de que los resultados del ejercicio APTE-2017 estén disponibles lo antes

posible, para aplicar las acciones de mejora recomendadas y dar la mayor difusión posible a este importante estudio.

3. INICIATIVAS TECNOLÓGICAS PRIORITARIAS (ITP) – FASE II

Las tres ITP de enfoque general presentadas por CEIDEN a ALINNE en julio de 2017 fueron valoradas positivamente por los expertos de ALINNE, que reconocieron la solidez con que están sustentadas y el potencial beneficio que pueden aportar en términos de contribución al PIB y de empleo cualificado. Sin embargo, los expertos observaron que del ejercicio de las ITP se espera también que se planteen proyectos concretos con resultados (productos) claramente identificados que tengan valor comercial y un mercado potencial.

Estos comentarios de ALINNE, que han sido transmitidos en términos similares a otras plataformas tecnológicas, marcaron el punto de partida de lo que se ha denominado ITP – fase II. Básicamente, se trata de que el grupo de trabajo CEIDEN que elaboró las primeras ITP, constituido por expertos de CIEMAT, CSN, ENDESA, ENRESA, ENSA, ENUSA y TECNATOM, desarrolle las líneas directrices definidas en dichas ITP, estableciendo en torno a cada una de esas iniciativas un conjunto de proyectos de I+D+i y desarrollos tecnológicos, interrelacionados y coherentes entre sí, con un horizonte temporal y una estimación de inversiones necesarias suficientemente precisos, que demuestren la traducción del potencial en realidades tangibles.

El grupo de trabajo ha mantenido varias reuniones entre finales de 2017 y primeros meses de 2018, y considera cumplido su objetivo, habiéndose realizado presentaciones resumidas de las ITP – fase II en el 33º Consejo Gestor de CEIDEN, celebrado en CIEMAT el pasado 5 de julio. Se espera poder presentar a ALINNE estas nuevas ITP lo antes posible durante el segundo semestre de 2018. A continuación se proporciona un sucinto resumen de las tres ITP – fase II.

ITP Operación a Largo Plazo (LTO). Bajo el paraguas de dos de las ITP originales (*operación a largo plazo* y *nuevas capacidades tecnológicas*), se han desarrollado dos grandes proyectos estratégicos que configuran esta nueva ITP:

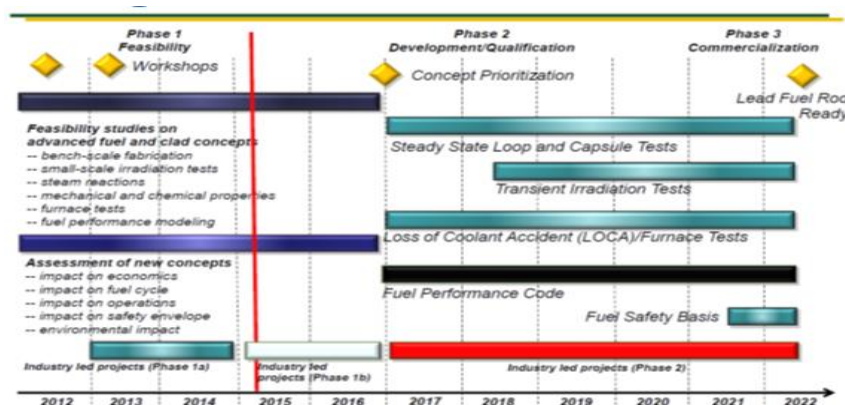
1. **operación flexible** de las centrales nucleares españolas, para permitir una penetración cada vez mayor de energías renovables; en este contexto, el proyecto asociado a la ITP tiene por objeto analizar las implicaciones de la transición a la operación flexible de las centrales
2. **análisis predictivo** en las centrales nucleares españolas, para permitir la monitorización continua de los sistemas de las plantas, mejorando rendimientos y optimizando recursos, de acuerdo con principios tecnológicos *industria 4.0* y *big data*; el objetivo específico del proyecto asociado a la ITP es proponer, probar y evaluar diferentes tecnologías de análisis avanzados para equipos y sistemas, y seleccionar las más adecuadas, integrándolas en una herramienta



ITP Combustibles con alta tolerancia a los accidentes (ATF). En el terreno del combustible nuclear, un componente estratégico del sector nuclear español, se ha definido esta ITP, que se separa parcialmente de la temática de la ITP original *Gestión del combustible irradiado y de los residuos radiactivos de alta actividad*.

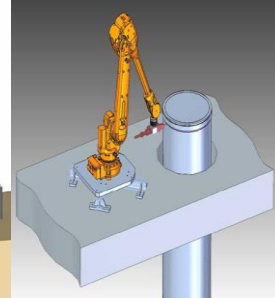
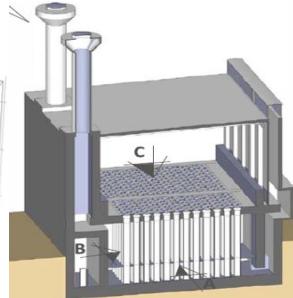
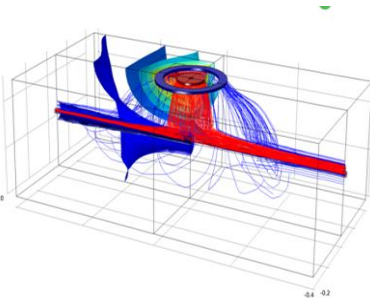
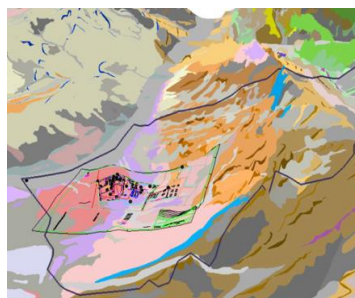
El objetivo de esta ITP es dotar a las centrales nucleares españolas de combustible con tolerancia ante accidentes significativamente superior a la actual, en consonancia con el estado de arte de la industria. Se trata, en esencia, de que España participe activamente en los desarrollos que se están llevando a cabo en el campo de los ATF a nivel mundial, pudiendo aprovechar los beneficios comerciales que dichos desarrollos proporcionarán a las entidades que los realicen.

Se ha trazado un plan con un horizonte temporal hasta 2026, en el que se contemplan siete actividades dentro del alcance de un proyecto integrado y se han estimado plazos e inversiones necesarias para cada actividad.



ITP Proyectos estratégicos para la optimización del Almacén Temporal Centralizado (ATC).

Esta ITP encaja plenamente en la temática de la ITP original *Gestión del combustible irradiado y de los residuos radiactivos de alta actividad*. El grupo de trabajo CEIDEN, consciente de la importancia estratégica para la I+D+i del ATC, tanto como instalación singular y en muchos aspectos novedosa (y que, por tanto, demanda actividades de I+D+i para garantizar o reforzar diversos aspectos de su operación segura), como por su condición de infraestructura de I+D+i en sí misma (fundamentalmente, por las celdas calientes que se construirán en el Centro Tecnológico Asociado, CTA), ha recogido en este ITP cinco proyectos estratégicos cuyos objetivos son apoyar la operación normal y a largo plazo de la instalación.



Los proyectos en cuestión son los siguientes:

- modelo hidrogeológico detallado del emplazamiento

- estimación de la vida útil y monitorización de la estructura de hormigón armado
- gestión de vida de los pozos de almacenamiento
- corte de la tapa soldada de los contenedores en ambiente de alta radiación
- caracterización de propiedades del combustible BWR irradiado significativas respecto a su comportamiento en condiciones de almacenamiento y transporte

A modo de resumen, se presenta en esta tabla los proyectos y actividades asociados a las ITP – fase II.

ITP	proyecto / actividad	duración estimada (años)	inversión estimada (M€)
LTO	operación flexible	2	0,75
	análisis predictivo	2	1,3
ATF	hoja de ruta	1	entre 10 y 12
	selección de la alternativa idónea	1	
	acuerdos de colaboración con partners seleccionados	1	
	proyectos I+D+i de desarrollo de capacidades propias para industrialización de procesos asociados	3	
	programa de demostración en reactores españoles	7	
	desarrollo de metodología de licenciamiento de recargas	6	
	seguimiento de experiencia internacional	(acción continua)	
ATC	modelo hidrogeológico del emplazamiento	3	0,18
	estimación de vida útil y monitorización del hormigón	4	0,38
	gestión de vida de los pozos de almacenamiento	4	0,45
	corte de la tapa de los contenedores con alta radiación	pendiente	2,6
	caracterización del combustible BWR irradiado	4	1,5
INVERSIÓN TOTAL ESTIMADA			entre 17 y 19 M€

4. PARTICIPACIÓN EN EL CCPTE

El CCPTE surgió ante la clara conveniencia de permanecer en contacto y trabajar de forma coordinada que identificaron las plataformas del ámbito energético. La comunicación y apoyo mutuo para la participación de cada plataforma en los ejercicios de ALINNE (APTE, ITP) fue quizá el origen del comité, pero a lo largo de sus 4 años de funcionamiento se han desarrollado otras muchas actividades y el marco de colaboración y coordinación que promueve el comité continúa creciendo.

Componen el CCPTE las 12 siguientes plataformas:

- Plataforma Tecnológica Española del Hidrógeno y de las Pilas de Combustible (PTE-HPC)
- Plataforma Tecnológica Española de CO2 (PTE-CO2)
- Plataforma Tecnológica Española de Geotermia (GEOPLAT)
- Plataforma Tecnológica Española de la Biomasa (BIOPLAT)
- Plataforma Tecnológica Española de Redes Eficientes (FUTURED)
- Red Científico Tecnológica del Sector Eólico (REOLTEC)
- Plataforma Tecnológica Española de Eficiencia Energética (PTE-EE)

- Plataforma Tecnológica Española de Fisión Nuclear (CEIDEN)
- Plataforma Tecnológica Española Fotovoltaica (FOTOPLAT)
- Plataforma Tecnológica Solar de Concentración (SOLARCONCENTRA)
- Plataforma Tecnológica Marítima Española (PTME)
- Plataforma Tecnológica de Solar Térmica de Baja Temperatura (SOLPLAT)



Tras el periodo de consolidación del comité, sus actividades y ámbito de trabajo se pueden resumir en lo siguiente:

- ❖ Posicionamiento común ante las instancias nacionales e internacionales en que se desenvuelven las plataformas energéticas: ministerios competentes en I+D+i y energía; alianza ALINNE; programa marco UE; H2020; etc.
- ❖ Actuación conjunta en temas de gestión y ayudas a las plataformas tecnológicas ante el ministerio competente
- ❖ Colaboración en la participación en iniciativas y ejercicios de carácter multisectorial
- ❖ Actividades de difusión mutua

La tabla adjunta, sin ánimo de ser exhaustiva, pretende dar una idea del tipo de actividades y acciones conjuntas se desarrollan en el seno del CCPTTE.

ámbito	actividad
posicionamiento común	- desarrollo de documento "áreas comunes" [4] - comentarios conjuntos al Plan Estatal de I+D+i - comentarios conjuntos al Programa Marco UE - reuniones CCPTTE con interlocutores de los ministerios competentes - propuesta de creación de grupo interministerial
gestión de las plataformas	- colaboración en las gestiones, compartiendo la información - coordinación de la interlocución con el ministerio competente
colaboración técnica	- colaboración e intercambio de información en APTE - colaboración e intercambio de información en desarrollo de ITP - colaboración en la participación en jornadas ITP con las Comunidades Autónomas
difusión	- web CCPTTE: http://energyfromspain.com/ - presentación institucional CCPTTE - jornada anual CCPTTE - sesiones conjuntas en el Foro TRANSIERE - difusión mutua de eventos e informaciones diversas

Para CEIDEN, la participación en el CCPTE es una cuestión estratégica, por diversos motivos:

- ✓ garantiza la visibilidad de la energía nuclear de fisión como sector con capacidades de desarrollo tecnológico, al lado de las fuentes de energía renovables y de otras fuentes y subsectores transversales
- ✓ favorece la adecuada presencia de la I+D+i en energía nuclear en los planes, programas y foros de interés
- ✓ incrementa notablemente la difusión de la plataforma, al exceder su radio de acción del ámbito nuclear
- ✓ la colaboración en los ejercicios de ALINNE es muy útil y garantiza homogeneidad de criterios

No siempre es fácil para CEIDEN encajar en determinadas actividades propuestas en el seno del CCPTE, que van orientadas hacia las energías renovables o hacia aspectos transversales sin aplicación directa al ámbito nuclear. Por ello, es necesario mantener la presencia constante en el día a día del comité, demostrando que, en nuestro país, la energía nuclear de fisión tiene un peso significativo en el ámbito del desarrollo tecnológico entre las diferentes tecnologías energéticas. Al final, la participación de CEIDEN en el CCPTE demuestra, tanto a los propios miembros del comité como al mundo de la energía y la I+D en general, que la cooperación proactiva entre todos los sectores, sin excluir a ninguno, no solo es posible, sino deseable.

5. CONCLUSIONES

La presencia del sector nuclear en el ejercicio APTE y en el desarrollo de las ITP, ambas iniciativas de la alianza ALINNE, a través de la plataforma tecnológica CEIDEN, ha dejado constancia de las capacidades y propuestas de innovación y desarrollo tecnológico de este sector. Los resultados obtenidos han puesto en valor el potencial del sector, al lado de otras tecnologías de generación y subsectores transversales. Estas actividades, junto con la participación de CEIDEN en el comité CCPTE, muestran que la cooperación intersectorial en materia de I+D+i y desarrollo tecnológico en el ámbito energético es posible y beneficiosa; y, por otra parte, imprescindible, si se pretende que la energía nuclear siga formado parte del mix de generación de electricidad en España.

AGRADECIMIENTOS

Sería imposible reunir en una lista breve todas las personas que han colaborado con su esfuerzo voluntarista en la realización de las actividades que se exponen en esta ponencia. Por tanto, solo queda agradecer a los expertos de CIEMAT (Enrique González), ENRESA (Joaquín Farias), ENSA (Alfonso Álvarez-Miranda), ENUSA (José Manuel Alonso) y TECNATOM (Manuel Fernández), entre otros, su colaboración en las ITP; a todos los expertos que han contribuido con valiosa información al ejercicio APTE-2017, y en especial a Jaime Segarra, Juan Manuel Camarero y Enrique Cortegoso, principales artífices de su desarrollo; y a todos los colegas de las plataformas que colaboran en el CCPTE, en especial a Sagrari Miguel y Ana Martínez (PTE-HPC), Margarita de Gregorio (BIOPLAT y GEOPLAT) y Alberto Ceña y Elena Velázquez (REOLTEC), por su destacada contribución a las actividades del comité.

REFERENCIAS

[1] ALINNE. Análisis del potencial de desarrollo de las tecnologías energéticas en España (2014)



[2] SNE. Nuclear España nº 376: *CEIDEN Technology Platform: future technological challenges* (2016)

[3] SNE 43ª Reunión Anual. Ponencia *Plataforma Tecnológica CEIDEN: Iniciativas Tecnológicas Prioritarias del Sector Nuclear Español*. Autor principal, Pablo T. León (ENDESA) (2017)

[4] CCPE. Plataformas Tecnológicas Españolas de Energía: Áreas Comunes