

### III. OTRAS DISPOSICIONES

#### CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

**22673** *Resolución de 20 de diciembre de 2022, del Consejo de Seguridad Nuclear, por la que se publica el Convenio con el Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas, O.A., M.P., en el área de los accidentes severos para el proyecto de I+D+i «Aplicación a planta de la investigación en accidentes severos».*

El Presidente del Consejo de Seguridad Nuclear y la Directora General del Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas O.A., M.P, han suscrito, con fecha 15 de diciembre de 2022, el convenio en el área de los accidentes severos para el proyecto de I+D+i «Aplicación a planta de la investigación en accidentes severos» (APIAS).

Para general conocimiento, y en cumplimiento de lo establecido en el artículo 48.8 de la Ley 40/2015, de 1 de octubre, de Régimen Jurídico del Sector Público, dispongo la publicación en el «Boletín Oficial del Estado» del referido convenio, como anejo a la presente resolución.

Madrid, 20 de diciembre de 2022.—El Presidente del Consejo de Seguridad Nuclear, Juan Carlos Lentijo Lentijo.

#### ANEJO

**Convenio entre el Consejo de Seguridad Nuclear y el Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas O.A., M.P. en el área de los accidentes severos para el proyecto de I+D+i «Aplicación a planta de la investigación en accidentes severos» (APIAS)**

#### REUNIDOS

De una parte, don Juan Carlos Lentijo Lentijo, Presidente del Consejo de Seguridad Nuclear (en adelante CSN), cargo para el que fue nombrado por el Real Decreto 275/2022, de 12 de abril, en nombre y representación del mismo, con domicilio en la calle Pedro Justo Dorado Dellmans, número 11, de Madrid, y con número de identificación fiscal Q2801036-A, en virtud de las competencias que le son atribuidas por el Real Decreto 1440/2010, de 5 de noviembre (BOE núm. 282, de 22 de noviembre).

De otra parte, doña Yolanda Benito Moreno, Directora General del Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas, O.A., M.P. (en adelante CIEMAT), con CIF número Q-2820002J, domiciliado en Avda. de la Complutense, 40, 28040 Madrid, cargo para el que fue nombrada por el Real Decreto 386/2022, de 17 de mayo (BOE núm. 118, de 18 de mayo), en nombre y representación del mismo, en virtud de las competencias que le son atribuidas por el Real Decreto 1952/2000, de 1 de diciembre (BOE núm. 289, de 2 de diciembre).

Ambos, reconociéndose mutuamente plena facultad para la realización de este acto,

#### EXPONEN

Primero.

Que el CSN y el CIEMAT (en adelante las partes) han venido realizando en el pasado diversas actividades de colaboración en los ámbitos de la seguridad nuclear y de

la protección radiológica, mediante los acuerdos correspondientes, y a plena satisfacción de ambas entidades, produciendo resultados de elevado nivel científico-técnico.

Segundo.

Que el Consejo de Seguridad Nuclear suscribe el presente convenio en el ejercicio de las funciones que le atribuye su Ley de Creación (Ley 15/1980, de 22 de abril) en su artículo 2, entre otras, para emitir informes relativos a la seguridad nuclear, llevar a cabo la inspección y control de las instalaciones nucleares, y establecer y efectuar el seguimiento de planes de investigación en materia de seguridad nuclear y protección radiológica.

Tercero.

Que el CIEMAT tiene competencia para suscribir el presente convenio al establecerlo la Ley 14/2011, de 1 de junio, de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación cuando en su artículo 34 dispone que: «1. Los agentes públicos de financiación o ejecución del Sistema Español de Ciencia, Tecnología e Innovación, incluidas las Administraciones Públicas, las universidades públicas, los organismos públicos de investigación de la Administración General del Estado, los consorcios y fundaciones participadas por las administraciones públicas, los organismos de investigación de otras administraciones públicas, y los centros e instituciones del Sistema Nacional de Salud, podrán suscribir convenios sujetos al derecho administrativo.» Así mismo, tiene entre sus funciones, «la gestión y ejecución de programas de I+D+i, en materia energética, que se acuerden conjuntamente con empresas u otras instituciones públicas o privadas, nacionales o extranjeras», conforme al artículo 3.1.b) y en desarrollo de las actividades encomendadas, «colaborar con organismos públicos y privados, tanto nacionales como internacionales, para la realización de proyectos de investigación y otras actividades de carácter científico y tecnológico» conforme al artículo 3.2.h) de su Estatuto (R.D. 1952/2000, de 1 de diciembre).

Cuarto.

Que ambas partes, en el ámbito de sus responsabilidades y funciones propias, han venido desarrollando iniciativas de diversa índole en relación con la implementación de sistemas de seguridad en instalaciones nucleares, como recombinaidores auto-catalíticos de hidrógeno (H<sub>2</sub>) y/o venteos filtrados de la contención, con avances del conocimiento en todo este campo.

Quinto.

Que ambas partes destacan la colaboración conjunta mantenida previamente en el área de accidentes severos, prestando especial atención en mejorar el conocimiento del comportamiento de las barreras de seguridad (vaina, circuito de refrigeración y contención), el potencial término fuente al medio ambiente, y el efecto de determinadas acciones vinculadas a la gestión de accidentes.

Sexto.

Que ambas partes manifiestan su intención en continuar la colaboración en esta área del conocimiento sobre accidentes severos, por la calidad de los resultados obtenidos y el beneficio obtenido para ambas entidades, con la mejor asimilación de los resultados de proyectos internacionales de I+D+i en este ámbito, con la aplicación del mejor estado del arte a estudios específicos en centrales nucleares españolas, y con la disposición de tecnología y experiencia apropiadas para el análisis de los escenarios de interés.

Séptimo.

Que ambas partes proponen establecer las bases de un nuevo proyecto en el área de accidentes severos, con características específicas que le distinguen de otras propuestas anteriores, si bien supone una continuidad que garantiza el avance en el conocimiento científico-técnico en esta área y un avance en las capacidades necesarias de ambas instituciones.

Conforme a lo anterior, las partes convienen en formalizar el presente convenio con sujeción a las siguientes

#### CLÁUSULAS

Primera. *Objeto y alcance del convenio.*

El objetivo particular de este proyecto es mejorar la capacidad predictiva de simulación de accidentes severos mediante la aplicación de nuevas metodologías, y la optimización de las herramientas analíticas para su posible aplicación final al análisis de accidentes severos en plantas nucleares, con particular énfasis en los escenarios ligados a la actuación de sistemas de seguridad (gestión de accidente).

De acuerdo con este objetivo, este proyecto de I+D+i supone actuaciones en cuatro áreas:

- Riesgo de combustión en el recinto de contención y medidas de mitigación.
- Mitigación de liberaciones tempranas y tardías de radionúclidos al medio ambiente.
- Cuantificación de incertidumbres en análisis de accidentes severos y análisis de sensibilidad asociados.
- Modelización del accidente de Fukushima y asimilación de lecciones aprendidas.

Segunda. *Actividades a desarrollar.*

Los objetivos científico-técnicos principales de este Proyecto de I+D+i son los indicados en la Memoria Técnica (anexo 1) que acompaña a este convenio, con sus distintas fases, y con la participación conjunta de las partes dentro de las cuatro áreas de actuación indicadas.

Tercera. *Obligaciones de las partes.*

Dentro de este convenio se consideran las siguientes obligaciones de cada una de las partes.

Son obligaciones del CIEMAT:

1. Contribuir al desarrollo de las actividades que se describen en la Memoria Técnica que se incluye como anexo 1 de este convenio, relacionadas con los objetivos y alcance descritos en la cláusula primera.
2. Poner a disposición del convenio el personal necesario para garantizar la máxima calidad de los objetivos planteados.
3. Contribuir con los recursos de los que se dispone para el cumplimiento de los objetivos del presente convenio.
4. Poner a disposición de las partes la información, herramientas, metodologías, desarrollos y resultados obtenidos en el marco de este convenio, así como, en general, toda la información que se genere durante la realización de las actividades objeto del mismo.
5. Documentar los trabajos realizados dentro del convenio, para contribuir en la elaboración de los informes técnicos, en la forma que se describe en la Memoria Técnica, así como en la publicación de artículos científicos relacionados.

6. Mantener las condiciones de confidencialidad sobre toda la información obtenida y generada en el curso de las distintas actuaciones.

7. Contribuir a la coordinación técnica para controlar el buen desarrollo conjunto del convenio.

Son obligaciones del CSN:

1. Contribuir al desarrollo de las actividades que se describen en la Memoria Técnica que se incluye como anexo 1 de este convenio, relacionadas con los objetivos y alcance descritos en la cláusula primera.

2. Contribuir a los gastos del convenio en la forma que se describe en la cláusula quinta.

3. Poner a disposición de las partes la información de que disponga y que pueda ser necesaria para alcanzar los objetivos definidos en este convenio.

4. Contribuir a la elaboración de informes técnicos, que documentan los trabajos realizados dentro del convenio y a la publicación de artículos científicos.

5. Mantener las condiciones de confidencialidad sobre toda la información obtenida y generada en el curso de los trabajos, que se describen en la cláusula sexta.

6. Contribuir a la coordinación técnica para controlar el buen desarrollo conjunto del convenio.

*Cuarta. Organización y Comisión de Seguimiento.*

Para la correcta ejecución del convenio, se constituirá una Comisión de Seguimiento compuesta por, al menos, una persona en representación de cada una de las partes, que podrá estar asesorada por otros responsables técnicos. Estos representantes serán nombrados por sus respectivas instituciones, perteneciendo a la Subdirección de Tecnología Nuclear del CSN y a la Unidad de Investigación en Seguridad Nuclear del CIEMAT.

Estos representantes realizarán la coordinación técnica y estarán encargados de controlar el desarrollo del convenio, y de proponer, de mutuo acuerdo en el seno de la Comisión de Seguimiento, las decisiones necesarias para la buena marcha de las actividades contempladas en el mismo. Para ello, podrán asesorarse por los expertos que consideren oportuno.

Cualquier modificación respecto a las personas nombradas para la coordinación de este proyecto será comunicada mediante carta, reflejando los motivos del cambio.

Esta Comisión de Seguimiento será la encargada de resolver de mutuo acuerdo los problemas de interpretación y cumplimiento que puedan plantearse.

En lo no previsto en este convenio, el régimen de organización y funcionamiento de la Comisión de Seguimiento será el previsto para los órganos colegiados en la sección 3.<sup>a</sup> del capítulo II del título preliminar de la Ley 40/2015, de 1 de octubre, de Régimen Jurídico del Sector Público.

*Quinta. Presupuesto económico.*

Los costes asociados a las actividades incluidas en este convenio se detallan en la Memoria Económica que se incluye como anexo 2. Con arreglo a las cantidades que figuran en dicha Memoria, el presupuesto total previsto para el proyecto durante los cuatro años del mismo asciende a 1.344.252,54 euros, con una aportación del 47,3 % por parte del CIEMAT, y del 52,7 % por parte del CSN.

El CIEMAT aporta una cantidad de seiscientos treinta y seis mil quinientos setenta euros con veintisiete céntimos (636.570,27 €), que corresponderá a la aportación en horas de personal investigador, y otros gastos de inversión ligados a la adquisición de equipos informáticos, todo ello con cargo a la aplicación presupuestaria con código 28.103.467H.2.

La contribución total del CSN asciende a un total de setecientos siete mil seiscientos ochenta y dos euros con veintisiete céntimos (707.682,27 €), que corresponde a la

aportación en horas de personal (21.312,00 €), y otra parte, con un máximo de 686.370,27 euros, correspondiente a una contribución económica a lo largo de varios ejercicios presupuestarios, a fin de coadyuvar a la financiación de los gastos derivados del desarrollo del presente convenio para la consecución de los objetivos planteados, con cargo a la aplicación presupuestaria con código 23.302.424M.640.

La contribución de las partes al presente convenio quedará condicionada a la previa existencia de crédito específico y suficiente en cada ejercicio económico, con cumplimiento de los límites establecidos en el artículo 47 de la Ley General Presupuestaria.

#### Sexta. *Confidencialidad.*

Con carácter general, las partes conceden la calificación de información reservada a la obtenida en las actividades desarrolladas en aplicación de este convenio, por lo que asumen de buena fe el tratamiento de restricción de su utilización por sus respectivas organizaciones, salvo su uso para el destino o finalidad acordados o su divulgación, que deberá ser autorizada previamente caso por caso.

La información de propiedad de cualquiera de las partes que pueda ser necesaria para la realización de las actividades desarrolladas en aplicación de este convenio se tratará como reservada, y solamente podrá ser utilizada para las tareas específicamente acordadas.

La información que pertenezca a alguna de las partes y resulte necesaria para la realización de los trabajos de apoyo a tareas de licencia será puesta a disposición por ambas partes durante el desarrollo del convenio, según las necesidades. Esta información se tratará como reservada, y solamente podrá ser utilizada para las tareas específicamente indicadas en el desarrollo de este convenio. En caso de ser requerida por alguna de las partes, dicha información será devuelta a la finalización de los trabajos concretos para los que se haya utilizado.

#### Séptima. *Propiedad de los resultados y publicaciones.*

Los derechos de propiedad industrial e intelectual que recaigan sobre los trabajos o resultados de las actividades que se realicen dentro del alcance de este convenio pertenecerán exclusivamente a las partes, como únicos titulares de los mismos, por lo que ninguna entidad podrá divulgar dichos trabajos o resultados ni realizar explotación alguna de los derechos reconocidos sobre los mismos, incluyendo su cesión a terceros, sin contar con la previa aprobación escrita de la otra parte.

La difusión de los resultados del proyecto, ya sea a través de publicaciones o de presentaciones en talleres, conferencias, o mediante cualquier otro medio, hará referencia a la colaboración entre las partes mencionando expresamente al CSN y al CIEMAT.

Los resultados de las actividades que se realicen dentro del alcance de este convenio pertenecerán exclusivamente a las partes por igual, como únicos titulares de los mismos.

En caso de que los trabajos o resultados del convenio sean objeto de difusión, ya sea oral o escrita, por cualquiera de las partes, esta deberá ser aprobada por ambas partes, e incluirá en todo caso una mención explícita de la contribución conjunta de ambas instituciones. Para la cesión a terceros de los resultados del convenio, se deberá contar con el acuerdo conjunto de ambas entidades.

El contenido de esta cláusula permanecerá en vigor de forma indefinida una vez finalizado el presente convenio.

#### Octava. *Protección de datos de carácter personal.*

En todo cuanto afecte a los datos personales a los que pudieran tener acceso durante el desarrollo de las actividades recogidas en el presente convenio, las partes se

obligan a aplicar lo estipulado en la Ley 3/2018, de 5 de diciembre, de Protección de Datos de Carácter Personal y Garantía de los Derechos Digitales, derivada del Reglamento (UE) 2016/679 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 27 de abril de 2016, relativo a la protección de las personas físicas en lo que respecta al tratamiento de datos personales y a la libre circulación de estos datos y por el que se deroga la Directiva 95/46/CE (Reglamento General de Protección de Datos).

Novena. *Vigencia del convenio.*

De conformidad con el artículo 48.8 de la Ley 40/2015, de 1 de octubre, de Régimen Jurídico del Sector Público, el presente convenio se perfecciona con el consentimiento de las partes y resultará eficaz una vez inscrito, en el plazo de cinco días hábiles desde su formalización, en el Registro Estatal de Órganos e Instrumentos de Cooperación del sector público estatal. Asimismo, será publicado en el plazo de diez días hábiles desde su formalización en el «Boletín Oficial del Estado».

Permanecerá en vigor desde el día de su registro y durante cuatro años. En cualquier momento antes de su finalización, podrá prorrogarse por un plazo máximo de otros cuatro años, todo ello con los límites que establece la Ley 40/2015, de 1 de octubre, de Régimen Jurídico del Sector Público.

Décima. *Modificación.*

El presente convenio podrá ser modificado, a propuesta de cualquiera de las partes, a través de la Comisión de Seguimiento, mediante la suscripción de una adenda al mismo, formalizada antes de la finalización del convenio.

Undécima. *Extinción del convenio.*

El presente convenio se extingue por el cumplimiento de las actuaciones que constituyen su objeto, o por incurrir en alguna causa de resolución.

Son posibles causas de resolución las siguientes:

- El transcurso del plazo de vigencia del convenio sin haberse acordado la prórroga del mismo.
- El acuerdo unánime de los firmantes.
- El incumplimiento de las obligaciones y compromisos asumidos por parte de alguno de los firmantes.

En este caso, cualquiera de las partes podrá notificar a la parte incumplidora un requerimiento para que cumpla en un determinado plazo con las obligaciones o compromisos que se consideran incumplidos. Este requerimiento será comunicado a los responsables técnicos de la Comisión de Seguimiento, como mecanismo de seguimiento, vigilancia y control de la ejecución del convenio.

Si trascurrido el plazo indicado en el requerimiento persistiera el incumplimiento a juicio de la Comisión de Seguimiento, la parte que lo dirigió notificará a las partes firmantes la concurrencia de la causa de resolución y se entenderá resuelto el convenio. La resolución del convenio por esta causa podrá conllevar la indemnización por la parte incumplidora de los perjuicios causados a la parte que haya instado la resolución.

- Por fuerza mayor o imposibilidad sobrevenida de cumplir el objeto propuesto.
- Por decisión judicial declaratoria de la nulidad del convenio.
- Por cualquier otra causa distinta de las anteriores previstas en este convenio o en otras leyes.

La denuncia del convenio se comunicará a través de la Comisión de Seguimiento, con tres meses de antelación a la fecha en la que desee la terminación del mismo.

En caso de resolución del convenio, las partes quedan obligadas al cumplimiento de sus respectivos compromisos hasta la fecha en que ésta se produzca, y dará lugar a la

liquidación del mismo con el objeto de determinar las obligaciones y compromisos de cada una de las partes en los términos establecidos en el artículo 52 de la Ley 40/2015.

Duodécima. *Régimen jurídico y jurisdicción/resolución de conflictos.*

El presente convenio tiene naturaleza administrativa y será regulado por lo dispuesto en los artículos 47 a 53 de la Ley 40/2015, de 1 de octubre, de Régimen Jurídico del Sector Público.

El presente convenio está sujeto al derecho administrativo. La interpretación del convenio se realizará bajo el principio de buena fe y confianza legítima entre las partes. Las cuestiones litigiosas a las que pueda dar lugar la interpretación, modificación, efectos o resolución del contenido del presente convenio se resolverán de mutuo acuerdo entre las partes, mediante diálogo y negociación en el seno de la Comisión de Seguimiento establecida en la cláusula cuarta. Si no fuera posible alcanzar un acuerdo, serán sometidas a la jurisdicción contencioso-administrativa.

Y en prueba de conformidad con lo expresado y de vinculación con el presente convenio, lo firman por duplicado y se comprometen a ejecutarlo, en Madrid a 15 de diciembre de 2022.—Por el Consejo de Seguridad Nuclear, el Presidente, Juan Carlos Lentijo Lentijo.—Por el Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas, O.A., M.P., la Directora General, Yolanda Benito Moreno.

## ANEXO 1

### Memoria técnica

*Convenio entre el Consejo de Seguridad Nuclear y el Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas O.A., M.P. en el área de los accidentes severos para el proyecto de I+D+i «Aplicación a planta de la investigación en accidentes severos» (APIAS).*

#### 1. Antecedentes

Con fecha 12 de febrero de 2014 el CSN y el CIEMAT suscribieron un Acuerdo Específico de Colaboración en el área de los accidentes severos (ACAS), concluyendo los trabajos de I+D+i en 2017.

Los resultados de este proyecto de I+D+i se han publicado en diversos congresos y revistas de prestigio, sirviendo como referencias técnicas para el avance en todo este ámbito del conocimiento. Se mencionan los más relevantes en el apartado posterior de referencias.

También se referencian los documentos que se editaron y que compilan los principales resultados, con particular énfasis en aquéllos más próximos al ámbito de actuación del CSN en apoyo a diversas tareas de evaluación de solicitudes y propuestas de los titulares. Ejemplos son los informes dirigidos a la investigación del accidente de Fukushima y a la implantación de sistemas de seguridad, tales como recombinadores auto-catalíticos de hidrógeno (H<sub>2</sub>) y/o venteos filtrados de la contención.

#### 2. Contexto y objetivos

El objetivo general de las colaboraciones específicas mantenidas previamente entre el CSN y el CIEMAT en el área de accidentes severos ha sido mejorar el conocimiento sobre los mismos, prestando especial atención al comportamiento de las barreras de seguridad (vaina, circuito de refrigeración y contención), al potencial término fuente al medio ambiente, y al efecto de determinadas acciones vinculadas a la gestión de accidentes. El accidente de Fukushima-Daiichi ha supuesto un elemento central en este objetivo general desde que ocurrió el 11 de marzo de 2011.

En términos generales, los frutos más destacables de los acuerdos suscritos entre el CSN y el CIEMAT en el campo de los accidentes severos han sido: la mejor asimilación de los resultados de proyectos internacionales de I+D+i de accidentes severos; la aplicación del mejor estado del arte a estudios específicos sobre centrales españolas; la disposición de tecnología y experiencia apropiadas para el análisis de los escenarios de interés; y la investigación detallada del accidente de Fukushima, particularmente en su Unidad 1.

Habida cuenta de la calidad de los resultados obtenidos y del beneficio que esas previas colaboraciones han tenido para ambas entidades, la presente propuesta establece las bases de un nuevo convenio en el área de accidentes severos, con características específicas que le distinguen de los anteriores, si bien supone una continuidad que garantiza el mantenimiento y la extensión de las capacidades previamente adquiridas.

El objetivo del proyecto APIAS es mejorar la capacidad predictiva de simulación de accidentes severos mediante la aplicación de nuevas metodologías y la optimización de las herramientas analíticas para su aplicación final al análisis de accidentes severos en centrales nucleares españolas, con particular énfasis sobre los escenarios ligados a la actuación de sistemas de seguridad (gestión de accidentes). Asimismo, el proyecto prestará especial atención a dos aspectos: (1) la asimilación de las lecciones aprendidas sobre el accidente de Fukushima en relación a la gestión del accidente a corto, medio y largo plazo; y (2) el mantenimiento de infraestructuras únicas para el estudio de procesos clave en el desarrollo de accidentes severos.

De acuerdo con este objetivo, APIAS supondrá cuatro áreas de actuación:

- Riesgo de combustión en el recinto de contención y medidas de mitigación.
- Mitigación de liberaciones tempranas y tardías de radionúclidos al medio ambiente.
- Cuantificación de incertidumbres en análisis de accidentes severos y análisis de sensibilidad asociados.
- Modelización del accidente de Fukushima y asimilación de lecciones aprendidas.

La consecución del citado fin en cada una de estas áreas supondrá la asimilación de los resultados de proyectos de investigación finalizados y en ejecución. Asimismo, la participación en actividades internacionales relacionadas, y particularmente en ejercicios comparativos de cálculo, permitirá, tanto el acceso a información actualizada, como la ponderación del avance predictivo logrado con las capacidades analíticas en desarrollo. Finalmente, se debe subrayar que dentro del convenio las capacidades adquiridas así mismo permitirán dar soporte técnico al CSN en el área objeto del proyecto, así como en posibles actividades de formación que pudieran derivarse.

Anualmente se llevará a cabo una evaluación del progreso alcanzado y una consolidación formal del plan de trabajo correspondiente al siguiente período. Éste se basará en los logros conseguidos en cada área, así como en las actividades internacionales asociadas, tanto en proyectos como en grupos de expertos (CSNI/WGAMA). Adicionalmente, podrán promoverse reuniones técnicas semestrales para la presentación y discusión de resultados.

### 3. Alcance de las actividades

El alcance del convenio tendrá como actuaciones las siguientes:

- Participación y seguimiento de programas internacionales de investigación en accidentes severos. El proyecto permitiría la participación activa en estos programas, enfocados a la actualización y al avance en el conocimiento en los temas que deberán resolverse en el corto plazo, con importantes aspectos reguladores. Entre otros merecen mencionarse los proyectos de la OECD/NEA denominados por sus acrónimos FACE, THEMIS, ESTER e HYMERES. Asimismo, el convenio se beneficiará del trabajo que el CIEMAT realice en proyectos enmarcados en el entorno europeo (Programa de



EURATOM y SNETP/NUGENIA), como es el caso e EC/MUSA, EC/AMHYCO y NUGENIA/IPRESCA.

– Evaluación de accidentes severos en centrales nucleares españolas. En este caso, las actuaciones estarán principalmente referidas a las áreas citadas en la anterior sección. A saber:

- Metodologías BEPU para el análisis de accidentes severos.
- Estimación y mitigación del riesgo de combustión en contención.
- Estudios relacionados con el Término Fuente.

– Apoyo en tareas de evaluación relacionadas con solicitudes de análisis de accidentes.

– Cursos específicos de formación y entrenamiento relacionados con estos temas que eventualmente se puedan juzgar necesarios.

#### 4. Actividades propuestas

Las actividades a realizar en cada uno de las actuaciones objeto del proyecto serán efectuadas en fases genéricas de acuerdo a la siguiente secuencia:

– Fase inicial. La primera fase de APIAS estaría dedicada a la realización de cálculos de referencia en el proyecto. La matriz de cálculos se establecería para cada área del proyecto mediante discusión técnica entre CSN y CIEMAT al inicio del proyecto. Los modelos de planta a utilizar serán, por defecto, los actualmente desarrollados por CIEMAT para centrales nucleares (CC.NN.) españolas con la última versión del código MELCOR disponible (MELCOR 2.2). No obstante, si como parte del proyecto se considerara de interés construir o mejorar modelos actualizados de alguna planta española distinta de los modelos disponibles, se incluirá el desarrollo de tal modelo dentro de esta primera fase. Los modelos de planta por defecto serían: PWR-W de 3 lazos con contención pretensada y BWR/3 con contención Mark I. Asimismo, la metodología de análisis de incertidumbres estará basada en DAKOTA y programas PYTHON desarrollados por CIEMAT.

– Fase de optimización (desarrollo, mejora y validación). La participación en proyectos y/o actividades internacionales relacionados con las áreas objeto del proyecto, permitirán la consecución de mejoras metodológicas, bien sea en la propia(s) herramienta(s) utilizada(s) o en la aproximación analítica adoptada. En cualquier caso, serán el resultado de desarrollos, mejoras y/o validaciones propias, o resultantes en «modo abierto» de los contextos en los que se establece colaboraciones en el dominio de los accidentes severos. Como se citará más adelante, algunos de ellos son: THEMIS, HYMERES y AMHYCO, en el área de los gases combustibles; MUSA y IAEA/CRP en el área de las incertidumbres; THEMIS, ESTER, IPRESCA y otros en el área de término fuente. Adicionalmente, algunos de los desarrollos pueden proceder de iniciativas propias del CIEMAT que, enmarcadas en proyectos internacionales, supongan el mantenimiento de infraestructuras únicas en el país.

– Fase de resolución. Tras finalizar la segunda fase arriba descrita (optimización), los escenarios analizados en la fase inicial del proyecto serán reevaluados y los resultados comparados cualitativa y cuantitativamente con aquéllos obtenidos en la primera fase. Adicionalmente a la optimización de las herramientas y metodologías que se logre en la fase de optimización, la reevaluación de escenarios supondrá también la incorporación a la misma de cualquier conocimiento y/o actualización derivados de los proyectos internacionales en curso en los que se halle participando y sean pertinentes a cualquiera de las áreas abordadas en APIAS. En este sentido, proyectos como FACE, THEMIS, ESTER, IPRESCA, AMHYCO y/o MUSA podrían tener singular relevancia.

#### 4.1 Riesgo de combustión en contención y medidas de mitigación (H<sub>2</sub>&CO).

La gestión del accidente severo, en especial de los gases combustibles (H<sub>2</sub> + CO), ha sido considerada un elemento clave en la aproximación de Defensa en Profundidad adoptada en la seguridad de CC. NN. Tras el accidente de Fukushima la instalación de recombinadores autocatalíticos pasivos (PARs) ha sido muy generalizada en el mundo y, en particular, en España. Su presencia durante un accidente severo supone la reducción de la concentración de gases combustibles en contención de modo pasivo. Sin embargo, su eficiencia podría reducirse en la fase tardía del accidente (una vez perdida la integridad de la vasija), debido a la presencia de monóxido de carbono (CO) y productos de fisión, entre otros factores. Varios proyectos internacionales están actualmente estudiando tal degradación, particularmente EC/AMHYCO.

Los análisis de accidente severos realizados mediante simulaciones con MELCOR dentro del proyecto CSN-ACAS permitieron cuantificar el efecto de los PARs en la evolución del escenario en la contención, con particular atención a la presión y a la distribución de gases. Desde entonces, proyectos internacionales como SAMHYCO-NET (NUGENIA/TA2), OECD/THAI, OECD/THEMIS y EC/AMHYCO han proporcionado novedades al respecto, tanto analíticas como experimentales.

##### 4.1.1 Objetivos.

- Optimizar la simulación de la evolución térmica de la contención (con particular énfasis en la concentración de gases combustibles) en CC.NN. españolas con códigos de parámetros agrupados (MELCOR 2.2) mediante la incorporación de modelos apropiados para las condiciones esperadas en la fase *ex-vessel* del accidente.
- Analizar la interacción de la actuación de los PARs y otros sistemas de seguridad, como rociadores, ventiladores-refrigeradores y sistemas de venteo filtrado de contención, a lo largo de las secuencias de accidentes severos.
- Proponer alternativas de gestión de accidentes a la luz de los resultados alcanzados.

Los análisis referentes a la gestión de accidentes se realizarán con el código MELCOR y la central de referencia será un PWR Westinghouse genérico de 3 lazos. Se contemplarán tanto las fases *in-vessel* y *ex-vessel*.

##### 4.1.2 Descripción.

De acuerdo con las fases presentadas al inicio del capítulo 4, las actividades discurrirán como sigue:

- Fase inicial (4.1.2.1). En el primer año del proyecto se realizarán cálculos base de secuencias con potencial de deflagración significativo (i.e., gran parte del tiempo en la zona de deflagración del diagrama de Shapiro). Durante esta fase se identificarán los compartimentos y las ventanas temporales en los que es mayor el riesgo asociado a los gases combustibles. Para ello se empleará el modelo actual de planta de un PWR genérico de 3 lazos y las expresiones ingenieriles clásicas para el riesgo de combustión. Debe subrayarse que se analizarán las interacciones de diferentes sistemas de seguridad en contención (rociadores, ventiladores-refrigeradores y venteos) con los sistemas de mitigación (PARs) y con la generación de gases en distintos periodos del accidente.

- Fase de optimización (4.1.2.2). Los modelos utilizados en las simulaciones de la fase inicial (i.e., fenómenos, planta y escenarios) serán mejorados mediante los resultados que se estén logrando en los proyectos relacionados con el área, principalmente AMHYCO y THEMIS. Del proyecto AMHYCO se obtendrán las condiciones para mejorar el modelo de funcionamiento de los PARs en las condiciones esperadas y la nodalización de la contención (PWR-Westinghouse genérica de 3 lazos). Asimismo, los resultados experimentales del proyecto serán considerados en las mejoras a incluir. El proyecto HYMERES *Follow-up*, podría ser, igualmente, origen de optimizaciones en los modelos utilizados. Durante esta fase, se

documentaría apropiadamente todas las actividades, de tal modo que se tendría cumplida información de la información utilizada para los desarrollos a que se dieran lugar.

– Fase de resolución (4.1.2.3). En la última fase del proyecto se repetirán los cálculos base con los modelos mejorados conseguidos en la etapa anterior y se confirmarán o desmentirán los resultados allí obtenidos en términos de gestión de accidentes optimizada.

#### 4.1.3 Datos, códigos, modelos y análisis.

La principal herramienta analítica a utilizar en esta actividad será MELCOR 2.2. De forma puntual y para estudios específicos, podrían utilizarse herramientas de termo-fluidodinámica computacional en 3D, siempre como instrumento para una mejor comprensión que permita la utilización óptima de los códigos de parámetros agrupados. Ocasionalmente, podría utilizarse también el código ASTEC.

En cuanto a las bases de datos de las que se hará uso, caben citar: THEMIS (extendido a algunos experimentos de la serie THAI), AMHYCO y, probablemente, HYMERES-*Followup*.

#### 4.1.4 Productos.

Los productos de esta actividad serán de dos tipos:

- Informes técnicos.
- Bases de datos.

El primero consistirá en la compilación de los fundamentos y resultados de la fase inicial y la fase de resolución. Tras la fase inicial, se realizará un borrador preliminar con los resultados de la misma. Además, durante la fase de optimización se entregarán notas técnicas que permitan describir el progreso de tal fase y que, finalmente, se integrarán en el informe técnico de la actividad. En todo caso, estos informes tendrán naturaleza tecno-científica, quedando aspectos administrativos fuera de su alcance. De modo complementario, se tendrá acceso a todos los informes de los proyectos internacionales citados anteriormente, así como a los de los proyectos, siempre que no sean confidenciales.

Las bases de datos consistirán en los modelos de MELCOR 2.2 desarrollados tanto para la fase inicial como para la de resolución.

#### 4.2 Término Fuente: *pool scrubbing* y liberaciones tardías.

El fin último de la gestión de los accidentes severos es evitar o reducir tanto cuanto sea posible una potencial emisión al medioambiente de la radioactividad producida en el reactor a lo largo de su operación (i.e., Término Fuente). Huelga, por tanto, insistir en la importancia de conocer los mecanismos de liberación y transporte de los productos de fisión en caso de accidente severo y, más aún, de caracterizar la actuación de determinadas salvaguardias para lograr una mitigación del Término Fuente efectiva. Desde el accidente de Fukushima, gran parte de la investigación (i.e. EC/PASSAM; OECD/THAI; NUGENIA/IPRESCA) ha estado dirigida a este fin. Particular atención se ha otorgado a la filtración de partículas y vapores de productos de fisión en volúmenes acuosos, como piscinas de supresión en el caso del diseño BWR (*Boiling Water Reactor*) de reactores, y a la liberación tardía de radioactividad al medioambiente, que podría resultar de la implementación de algunas medidas de gestión del propio accidente.

El CIEMAT ha investigado el Término Fuente en sus múltiples aspectos y mediante aproximaciones diversas a lo largo de décadas. Áreas tales como el comportamiento de aerosoles en la contención, la retención de partículas en el lado secundario de un generador de vapor en caso de secuencias SGTR (*Steam Generator Tube Ruptures*), o la química del yodo en contención, se hallan profusamente representadas en la lista de publicaciones de su equipo investigador. Las aproximaciones adoptadas para tal investigación han sido diversas: desde el desarrollo de modelos fenomenológicos a la

experimentación, pasando por la validación de módulos y herramientas, y la interpretación de experimentos a pequeña y gran escala. Valga citar algunos de los proyectos que fueron marco de estas actividades en las dos décadas pasadas, como PHEBUS-FP, ARTIST y EC/PASSAM, y algunos de los proyectos actuales que habilitan el mantenimiento y crecimiento de tales capacidades, como NUGENIA/IPRESCA, OECD/THEMIS y OECD/ESTER.

#### 4.2.1 Objetivos.

- Realizar experimentación sobre la retención de partículas en volúmenes acuosos (*pool scrubbing*) que sea complementaria a la llevada a cabo por otros laboratorios en el marco NUGENIA/IPRESCA, y aporte datos indispensables a la matriz de validación en el área, propuesta recientemente por el CIEMAT.
- Validar el módulo de MELCOR para la modelización del *pool scrubbing* contra la matriz de validación referida anteriormente y apropiadamente extendida.
- Desarrollar una aproximación integral para el tratamiento de la retención de partículas en volúmenes acuosos en los distintos escenarios en los que juega un papel determinante en el Término Fuente.
- Participar en el desarrollo y validación de modelos para la consideración de liberaciones tardías de productos de fisión y evaluar su importancia en la gestión a largo plazo de accidentes severos.

Los anteriores objetivos se enmarcarían en las actividades a realizar en los proyectos NUGENIA/IPRESCA y OECD/THEMIS y OECD/ESTER. Es importante destacar que los experimentos se llevarían a cabo en las instalaciones LASS (Laboratorio de Análisis de Sistemas de Seguridad) del propio CIEMAT. Más allá de los resultados tecno-científicos que se obtengan, la experimentación propuesta estaría contribuyendo al mantenimiento de una infraestructura multi-propósito única en el país.

#### 4.2.2 Descripción.

De acuerdo con las fases presentadas al inicio del capítulo 4, las actividades discurrirán como sigue:

- Fase inicial (4.2.2.1). En el primer año del proyecto se llevarán a cabo cálculos de planta en los que el Término Fuente sea el objetivo, y donde procesos como la retención de productos de fisión en piscinas y las liberaciones tardías puedan jugar un papel determinante. A pesar de que el código de referencia en el proyecto global sea MELCOR, en este caso, y habida cuenta de la situación ventajosa de ASTEC frente a MELCOR en lo que a Término Fuente se refiere, podría optarse por utilizar ASTEC como código de referencia para esta tarea. Asimismo, basada en los trabajos previos, se establecerá una matriz de experimentación que permitiría añadir información clave a la actual matriz de validación de *pool scrubbing*, con vocación de ser complementaria a la realizada por Becker Technologies en la instalación THAI (efecto de escala) dentro del proyecto OECD/THEMIS. Además, se llevaría a cabo la validación del módulo de MELCOR para *pool scrubbing*, incluyendo las incertidumbres de las predicciones en tal validación; este trabajo podría realizarse desde la versión *stand-alone* de dicho módulo (SPARC-90). En lo relativo a OECD/ESTER, se llevará a cabo una evaluación crítica de las áreas y resultados obtenidos hasta ahora en el proyecto.
- Fase de optimización (4.2.2.2). Desde la validación inicial de MELCOR y las actividades llevadas a cabo en la fase de optimización, se propondrá una aproximación integral de la simulación de la retención de productos de fisión en piscinas como vía alternativa a la existente. A diferencia de la tradicional, la alternativa se basará en una formulación semi-empírica sencilla que incorpore las variables determinantes del proceso y sea consistente con la base de datos en cuestión. La nueva formulación será testada en el marco de los proyectos OECD/THEMIS y NUGENIA/IPRESCA, y sus estimaciones serán comparadas con las procedentes de la aproximación clásica. El CIEMAT llevará a cabo los

experimentos de retención de partículas identificados en la matriz de ensayos durante la fase inicial del proyecto (se estima un número de ensayos aproximado entre 6 y 12).

A través de las actividades analíticas del proyecto ESTER y otros ensayos complementarios, se efectuará el seguimiento y participación en el desarrollo de modelos en tres áreas específicas: producción de OrgI (yodos orgánicos) en contención, removilización desde superficies del circuito primario y la formación de pequeñas partículas en forma de óxidos de yodo suspendidos ( $I_xO_y$ ). Como resultado de la fase de optimización, se incorporarán modelos nuevos en las áreas de retención en piscinas y removilización de depósitos en el código de sistema a utilizar en la fase de resolución.

– Fase de resolución (4.2.2.3). Los modelos desarrollados y validados en la fase de optimización serán implementados en el código de sistema a utilizar en la fase de resolución y se efectuarán cálculos para los escenarios evaluados en la fase inicial del proyecto que permitan ponderar el impacto en el Término Fuente de las mejoras introducidas en las áreas de modelización desarrolladas en las fases anteriores.

#### 4.2.3 Datos, códigos, modelos y análisis.

En esta línea de actividad, se observan dos diferencias fundamentales con respecto a las demás: la experimentación como aproximación a la investigación en *pool scrubbing*, y el potencial uso de ASTEC v2.2 como código de sistema alternativo a MELCOR 2.2. Esta última será materia de decisión al inicio del proyecto, basada en el estado de los códigos, en los intereses de CSN y del CIEMAT para incluir modelos propios en una y otra herramienta. Se prevé el desarrollo de modelos propios, particularmente en el área de *pool scrubbing*.

Los datos a utilizar procederán de proyectos OECD/NEA, como THEMIS y ESTER, así como de NUGENIA/IPRESA. En el caso específico de *pool scrubbing*, se utilizarán también los datos que, en el marco del último proyecto citado, se ha compilado durante los dos últimos años.

#### 4.2.4 Productos.

Los productos de esta actividad serán de dos tipos:

- Informes técnicos.
- Bases de datos.

El primero consistirá en la documentación de cada una de las fases descritas en la actividad, con particular atención sobre el efecto que los nuevos modelos podrían tener en la modelización de los escenarios. Los modelos resultantes de la fase de optimización serán descritos y discutidos en detalle. Todos ellos serán recogidos en notas técnicas a lo largo del proyecto, para la correspondiente monitorización del avance del mismo en esta línea. Tanto el informe como las notas tendrán naturaleza tecno-científica exclusivamente. De modo complementario, se tendrá acceso a todos los informes de los proyectos internacionales citados anteriormente, así como a los de otros proyectos siempre que no sean confidenciales.

Las bases de datos consistirán, tanto en los modelos del código de sistema a utilizar en esta actividad, como las medidas experimentales realizadas por el CIEMAT e incluso las conseguidas en trabajos previos a APIAS en el área de *pool scrubbing*. Ha de subrayarse que el resultado de la actividad WGAMA denominada BCAPFIS, sobre condiciones de contorno de *pool scrubbing* en secuencias relevantes para el Término Fuente, se tendrá en cuenta en todo momento durante la ejecución de la presente línea de actividad y será integrada en la correspondiente base de datos.

#### 4.3 Aproximación BEPU (*Best Estimate Plus Uncertainties*) en accidentes severos.

La estrecha relación entre la seguridad de CC. NN. y los accidentes severos es indicativa de la importancia de la precisión de las herramientas analíticas que se usan

para su simulación. Valga recordar que las medidas pautadas para la gestión de estos accidentes se hallan en gran medida basadas y/o refrendadas mediante simulaciones que ponderan los efectos de las medidas preventivas y/o mitigadoras adoptadas durante la evolución de tales escenarios. Entre los códigos más utilizados en este marco están MELCOR, ASTEC, MAAP o AC<sup>2</sup>.

En los últimos años, la madurez lograda por los códigos de accidente severo (completitud de modelos; robustez y eficiencia numérica), han permitido abordar una nueva etapa en el análisis de accidentes severos: la aplicación de la metodología BEPU (*Best Estimates Plus Uncertainties*). Esta nueva aproximación, más consolidada en otros campos de la tecnología y seguridad nuclear, como la termo-hidráulica, permitirá conocer la precisión de las simulaciones de escenarios severos mediante el acoplamiento de los códigos de cálculo con herramientas de análisis de incertidumbre. Sin embargo, este nuevo enfoque no está exento de dificultades que exigen la realización de I+D+i para adecuar la metodología a las características intrínsecas de los accidentes severos. Asuntos fundamentales en las simulaciones, como los tiempos de fallo de las barreras de protección definidas en el concepto de Defensa en Profundidad, o el propio Término Fuente al medioambiente, podrían verse sustancialmente afectados por esta nueva aproximación.

El CIEMAT y el CSN han trabajado en el análisis de accidentes severos durante décadas y a lo largo de ellas ha establecido diversos acuerdos conjuntamente en este ámbito. Valga citar como ejemplos de estas colaboraciones la participación conjunta en proyectos OECD/NEA como BSAF, BSAF2 y ARC-F. El CIEMAT es, asimismo, coordinador del primer proyecto internacional en el marco del Programa de EURATOM dirigido a la implantación sistemática del análisis de incertidumbres en las simulaciones de accidentes severo (*Management and Uncertainties in Severe Accidents*, EC-MUSA). Con un éxito tangible de participación (28 países de todo el mundo), MUSA se encuentra en su tercer año de desarrollo.

#### 4.3.1 Objetivos.

– Proponer una metodología para la realización de los análisis de cuantificación de incertidumbres y su sensibilidad, ponderando ventajas e inconvenientes de las alternativas existentes y necesidades de desarrollo.

– Aplicar la metodología BEPU al análisis de accidentes severos en CC.NN. españolas mediante el uso de MELCOR 2.2 y DAKOTA 6.12, con particular énfasis en el Término Fuente para establecer las Figuras de Mérito (FOMs).

– Analizar el efecto de la consideración de incertidumbres en las posibles medidas de gestión de un accidente severo y postular alternativas que pudieran derivarse.

La instalación escogida para llevar a cabo estos análisis será un PWR-W genérico de 3 lazos, de la que el CIEMAT tiene un modelo completo y actualizado en MELCOR 2.2. Las secuencias accidentales objeto de estudio serán acordadas con el CSN. Las FOMs serán seleccionadas en el ámbito del Término Fuente.

#### 4.3.2 Descripción.

De acuerdo con las fases presentadas al inicio del capítulo 4, las actividades discurrirán como sigue:

– Fase inicial. En el primer año del proyecto, y basados en la metodología derivada de la participación en MUSA, se realizarán cálculos base para un número definido de secuencias, con algunas posibles variaciones según la actuación de distintas salvaguardias. Ello supondrá la selección de las secuencias basadas en los Análisis Probabilistas de Seguridad (APS) correspondientes, la realización de las mejores estimaciones (BE) para los escenarios elegidos, la identificación de fenómenos clave en el desarrollo y las consecuencias del accidente, y la propagación de incertidumbres en los escenarios escogidos.

– Fase de optimización. La metodología adoptada será revisada en diversos aspectos, comenzando por la base de datos de las incertidumbres en los datos de entrada, el óptimo acoplamiento entre MELCOR y DAKOTA (mediante el desarrollo y/o modificación de *scripts* en PYTHON), y la selección de las técnicas de regresión empleadas en los análisis de sensibilidad. Esta revisión se basará tanto en el estado del arte de cada uno de los aspectos (i.e. lecciones aprendidas en EC-MUSA y IAEA/CRP-I3103), como en las lecciones aprendidas de los análisis de la fase inicial. Asuntos de singular interés serán la gestión de los casos fallados, el tamaño del conjunto inicial de incertidumbres a propagar y la interpretación de posibles casos atípicos y/o bifurcaciones.

– Fase de resolución. Una vez adoptadas y testadas algunas de las variaciones propuestas en la fase de optimización, se reevaluarán los análisis BEPU llevados a cabo en la fase inicial. Particular atención será la otorgada al efecto que de tales cambios pudieran derivarse en las medidas relacionadas con la gestión de los accidentes.

#### 4.3.3 Datos, códigos, modelos y análisis.

Tal cual se ha manifestado anteriormente, las herramientas analíticas que orquestrarán la propagación de las incertidumbres serán MELCOR 2.2, DAKOTA 2.16 y una programación propia generada durante el proyecto. Asimismo, la revisión de la base de datos sobre incertidumbres en los parámetros de entrada (valores máximo y mínimo, valores medios y función de distribución de probabilidad) exigirá la compilación y revisión cuidadosa de la literatura existente. Los datos extraídos se incorporarán a una base de datos electrónica.

#### 4.3.4 Productos.

Los productos de esta actividad serán de dos tipos:

- Informes técnicos.
- Bases de datos.

El primero consistirá en la documentación de cada una de las fases descritas en la actividad, con particular atención sobre el efecto de la propagación de incertidumbres en las medidas de gestión del accidente. Los cambios en la metodología resultantes de la fase de optimización serán integrados y discutidos en detalle. Todos ellos serán recogidos en notas técnicas a lo largo del proyecto, que serán liberadas progresivamente. Al igual que en la anterior actividad, los informes y notas tendrán naturaleza tecno-científica exclusivamente. De modo complementario, se tendrá acceso a todos los informes de los proyectos internacionales citados anteriormente, así como a los de otros proyectos siempre que no sean confidenciales.

Las bases de datos consistirán tanto en los modelos de MELCOR 2.2 (ficheros ASCII) como en la caracterización de las incertidumbres iniciales (ficheros Excel).

#### 4.4 Accidentes de Fukushima: escenarios y gestión.

Los accidentes acontecidos el día 11 de marzo de 2011 en el emplazamiento de Fukushima-Daiichi han absorbido gran parte de la actividad investigadora internacional desde entonces. A pesar de que la importancia inicial otorgada a la comprensión detallada de la evolución de cada uno de los escenarios se ha modulado con respecto a los instantes iniciales, persiste la intención de lograr el máximo beneficio de lo acontecido. De hecho, continúa el interés por hallar explicaciones consistentes de las observaciones realizadas en línea y/o a posteriori (algunas ya llevadas a cabo y otras planificadas), con el objeto de ponderar las aproximaciones adoptadas en los códigos de sistema utilizados en el análisis de accidentes severos y, no menos importante, extraer enseñanzas desde la perspectiva de la gestión de los accidentes. Fuera del alcance de este acuerdo, se están empleando enormes recursos en la investigación necesaria para llevar a cabo la clausura y el desmantelamiento de la instalación del modo más seguro y eficiente posible.

El CIEMAT, a través de un convenio suscrito con CSN, participó en los proyectos OECD/BSAF y BSAF2. En el primero se dirigió la atención hacia la identificación de escenarios plausibles coherentes con los datos existentes en el momento. En el segundo, se extendió el dominio temporal de análisis a 21 días, se incluyó el edificio del reactor y se consideraron la liberación y el transporte de los productos de fisión. Fruto de la labor realizada en estos marcos se produjeron algunas de las referencias incluidas al final de esta memoria técnica. Tras estos proyectos, surgió OECD/ARC-F, donde se investigaron algunos de los fenómenos más controvertidos, de acuerdo con los resultados de los anteriores: la producción de H<sub>2</sub> y las explosiones en el edificio del reactor, el comportamiento en cavidad del *corium*, y el transporte de productos de fisión en cada una de las unidades. Asimismo, permaneció el interés por encontrar escenarios consistentes con las observaciones existentes en el momento. El CIEMAT y el CSN contribuyeron al proyecto internacional, si bien no existió un marco nacional de desarrollo.

La actividad descrita a continuación articularía la participación conjunta del CSN y el CIEMAT en el marco del proyecto OECD/FACE, continuación natural de los anteriores.

#### 4.4.1 Objetivos.

– Elaborar una propuesta de escenario accidental en la Unidad 1 de Fukushima Daiichi, consistente con la información disponible, mediante la realización de análisis forenses. Este fin se mantiene respecto a OECD/BSAF, BSAF-2 y ARC-F.

– Contribuir a explicar aquellas áreas fenomenológicas destacadas en FACE (i.e., productos de fisión; comportamiento fuera de vasija del *corium*; y explosiones en el edificio del reactor), que son susceptibles de ser investigadas.

La Unidad protagonista de esta actividad será la número 1 y el código utilizado será el código MELCOR 2.2. La reformulación de partes del modelo de planta y escenario es altamente probable, a la luz de la información que vaya liberándose a lo largo de todo el proyecto.

#### 4.4.2 Descripción.

De acuerdo con las fases presentadas al inicio del capítulo 4, las actividades discurrirán como sigue:

– Fase inicial. En el primer año del proyecto, basado en el escenario propuesto, y defendido por CIEMAT en ARC-F, se realizarán una «simulación-base» con MELCOR 2.2 que servirá de referencia para ulteriores desarrollos, y contendrá los mismos elementos que en anteriores simulaciones: edificio del reactor; 21 días de simulación; y liberación y transporte de productos de fisión.

– Fase de optimización. De acuerdo con las líneas de trabajo citadas en OECD/FACE se investigarán aspectos como los caminos de fuga entre contención y medio ambiente o la formación de compuestos volátiles en contención. En cuanto al H<sub>2</sub> se calculará la cantidad de gases combustibles en la Unidad 1 y se hará un seguimiento de las investigaciones en otras unidades. En lo relativo al comportamiento del *corium* fuera de la vasija, se llevarán a cabo estudios de incertidumbres y sensibilidad que permitan una mejor comprensión de las observaciones. Y, finalmente, se dirigirá la atención a partículas en dos vertientes: su composición y su re-suspensión.

– Fase de resolución. Tras las mejoras que la fase de optimización produzca tanto en la delineación del accidente en la Unidad 1, como en las hipótesis adoptadas por CIEMAT, se llevarán a cabo los mismos cálculos en la fase inicial y se analizarán las diferencias más significativas encontradas. Particular atención se otorgará a las incertidumbres asociadas a las acciones tomadas por los operadores durante la gestión del accidente.



#### 4.4.3 Datos, códigos, modelos y análisis.

El código de sistema a utilizar es MELCOR 2.2. En caso de propagarse las incertidumbres, en algunos estudios se realizará mediante DAKOTA 2.16.

Además de todos los datos liberados durante proyectos anteriores, se espera que, durante la ejecución del proyecto internacional FACE, se consiga más información del emplazamiento, que sería integrada con el resto para perfilar aún más la evolución accidental.

#### 4.4.4 Productos.

Los productos de esta actividad serán de dos tipos:

- Informe técnico.
- Bases de datos.

Se contempla un solo informe técnico de la actividad cuyo principal objetivo sea glosar las lecciones aprendidas sobre: el accidente en la Unidad 1 de Fukushima Daiichi, las acciones de gestión, el término fuente final estimado en la fase de resolución del proyecto, y la estrategia de simulación con MELCOR. Además, todos los progresos en las áreas citadas se documentarán en forma de notas técnicas a lo largo del proyecto y se integrarán en la versión final del informe.

Las bases de datos referidas formarán parte del proyecto OECD/FACE y se tendrá acceso a ellas de acuerdo con los instrumentos que la NEA ofrezca.

#### 4.5 Tareas de apoyo a evaluación y/o formación.

Estas actividades en ningún caso supondrán más de un 10% de la dedicación del proyecto, aunque no necesariamente uniforme durante la duración del presente convenio.

– Simulación de escenarios de interés para las partes. Determinadas actuaciones del CSN frente a las CC. NN. españolas pueden aconsejar la realización de análisis en escenarios diversos. Se efectuará el apoyo a los análisis y los estudios complementarios que se consideren apropiados en el marco de este proyecto, para responder a los objetivos perseguidos (4.5.1).

– Cursos de formación y entrenamiento. Se articularán cursos de formación y entrenamiento en el ámbito de los accidentes severos y las incertidumbres asociadas, si así se considera conveniente (4.5.2).

Adicionalmente, habida cuenta de la diversidad y amplitud de los temas abordados en este convenio, el CSN podría proponer la celebración de un seminario técnico entre ambas instituciones al final de la colaboración (4.5.3). En él se discutirían con rigor, tanto los resultados conseguidos en las 4 áreas abordadas, como su aplicación. Cada sesión constaría de 3 elementos: (1) presentación de metodología y resultados a cargo de CIEMAT (45'); (2) presentación de potenciales aplicaciones del CSN y planes para ello (15'); y, (3) un espacio para preguntas, comentarios y sugerencias por parte de todos los asistentes.

## 5. Cronograma

Actividad	Año 1				Año 2				Año 3				Año 4			
4.1.2.1	X	X	X	X												
4.1.2.2					X	X	X	X	X	X	X	X				
4.1.2.3													X	X	X	X
4.2.2.1	X	X	X	X												
4.2.2.2					X	X	X	X	X	X	X	X				
4.2.2.3													X	X	X	X
4.3.2.1	X	X	X	X												
4.3.2.2					X	X	X	X	X	X	X	X				
4.3.2.3													X	X	X	X
4.4.2.1	X	X	X	X												
4.4.2.2					X	X	X	X	X	X	X	X				
4.4.2.3													X	X	X	X
4.5.1				X				X				X				
4.5.2							X							X		
4.5.3																X

Esta planificación global se actualizará y detallará anualmente, en el primer trimestre de cada año.

## 6. Organización del proyecto

El proyecto se ejecutará de manera coordinada entre los grupos del CIEMAT y del CSN, para cubrir los objetivos generales y específicos anteriormente descritos.

Para una más eficaz coordinación y ejecución del proyecto se constituirá una Comisión de Seguimiento formada por, al menos, un representante del CSN y otro del CIEMAT, y se reunirá, como mínimo, una vez cada semestre.

Dicha Comisión tendrá, al menos, las siguientes funciones:

- Proponer el plan de trabajo anual.
- Reconducir el plan de trabajo del proyecto en función de la evolución y las prioridades que se puedan establecer en los proyectos internacionales asociados.
- Proponer posibles modificaciones de las tareas.
- Aprobar los informes de cada una de las actividades realizadas.
- Aprobar el informe final del proyecto que elabore el equipo investigador.
- Proponer la participación en actividades de divulgación (publicaciones, congresos, jornadas, cursos, ...), y organizarlas internamente.

La formulación de este convenio exige una estrecha colaboración entre las organizaciones responsables, así como con sus grupos de trabajo y de decisión, interaccionando con los equipos asociados a los proyectos internacionales OECD/NEA FACE, THEMIS, ESTER e HYMERES, EC/MUSA, EC/AMHYCO y NUGENIA/IPRESCA.

## 7. Equipo investigador

Por parte del CIEMAT, este proyecto de I+D será realizado por la Unidad de Investigación en Seguridad Nuclear del CIEMAT, con la participación de un investigador principal, dos investigadores científicos y dos investigadores junior.

Por parte del CSN, será Subdirección de Tecnología Nuclear, concedora de las aplicaciones de esta I+D+i a la función reguladora, la responsable de la coordinación y supervisión de este proyecto de I+D.

## 8. Referencias

### Revistas internacionales:

– Luis E. Herranz; Joan Fontanet; Elena Fernández; Claudia López del Prá. «Influence of the Wet-Well nodalization of a BWR3 Mark I on the containment Thermal-Hydraulic response during an SBO accident». *Nuclear Engineering and Design* 295 (2015) 138-147.

– M. Pellegrini; K. Dolganov; Luis E. Herranz; H. Bonneville; D. Luxat; M. Sonnenkalb... «Benchmark Study of the Accident at the Fukushima Daiichi NPS: Best-Estimate Case Comparison» - *Nuclear Technology* 196 (2016) 198-210.

– O. Coindreau, B. Jäckel, F. Rocchi, F. Alcaro, D. Angelova, G. Bandini, M. Barnak, M. Behler, D.F. Da Cruz, R. Dagan, P. Draï, S. Ederli, Luis E. Herranz; T. Hollands, G. Horvath j, A. Kaliatka, I. Kljenak, O. Kotsuba, T. Lind b, Claudia López del Prá;K. Mancheva, P. Matejovic, M. Matkovic, M. Steinbrück, M. Stempniewicz, R. Thomas, V. Vileiniskis, D.C. Visser, P. Vokác, Y. Vorobyov, O. Zhabin. «Severe accident code-to-code comparison for two accident scenarios in a spent fuel pool». *Annals of Nuclear Energy*, 120, (2018) 880-887.

– M. Pellegrini; Luis E. Herranz; M. Sonnenkalb; T. Lind; Y. Maruyama; R. Gauntt; N. Bixler; A. Morreale; K. Dolganov; T. Sevón; D. Jacquemain; C. Journeau; J. H. Song; Y. Nishi; S. Mizokami. «Main findings, remaining uncertainties and lessons learned from the OECD/NEA BSAF Project». *Nuclear Technology*, 206:9 1449-1463 (2020).

– Luis E. Herranz; Claudia López del Prá. «Challenges and sensitivities in the modelling of Fukushima Daiichi Unit 1 unfolding with MELCOR 2.2». *Annals of Nuclear Energy*, 141 (2020) 107348.

– Luis E. Herranz; M. Pellegrini; T. Lind; M. Sonnenkalb; L. Godin-Jacqmin; Claudia López del Prá; K. Dolganov; F. Cousin; H. Tamaki; T.W.Kim; H. Hoshi; N. Andrews; T. Sevón. «Overview and outcomes of the OECD/NEA benchmark study of the accident at the Fukushima Daiichi NPS (BSAF) Phase 2 –Results of severe accident Analyses for Unit 1». *Nuclear Engineering and Design*, 369 (2020) 110849, (Septiembre 2020).

– M. Sonnenkalb; M. Pellegrini; Luis E. Herranz;; T. Lind; A.C. Morreale; K. Kanda; H. Tamaki; S.I. Kim; F. Cousin; L. Fernández Moguel; N. Andrews; T. Sevón. «Overview and outcomes of the OECD/NEA benchmark study of the accident at the Fukushima Daiichi NPS (BSAF) Phase 2 –Results of severe accident Analyses for Unit 2». *Nuclear Engineering and Design*, 369 (2020) 110840, (Septiembre 2020).

– T. Lind; M. Pellegrini; Luis E. Herranz; M. Sonnenkalb; Y. Nishi; H. Tamaki; F. Cousin; L. Fernández Moguel; N. Andrews; T. Sevón. «Overview and outcomes of the OECD/NEA benchmark study of the accident at the Fukushima Daiichi NPS (BSAF), Phase 2 –Results of severe accident analysis for unit 3». *Nuclear Engineering and Design*, 376 (2021).

### Revista ALFA del CSN:

– Luis E. Herranz; Claudia López; Santiago Aleza. «Proyectos OECD-BSAF: Colaboración internacional frente a los retos planteados por el accidente de Fukushima». - *Alfa* 33, (Junio 2017) 47-53.

## Conferencias y congresos internacionales:

– Luis E. Herranz; Joan Fontanet; Elena Fernández; Claudia López del Prá. «The Effect of Nodalization on the Wet Well's Performance During an SBO accident». The 10th International Topical Meeting on Nuclear Thermal-Hydraulics, Operation and Safety-NUTHOS-10. Okinawa (Japón), 14-18 Diciembre 2014.

– Luis E. Herranz; Claudia López del Prá. «The effect of coupling the ARI3 SG filter model with the melcor code: A reassessment of a SGTR meltdown sequence». 22nd International Conference on Nuclear Engineering - ICONE 22. Praga (República Checa), 7-11 Julio 2014.

– Luis E. Herranz; Claudia López del Prá; Joan Fontanet; Elena Fernández. «Lessons learned from the Fukushima analysis: the modeling of severe accidents in Nuclear Power Plants». The 16th International Topical Meeting on Nuclear Reactor Thermal Hydraulics - NURETH-16. Chicago (EEUU), 30 Agosto-04 Septiembre 2015.

– M. Pellegrini; K. Dolganov; Luis E. Herranz; H. Boneville; D. Luxat; M. Sonnekalb; J. Ishikawa; J. H. Song; R. O. Gauntt; L. Fernández Moguel; F. Payot; H. Hoshi; Y. Nishi. «Benchmark study of the Accident at the Fukushima Daiichi NPS best estimate case comparison». The 16th International Topical Meeting on Nuclear Reactor Thermal Hydraulics - NURETH-16. Chicago (EEUU), 30 Agosto-04 Septiembre 2015.

– Joan Fontanet; Luis E. Herranz. «Sensitivity of PARs Performance to Accident Modelling in Small Break LOCAs in PWRs». 11th International Topical Meeting on Nuclear Reactor Thermal Hydraulics, Operation and Safety - - NUTHOS-11. Gyeongju (Korea del Sur), 9-13 Octubre 2016.

– Michele Andreani; Yan Diaqiang; Avinash J. Gaikwa; .....Luis E. Herranz; «Synthesis of a Blind CFD Benchmark Exercise Based on a Test in the Panda Facility Addressing the Stratification Erosion by a Vertical Jet In Presence of a Flow Obstruction». Computational Fluid Dynamics for Nuclear Reactor Safety Applications - CFD4NRS-2016. Massachusetts (EEUU), 13 -15 Septiembre 2016.

– Luis E. Herranz; Claudia López del Prá. «CIEMAT's New Research on Key Source Term Issues; Jet Scrubbing in Pools». IAEA WORKSHOP. Viena (Austria), 17-21 Julio 2017.

– Claudia López del Prá; Luis E. Herranz. «Results of the CIEMAT's Fukushima Unit 1 Forensic Analysis». IAEA WORKSHOP. Viena (Austria), 17 -21 Julio 2017.

– Claudia López del Prá; Luis E. Herranz. «On the Applicability of Severe Accident Codes as Forensic Tools; A Study on the Unit 1 of the Fukushima Site». IAEA (Technical Meeting on the Status and Evaluation of Severe Accident Simulation Codes for Water Cooled Reactors). Viena (Austria), 09-12 Octubre 2017

– Luis E. Herranz; Claudia López del Prá. «Progress in understanding Fukushima Unit 1 severe accident through a forensic analysis with MELCOR». International Congress on Advances in Nuclear Power Plants - ICAPP 2018. Charlotte (EEUU), 8-11 Abril 2018.

– Joan Fontanet; Luis E. Herranz. «The Effect of FCVS Pressure Setpoints on the Source Term and the Containment Response under an SBO Accident in a PWR with Large Dry Containment». Nuclear Reactor Thermal-Hydraulics, Operation and Safety – NUTHOS-12. Qingdao (China), 14-18 Octubre 2018.

– Joan Fontanet; Luis E. Herranz. «Assessment of opening/closure criteria for containment venting on the source term and thermal-hydraulics in a PWR with large dry containment» - ISAMC International Severe Accident Management Conference. Otawa (Canadá), 15-18 Octubre 2018.

## Informes de proyecto:

– Luis E. Herranz; Claudia López de Prá; Joan Fontanet; Elena Fernández. DFN/SN-01/OP-15: «Major insights into the Fukushima Severe Accidents: CIEMAT's contribution to the OECD-BSAF project». (2015).

- Elena Fernández; Luis E. Herranz. DFN/SN-02/OP-17 «Contributions of CIEMAT-CSN to the Analytical Benchmarks of the HYMERES Project». (2017).
- Joan Fontanet; Luis E. Herranz. DFN/SN-02/OP-18 «CSN-ACAS project: Impact of Passive Autocatalytic Recoiners and Filtered Containment venting System on Postulated Ascó NPP Severe Accidents». (2018).
- Claudia López del Prá; Luis E. Herranz. DFN/SN-03/OP-19 «Fukushima 1F1 severe accident: CIEMAT's interpretation in the frame of the OECD BSAF 2 project». (2019).

## ANEXO 2

### Memoria económica

*Convenio entre el Consejo de Seguridad Nuclear y el Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas O.A., M.P. en el área de los accidentes severos para el proyecto de I+D+i «Aplicación a planta de la investigación en accidentes severos» (APIAS).*

#### 1. Duración de proyecto

La duración del proyecto es de cuatro años (48 meses).

#### 2. Presupuesto del proyecto

El coste total asociado a este proyecto durante los cuatro años del mismo asciende a 1.344.252,54 euros, con una aportación del 47,3 % por parte del CIEMAT, y del 52,7 % por parte del CSN.

El CIEMAT aporta una cantidad de seiscientos treinta y seis mil quinientos setenta euros con veintisiete céntimos (636.570,27 €), que corresponderá a la aportación en horas de personal investigador, y otros gastos de inversión ligados a la adquisición de equipos informáticos, todo ello con cargo a la aplicación presupuestaria con código 28.103.467H.2.

La contribución total del CSN asciende a un total de setecientos siete mil seiscientos ochenta y dos euros con veintisiete céntimos (707.682,27 €), que corresponde a la aportación no dineraria en horas de personal experto (21.312,00 €), y otra parte, con un máximo de 686.370,27 euros, correspondiente a una contribución económica a lo largo de varios ejercicios presupuestarios, a fin de coadyuvar a la financiación de los gastos derivados del desarrollo del presente convenio para la consecución de los objetivos planteados, con cargo a la aplicación presupuestaria con código 23.302.424M.640.

Se indican a continuación los costes previstos para el proyecto de cada una de las partidas económicas establecidas.

##### 2.1 Costes de personal.

La distribución de las horas de dedicación previstas se hará entre ambas instituciones, en función del programa de trabajo establecido en la Memoria Técnica con un coste total estimado de 319.613,13 euros anuales.

En cuanto al coste del personal técnico propio del CSN, se han estimado 21.312,00 euros para la dedicación al proyecto, correspondiente a cincuenta horas anuales, con un coste/hora de 106,56 euros, incluyendo costes indirectos y administrativos. Dicho coste/hora se corresponde con el establecido en la «Resolución de la Secretaría General del CSN por la que se aprueba la tabla anual de costes de las direcciones técnicas del CSN» aprobada el 31 de marzo de 2022. En dicha resolución se establecen, para un

nivel 28 (correspondiente a la persona experta que realizará tareas de coordinación) de la Dirección Técnica de Seguridad Nuclear, los siguientes costes a considerar:

	Euros
Costes directos. Costes de personal.	50,23
Costes indirectos DTSN.	14,23
Repercusión de costes administrativos.	42,10
Total coste/hora.	106,56

## 2.2 Gastos de computación.

Para la ejecución del proyecto se requiere del uso de dos equipos informáticos con altas prestaciones y de dos portátiles, con un coste total estimado en 8.000 euros para los cuatro años de duración previstos.

## 2.3 Costes de viajes, dietas, cuotas de inscripciones.

Para permitir la asistencia a las reuniones internacionales de proyectos mencionados en la memoria técnica, así como la asistencia a conferencias y talleres internacionales de interés asociados a este proyecto se prevé una dotación para costes de viaje, dietas y cuotas de inscripción de 13.200 euros anuales.

## 2.4 Otros gastos.

Por otra parte, se prevé la asistencia a cursos especializados de formación, junto con otras entidades internacionales. Estos cursos se han valorado en 1.250 euros anuales.

## 3. Resumen del presupuesto

En la tabla adjunta, se resumen los costes de este convenio a lo largo de sus cuatro años de duración.

Presupuesto de ejecución	1.º año	2.º año	3.º año	4.º año	Total euros
Coste de personal.	319.613,135	319.613,135	319.613,135	319.613,135	1.278.452,54
Equipos informáticos y mantenimiento.	2.000,00	2.000,00	2.000,00	2.000,00	8.000,00
Viajes, dietas, inscripciones.	13.200,00	13.200,00	13.200,00	13.200,00	52.800,00
Otros gastos.	1.250,00	1.250,00	1.250,00	1.250,00	5.000,00
Costes totales del proyecto.	336.063,135	336.063,135	336.063,135	336.063,135	1.344.252,54

De las actividades previstas en este convenio no se deriva ninguna prestación de servicios ni suministro alguno, por lo que el mismo no está sujeto a la normativa de aplicación del Impuesto sobre el Valor Añadido. Sus fines son de interés general, promoviendo la I+D+i, con la transferencia de la misma hacia el tejido productivo como elemento impulsor de la productividad y competitividad.

Para el buen desarrollo de las actuaciones del proyecto, se estima un calendario para la contribución económica del CSN, a fin de coadyuvar a la financiación de los gastos derivados, de la siguiente forma:

Contribución Anualidad (CSN)	Al CIEMAT - Euros
1. <sup>a</sup> en 2022.	85.796,28
2. <sup>a</sup> en 2023.	171.592,57
3. <sup>a</sup> en 2024.	171.592,57
4. <sup>a</sup> en 2025.	171.592,57
5. <sup>a</sup> en 2026.	85.796,28
Total.	686.370,27

Cada una de estas contribuciones irá precedida del correspondiente informe de seguimiento. La última contribución se efectuará en todo caso una vez se terminen todos los trabajos y se disponga del informe final.