

Colección de Energía Nuclear del OIEA

Nº NR-T-1.19

Principios
básicos

Objetivos

Guías

Informes
técnicos

**Términos para describir
las centrales nucleares
avanzadas**



IAEA

Organismo Internacional de Energía Atómica

PUBLICACIONES DE LA COLECCIÓN DE ENERGÍA NUCLEAR DEL OIEA

ESTRUCTURA DE LA *COLECCIÓN DE ENERGÍA NUCLEAR DEL OIEA*

Conforme a lo establecido en los artículos III.A.3 y VIII.C de su Estatuto, el OIEA está autorizado a “alentar el intercambio de información científica y técnica en materia de utilización de la energía atómica con fines pacíficos”. Las publicaciones de la *Colección de Energía Nuclear del OIEA* presentan buenas prácticas y avances en la tecnología, así como ejemplos prácticos y experiencias en las esferas de los reactores nucleares, el ciclo del combustible nuclear, la gestión de desechos radiactivos y la clausura, y sobre cuestiones de interés para la energía nuclear. La estructura de la *Colección de Energía Nuclear del OIEA* consta de cuatro niveles:

- 1) En la publicación *Principios básicos de la energía nuclear* se describen el fundamento y la visión de los usos pacíficos de la energía nuclear.
- 2) En las publicaciones de la categoría “**Objetivos**” de la *Colección de Energía Nuclear* se describe lo que es preciso tener en cuenta y los objetivos específicos que han de alcanzarse en los ámbitos temáticos en las diferentes etapas de la aplicación.
- 3) En la categoría “**Guías y Metodologías**” de la *Colección de Energía Nuclear* se ofrece orientación o métodos de alto nivel sobre las formas de lograr los objetivos relativos a los diferentes temas y ámbitos relacionados con los usos pacíficos de la energía nuclear.
- 4) En los “**Informes Técnicos**” de la *Colección de Energía Nuclear* se ofrece información adicional y más detallada sobre las actividades relacionadas con los temas analizados en la *Colección de Energía Nuclear del OIEA*.

Toda publicación se somete a un examen por homólogos interno y, antes de ser publicada, se pone a disposición de los Estados Miembros para que estos puedan formular observaciones.

Los códigos de las publicaciones de la *Colección de Seguridad Física Nuclear del OIEA* son los siguientes: **NG** (energía nuclear en general); **NR** (reactores nucleares —antiguamente **NP** - energía nucleoelectrónica—); **NF** (ciclo del combustible nuclear); **NW** (gestión de desechos radiactivos y clausura). Además, las publicaciones pueden consultarse en español en el sitio web del OIEA:

<https://www.iaea.org/es/publicaciones>

Para más información, póngase en contacto con el OIEA en la dirección Vienna International Centre, PO Box 100, 1400 Viena, Austria.

Se invita a todos los lectores de las publicaciones de la *Colección de Energía Nuclear del OIEA* a que transmitan al OIEA sus experiencias a fin de garantizar que las publicaciones sigan satisfaciendo sus necesidades. La información podrá proporcionarse a través del sitio web del OIEA, por correo postal o por correo electrónico a la dirección Official.Mail@iaea.org.

TÉRMINOS PARA DESCRIBIR
LAS CENTRALES NUCLEARES
AVANZADAS

Los siguientes Estados son Miembros del Organismo Internacional de Energía Atómica:

ALBANIA	FINLANDIA	PAKISTÁN
ALEMANIA	FRANCIA	PALAU
ANGOLA	GABÓN	PANAMÁ
ANTIGUA Y BARBUDA	GAMBIA	PAPUA NUEVA GUINEA
ARABIA SAUDITA	GEORGIA	PARAGUAY
ARGELIA	GHANA	PERÚ
ARGENTINA	GRANADA	POLONIA
ARMENIA	GRECIA	PORTUGAL
AUSTRALIA	GUATEMALA	QATAR
AUSTRIA	GUINEA	REINO UNIDO DE GRAN BRETAÑA E IRLANDA DEL NORTE
AZERBAIYÁN	GUYANA	REPÚBLICA ÁRABE SIRIA
BAHAMAS	HAITÍ	REPÚBLICA CENTROAFRICANA
BAHREIN	HONDURAS	REPÚBLICA CHECA
BANGLADESH	HUNGRÍA	REPÚBLICA DE MOLDOVA
BARBADOS	INDIA	REPÚBLICA DEMOCRÁTICA DEL CONGO
BELARÚS	INDONESIA	REPÚBLICA DEMOCRÁTICA POPULAR LAO
BÉLGICA	IRÁN, REPÚBLICA ISLÁMICA DEL	REPÚBLICA DOMINICANA
BELICE	IRAQ	REPÚBLICA UNIDA DE TANZANÍA
BENIN	IRLANDA	RUMANIA
BOLIVIA, ESTADO PLURINACIONAL DE	ISLANDIA	RWANDA
BOSNIA Y HERZEGOVINA	ISLAS MARSHALL	SAINT KITTS Y NEVIS
BOTSWANA	ISRAEL	SAMOA
BRASIL	ITALIA	SAN MARINO
BRUNEI DARUSSALAM	JAMAICA	SAN VICENTE Y LAS GRANADINAS
BULGARIA	JAPÓN	SANTA LUCÍA
BURKINA FASO	JORDANIA	SANTA SEDE
BURUNDI	KAZAJSTÁN	SENEGAL
CABO VERDE	KENYA	SERBIA
CAMBOYA	KIRGUISTÁN	SEYCHELLES
CAMERÚN	KUWAIT	SIERRA LEONA
CANADÁ	LESOTHO	SINGAPUR
COLOMBIA	LETONIA	SRI LANKA
COMORAS	LÍBANO	SUDÁFRICA
CONGO	LIBERIA	SUDÁN
COREA, REPÚBLICA DE	LIBIA	SUECIA
COSTA RICA	LIECHTENSTEIN	SUIZA
CÔTE D'IVOIRE	LITUANIA	TAILANDIA
CROACIA	LUXEMBURGO	TAYIKISTÁN
CUBA	MACEDONIA DEL NORTE	TOGO
CHAD	MADAGASCAR	TONGA
CHILE	MALASIA	TRINIDAD Y TABAGO
CHINA	MALAWI	TÚNEZ
CHIPRE	MALÍ	TURKMENISTÁN
DINAMARCA	MALTA	TÜRKYİE
DJIBOUTI	MARRUECOS	UCRANIA
DOMINICA	MAURICIO	UGANDA
ECUADOR	MAURITANIA	URUGUAY
EGIPTO	MÉXICO	UZBEKISTÁN
EL SALVADOR	MÓNACO	VANUATU
EMIRATOS ÁRABES UNIDOS	MONGOLIA	VENEZUELA, REPÚBLICA BOLIVARIANA DE
ERITREA	MONTENEGRO	VIET NAM
ESLOVAQUIA	MOZAMBIQUE	YEMEN
ESLOVENIA	MYANMAR	ZAMBIA
ESPAÑA	NAMIBIA	ZIMBABWE
ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA	NEPAL	
ESTONIA	NICARAGUA	
ESWATINI	NÍGER	
ETIOPÍA	NIGERIA	
FEDERACIÓN DE RUSIA	NORUEGA	
FIJI	NUEVA ZELANDIA	
FILIPINAS	OMÁN	
	PAÍSES BAJOS, REINO DE LOS	

El Estatuto del Organismo fue aprobado el 23 de octubre de 1956 en la Conferencia sobre el Estatuto del OIEA celebrada en la Sede de las Naciones Unidas (Nueva York); entró en vigor el 29 de julio de 1957. El Organismo tiene la Sede en Viena. Su principal objetivo es “acelerar y aumentar la contribución de la energía atómica a la paz, la salud y la prosperidad en el mundo entero”.

COLECCIÓN DE ENERGÍA NUCLEAR DEL OIEA N° NR-T-1.19

TÉRMINOS PARA DESCRIBIR
LAS CENTRALES NUCLEARES
AVANZADAS

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA
VIENA, 2024

DERECHOS DE AUTOR

Todas las publicaciones científicas y técnicas del OIEA están protegidas en virtud de la Convención Universal sobre Derecho de Autor aprobada en 1952 (Berna) y revisada en 1972 (París). Desde entonces, la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (Ginebra) ha ampliado la cobertura de los derechos de autor, que ahora incluyen la propiedad intelectual de obras electrónicas y virtuales. Para la utilización de textos completos, o parte de ellos, que figuren en publicaciones del OIEA, impresas o en formato electrónico, deberá obtenerse la correspondiente autorización y, por lo general, dicha utilización estará sujeta a un acuerdo de pago de regalías. Se aceptan propuestas relativas a la reproducción y traducción sin fines comerciales, que se examinarán individualmente. Las solicitudes de información deben dirigirse a la Sección Editorial del OIEA:

Dependencia de Mercadotecnia y Venta
Sección Editorial
Organismo Internacional de Energía Atómica
Vienna International Centre
PO Box 100
1400 Viena, Austria
fax: +43 1 26007 22529
tel.: +43 1 2600 22417
correo electrónico: sales.publications@iaea.org
<https://www.iaea.org/es/publicaciones>

© OIEA, 2024

Impreso por el OIEA en Austria

Abril de 2024

STI/PUB/2071

TÉRMINOS PARA DESCRIBIR LAS CENTRALES

NUCLEARES AVANZADAS

OIEA, VIENA, 2024

STI/PUB/2071

ISBN 978-92-0-301224-9 (papel) | ISBN 978-92-0-301424-3 (PDF)

| ISBN 978-92-0-301324-6 (epub)

ISSN 1995-7807

PRÓLOGO

El objetivo estatutario del OIEA es “[procurar] acelerar y aumentar la contribución de la energía atómica a la paz, la salud y la prosperidad en el mundo entero”. Entre otras funciones, el OIEA está autorizado a “alentar el intercambio de información científica y técnica en materia de utilización de la energía atómica con fines pacíficos”. Una forma de lograrlo es mediante una serie de publicaciones técnicas, entre las que figura la *Colección de Energía Nuclear del OIEA*.

La *Colección de Energía Nuclear del OIEA* incluye publicaciones concebidas para ampliar el uso de las tecnologías nucleares en apoyo del desarrollo sostenible, promover la ciencia y la tecnología nucleares, catalizar la innovación y crear capacidad para respaldar los usos actuales y ampliados de las aplicaciones de la energía nucleoelectrónica y de la ciencia nuclear. Las publicaciones contienen información sobre todos los aspectos normativos, tecnológicos y de gestión relativos a la definición y ejecución de actividades relacionadas con los usos pacíficos de la tecnología nuclear. Aunque no constituyen un consenso de los Estados Miembros, las orientaciones proporcionadas en las publicaciones de la *Colección de Energía Nuclear del OIEA* han sido sometidas a un examen por homólogos interno y se han puesto a disposición de los Estados Miembros para que formulen observaciones antes de su publicación.

Las normas de seguridad del OIEA establecen principios fundamentales, requisitos y recomendaciones para garantizar la seguridad nuclear y son una referencia mundial para proteger a las personas y el medio ambiente de los efectos nocivos de la radiación ionizante.

Cuando se aborda el tema de la seguridad en las publicaciones de la *Colección de Energía Nuclear del OIEA*, se procura hacer referencia a las normas de seguridad del OIEA como las condiciones límite en vigor para la aplicación de la tecnología nuclear.

El desarrollo de nuevos diseños de centrales nucleares abarca una amplia variedad de opciones. Algunos representan pequeñas ampliaciones de los diseños actuales, mientras que otros incorporan modificaciones más significativas. Los términos utilizados para describir los diseños en las distintas fases de su concepción y desarrollo llevaron al OIEA a publicar la obra titulada *Terms for Describing New, Advanced Nuclear Power Plants* (IAEA-TECDOC-936) en 1997. En aquel momento, entre los términos utilizados para describir los nuevos diseños figuraban “diseños avanzados”, “diseños de próxima generación” y “diseños evolutivos”, así como términos menos técnicos, como “diseños de seguridad pasiva”, “diseños de seguridad intrínseca” y “diseños de seguridad determinista”. Por ese entonces no existía una explicación precisa de lo que implicaban esos términos y otros similares, y distintas organizaciones utilizaban la misma terminología pero con significados diferentes. Se consideró que estas incoherencias podían crear confusión, lo que a su vez plantearía problemas de credibilidad. La publicación IAEA-TECDOC-936 tenía por objeto mejorar la comprensión de los términos técnicos más utilizados en los Estados Miembros del OIEA, así como de términos conexos similares, y ofrecer aclaraciones sobre su correcta utilización. En 2005, el OIEA puso en marcha la base de datos en línea del Sistema de Información sobre Reactores Avanzados, en la que la terminología utilizada correspondía principalmente a la que figuraba en las publicaciones IAEA-TECDOC-936 y *Safety Related Terms for Advanced Nuclear Plants* (IAEA-TECDOC-626), así como en el *Glosario de seguridad tecnológica* del OIEA. Desde la publicación del documento IAEA-TECDOC-936, los Estados Miembros del OIEA a menudo han utilizado los términos incluidos en ese documento, que reflejaban los avances en el desarrollo de las centrales nucleares a mediados de la década de 1990. Desde entonces, la tecnología ha avanzado y la terminología ha cambiado y se ha ampliado. Por lo tanto, esta publicación tiene como objetivo presentar los términos que se utilizan de forma generalizada para describir las centrales nucleares avanzadas y aclarar tanto sus definiciones como la manera de utilizarlos correctamente. Los términos se amplían con información actualizada incorporando los adelantos e iniciativas que han tenido lugar desde 1997 en las esferas de los diseños de reactores nucleares avanzados, evolutivos e innovadores, e incluyendo descripciones de las fases de desarrollo de un diseño. Los términos empleados para describir los diferentes tipos de centrales nucleares avanzadas deberían ajustarse a la comprensión amplia y general tanto del público como de la comunidad técnica.

Los funcionarios del OIEA encargados de esta publicación fueron M. Krause y T. Jevremovic, de la División de Energía Nucleoeléctrica.

NOTA EDITORIAL

Esta publicación ha sido editada por el personal de los servicios editoriales del OIEA en la medida en que se ha juzgado necesario para facilitar su lectura. En ella no se abordan cuestiones de responsabilidad, jurídica o de otra índole, por actos u omisiones por parte de persona alguna.

Las orientaciones y las recomendaciones que se ofrecen en este documento en relación con las buenas prácticas señaladas representan la opinión de expertos, pero no son formuladas sobre la base de un consenso entre los Estados Miembros.

Aunque se ha puesto gran cuidado en mantener la exactitud de la información contenida en esta publicación, ni el OIEA ni sus Estados Miembros asumen responsabilidad alguna por las consecuencias que puedan derivarse de su uso.

El uso de determinadas denominaciones de países o territorios no implica juicio alguno por parte de la entidad editora, el OIEA, sobre la situación jurídica de esos países o territorios, sus autoridades e instituciones o el trazado de sus fronteras.

La mención de nombres de empresas o productos específicos (se indiquen o no como registrados) no implica ninguna intención de infringir derechos de propiedad ni debería interpretarse como una aprobación o recomendación por parte del OIEA.

El OIEA no es responsable de la continuidad o la exactitud de las URL de los sitios web externos o de terceros en Internet a que se hace referencia en esta publicación y no garantiza que el contenido de dichos sitios web sea o siga siendo exacto o adecuado.

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN	1
1.1.	Antecedentes	1
1.2.	Objetivo	2
1.3.	Ámbito de aplicación y estructura	2
1.4.	Usuarios	3
2.	TÉRMINOS RELACIONADOS CON EL DESARROLLO DE UN DISEÑO	3
2.1.	Fases de desarrollo de un diseño	3
2.2.	Organizaciones	4
2.3.	Emplazamiento y tamaño del reactor	5
3.	CATEGORÍAS DE DISEÑO DE REACTORES AVANZADOS	6
3.1.	Diseño avanzado, actualmente en funcionamiento, en construcción o licenciado	7
3.2.	Diseño evolutivo	8
3.3.	Diseño innovador	9
3.4.	Diseño pasivo	9
3.5.	Términos relacionados con la proliferación	10
3.6.	Términos relacionados con el tiempo	10
3.7.	Términos técnicos	11
3.8.	Términos no técnicos de uso común	11
4.	TIPOS DE REACTORES	12
4.1.	Reactores refrigerados por agua	12
4.2.	Reactores refrigerados por gas	13
4.3.	Reactores de sales fundidas	14
4.4.	Reactores rápidos	14
4.5.	Reactores pequeños y medianos o modulares	15
4.6.	Microrreactores	15
4.7.	Sistemas accionados por acelerador	15
5.	FINALIDAD DE LOS DISEÑOS DE REACTORES	16
5.1.	Comercial	16
5.2.	Primero de una serie o enésimo de una serie	16
5.3.	Prototipo	16
5.4.	Demostración	16
5.5.	Experimental	16
6.	PARÁMETROS DE RENDIMIENTO	17
6.1.	Rendimiento técnico	17
6.2.	Rendimiento económico	17

REFERENCIAS	19
LISTA DE ABREVIATURAS	20
COLABORADORES EN LA REDACCIÓN Y LA REVISIÓN	21
ESTRUCTURA DE LA COLECCIÓN DE ENERGÍA NUCLEAR DEL OIEA	22

1. INTRODUCCIÓN

1.1. ANTECEDENTES

Dada la importancia de la comunicación tanto para el público como para la comunidad técnica en general y entre los diseñadores de las distintas líneas de reactores nucleares avanzados dentro de la propia industria nuclear, es conveniente que exista coherencia y un consenso internacional en lo que respecta a los términos utilizados para describir las distintas categorías de diseños avanzados. En 1997 se publicó el documento IAEA-TECDOC-936, titulado *Terms for Describing New, Advanced Nuclear Plants* [1], que se ha utilizado ampliamente desde entonces. En 2005, el OIEA puso en marcha la base de datos en línea del Sistema de Información sobre Reactores Avanzados (ARIS) [2] en la que la terminología utilizada correspondía principalmente a la que figuraba en el documento técnico mencionado y en el documento IAEA-TECDOC-626, titulado *Safety Related Terms for Advanced Nuclear Plants* [3].

Esta publicación es una revisión del documento IAEA-TECDOC-936 en la que se incorporan los adelantos e iniciativas que han tenido lugar desde 1997 en las esferas de los diseños de reactores nucleares avanzados, evolutivos e innovadores, la descripción de las fases de desarrollo de un diseño y algunos términos sobre seguridad y regulación, de forma coherente y complementaria con las ediciones más recientes del *Glosario del OIEA de seguridad nuclear tecnológica y física* [4], la publicación *Seguridad de las Centrales Nucleares: Diseño, Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° SSR-2/1 (Rev. 1)* [5] y el glosario del OIEA titulado *Radioactive Waste Management Glossary* [6]. Los términos empleados para describir las centrales nucleares avanzadas deben ajustarse a un entendimiento amplio, general y común tanto por parte del público como de la comunidad técnica. Por lo tanto, los términos explicados en esta publicación se refieren principalmente al estado de desarrollo de los diseños y al nivel general de esfuerzo necesario para materializarlos, mientras que los términos relacionados con la seguridad no son el tema principal de este documento. En esta publicación, los términos “reactor” y “central” son sinónimos de “reactor nuclear” y “central nuclear”, respectivamente.

Muchas organizaciones han desarrollado y siguen desarrollando diseños de reactores y sistemas para mejorar y hacer avanzar la tecnología nuclear. Existe una variación muy grande en el grado de innovación de los enfoques de diseño propuestos y en el correspondiente grado de madurez técnica de las soluciones alcanzadas o propuestas. Aunque los objetivos de los diseños también son muy variados y van desde la mejora del rendimiento, la economía y la seguridad con respecto a lo que ya se ha conseguido con la tecnología actual hasta la ampliación del ámbito de aplicación de la energía nuclear, los principales elementos en común son la mejora de la seguridad, la retroinformación a partir de la experiencia adquirida en las centrales en funcionamiento y la incorporación de los últimos avances en electrónica, informática y factores humanos. Los términos descritos en esta publicación se utilizan para establecer distinciones entre los diseños que se encuentran en distintas fases de desarrollo.

Los diseños considerados son diseños de centrales nucleares más que diseños de reactores, ya que el reactor es únicamente una parte de la instalación completa necesaria para producir electricidad nuclear económica, fiable y segura y otros productos (por ejemplo, hidrógeno o calor). Desde la publicación anterior en 1997, el desarrollo de diseños de centrales nucleares avanzadas ha pasado a abarcar una amplia variedad de opciones; algunos representan pequeñas extensiones de los diseños actuales, mientras que otros incluyen variaciones importantes o representan conceptos significativamente diferentes o nuevos. Por lo tanto, los términos que figuran en el documento IAEA-TECDOC-936 se actualizan en la presente publicación para incorporar estos nuevos avances en los diseños de las centrales nucleares.

Muchos de los términos descritos en esta publicación se han utilizado ampliamente en algunos países, a veces sin una comprensión suficientemente clara de lo que significan y de lo que implican. Algunos de estos términos pueden inducir a error a quienes no son expertos y transmitir al público interpretaciones no deseadas por los diseñadores de las centrales nucleares avanzadas. El criterio seguido para decidir la inclusión de un término en las definiciones de la presente publicación fue si se trataba

de un término que ya era de uso común y generalizado, no si dicho uso era conveniente. Algunos de los términos descritos no se ajustan a este criterio. Por lo tanto, no son convenientes y se desaconseja su uso; cuando ese es el caso, las razones se indican en la descripción. Se han omitido intencionadamente las descripciones de algunos términos que podrían ser útiles pero que de momento no se utilizan de forma generalizada para evitar acuñar o promover nuevos términos, lo que también aumentaría los posibles malentendidos en lugar de reducirlos.

Resolver las diferencias derivadas de objetivos, enfoques y calendarios de desarrollo históricamente distintos en los diversos países, así como de intereses variados y de una comprensión diferente de las palabras según la cultura, puede ser un proceso complicado. Por ello, era necesario llegar a algún tipo de consenso a nivel internacional.

1.2. OBJETIVO

El objetivo de esta publicación es proporcionar a los Estados Miembros términos actualizados para describir las centrales nucleares avanzadas, establecer distinciones entre las fases de diseño que reflejen la madurez de los diseños y aclarar las definiciones de los términos comúnmente utilizados para describir las centrales nucleares avanzadas.

En general, las descripciones presentadas corresponden a las definiciones, pero incluyen cierto grado de profundización, perfeccionamiento y especificidad necesario para que tales conceptos sean aplicables y útiles a la hora de describir centrales nucleares avanzadas. El objetivo general de estos términos es ayudar a:

- promover el uso adecuado de los términos por parte de los miembros de la comunidad nuclear, haciendo que la terminología sea más coherente y mejorando así la eficacia de la comunicación dentro de la comunidad técnica y con el público, y
- aclarar el significado de estos términos y con ello lograr una mejor comprensión del tiempo, el esfuerzo y la inversión necesarios para llevar al plano práctico diversos diseños avanzados.

Un criterio importante es asegurar la claridad, así como eliminar ambigüedades y facilitar la utilización. Cualquiera que entienda el concepto de un diseño debería ser capaz de determinar rápida y fácilmente si un término relacionado con el diseño corresponde a una descripción. Esto se logra con mayor facilidad estableciendo distinciones basadas en principios y enfoques cualitativos más que en criterios cuantitativos.

Las orientaciones y las recomendaciones que se ofrecen en este documento en relación con las buenas prácticas señaladas representan la opinión de expertos, pero no son formuladas sobre la base de un consenso entre los Estados Miembros.

1.3. ÁMBITO DE APLICACIÓN Y ESTRUCTURA

En esta publicación se definen, se explican brevemente y se ponen en contexto términos que son importantes para describir las centrales nucleares avanzadas en las siguientes esferas temáticas:

- fases de desarrollo de un diseño (sección 2);
- categorías de diseño de centrales nucleares avanzadas (sección 3);
- tipos de reactores (sección 4);
- finalidad de los diseños (sección 5), y
- rendimiento de las centrales nucleares (sección 6).

1.4. USUARIOS

Los usuarios de esta publicación son técnicos y no técnicos relacionados con la industria de la energía nuclear.

2. TÉRMINOS RELACIONADOS CON EL DESARROLLO DE UN DISEÑO

2.1. FASES DE DESARROLLO DE UN DISEÑO

En esta sección se presenta un entendimiento común de los términos que se refieren a las fases habituales de desarrollo del diseño de una central nuclear, desde su concepción hasta su finalización. Aunque en todos los casos el trabajo que se debe llevar a cabo es similar, dado que viene determinado por los requisitos técnicos, la práctica en los distintos países varía considerablemente en cuanto a la forma de dividir el trabajo en fases y los términos utilizados para describirlas. En este desglose también influye en gran medida la manera en la que se secuencian en el proyecto las labores de investigación y desarrollo (I+D), realización de pruebas y concesión de licencias.

El diseño y la situación respecto de la concesión de la licencia son indicadores importantes del estado de ingeniería del diseño de una central nuclear, es decir, de su preparación para pasar al plano práctico. El uso indiscriminado de varios términos para describir el estado del diseño y los diferentes hitos relativos a la concesión de la licencia puede llevar a confusión e impedir una comprensión clara de la situación real. Para abordar este problema, en la figura 1 se muestra un modelo de clasificación basado en las prácticas de algunos Estados Miembros del OIEA.

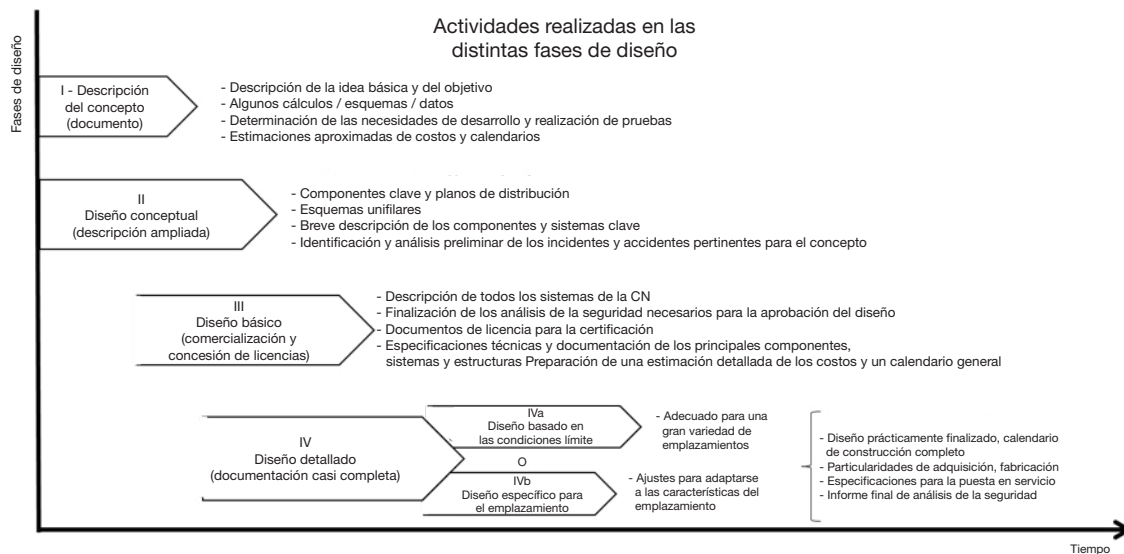


Fig. 1. Fases y actividades durante el desarrollo de un diseño (excluida la realización de pruebas principales).

En este modelo de clasificación de los diseños, el estado del diseño de la central nuclear se evalúa en función de un conjunto de hitos frecuentemente utilizados en estas cuatro fases generales:

- descripción del concepto;
- diseño conceptual;
- diseño básico, y
- diseño detallado, ya sea basado en condiciones límite (IVa) o específicas para el emplazamiento (IVb).

La figura 1 muestra únicamente las actividades de ingeniería habituales en cada una de estas cuatro fases. Habida cuenta de que las prácticas varían de un país a otro, puede resultar difícil llegar a un consenso sobre esta terminología y su ámbito de aplicación. También es complicado lograr un consenso sobre la terminología correspondiente a la I+D, la realización de pruebas y la concesión de licencias, por lo que no se intenta incluir tales aspectos.

2.2. ORGANIZACIONES

Las organizaciones que participan de distintas formas en el diseño de las centrales nucleares utilizan terminología relacionada con el diseño. Las principales organizaciones son las siguientes, por orden de participación en el proceso de diseño:

Titular de la tecnología / proveedor / organización de diseño: posee la propiedad intelectual del diseño de una central nuclear y puede emplear a un grupo de ingenieros para desarrollar y perfeccionar aún más el diseño. Dependiendo del grado de avance del diseño, se puede esperar que este proporcione a la empresa de desarrollo un diseño global adecuado, de modo que las licencias y los permisos puedan obtenerse de forma satisfactoria.

Empresa de desarrollo: finaliza el diseño específico para el emplazamiento, se encarga de las adquisiciones y construye la central nuclear. Puede obtener la licencia para explotar la central y convertirse en la entidad explotadora o formar parte de ella posteriormente.

Cadena de suministro: presta servicios a lo largo de las fases de diseño, preconstrucción, fabricación, construcción y puesta en marcha o suministra materiales, componentes fabricados, combustible y servicios relacionados con el ciclo del combustible.

Explotador / entidad explotadora: “[c]ualquier *persona o entidad* que solicita una *autorización* o que esté autorizada y/o sea responsable de la *seguridad* cuando se llevan a cabo *actividades* o en relación con cualquier *instalación nuclear o fuente de radiación ionizante*” [4].

Propietario: organización creada para ser propietaria de la central nuclear. Las funciones de propietario y de explotador suelen ser desempeñadas por una misma organización que se encarga de asegurar la financiación de la central nuclear y es responsable de su seguridad.

Empresa de servicios públicos: generalmente, la compañía eléctrica que recibe o compra la electricidad de una central nuclear, o una organización que recibe otro producto como agua desalada, calor, hidrógeno o isótopos de uso médico. A menudo es la misma empresa que el propietario o el explotador de la central nuclear.

Titular de la licencia / licenciataria: posee la licencia para construir / explotar una central nuclear.

Regulador / órgano regulador: “[a]utoridad o conjunto de autoridades a las que el gobierno de un Estado confiere facultades legales para llevar a cabo el *proceso* de reglamentación, incluida la concesión de *autorizaciones* y, de este modo, reglamentar la *seguridad nuclear, radiológica*, de los *desechos radiactivos* y del *transporte*” [4]. “El titular de una licencia en vigor se denomina licenciataria. Una licencia es el resultado del proceso de *autorización*, si bien a veces se usa el término ‘proceso de concesión de licencias’” [6].

Organización para la ejecución de programas de energía nuclear (NEPIO): mecanismo, que puede incorporar a comités de alto nivel y de trabajo, para coordinar las actividades del gobierno, el propietario, el explotador y el regulador en la creación de la infraestructura de energía nuclear [7].

2.3. EMPLAZAMIENTO Y TAMAÑO DEL REACTOR

Terminología importante relacionada con la ubicación, los componentes principales y el tamaño de las centrales nucleares avanzadas, por orden alfabético:

Central nuclear / central: instalación que comprende uno o varios reactores para convertir la energía nuclear en energía utilizable; también, instalación de producción eléctrica o térmica que utiliza un reactor nuclear como fuente de calor.

Construcción modular: método en el que los sistemas o subsistemas del reactor se prefabrican para su montaje en el emplazamiento, con diversos grados de modularización, todo ello con el objetivo de acelerar el calendario general de construcción.

Diseño modular: en relación con los SMR, central nuclear que consta de una o más unidades básicamente idénticas (módulos) prefabricadas total o parcialmente en una fábrica para su instalación o montaje en el emplazamiento o, en relación con los reactores grandes, módulos prefabricados de los sistemas de la isla nuclear y la parte no nuclear de la central.

Edificio de contención / contención: la estructura de contención y los sistemas con funciones de aislamiento, control y gestión de las emisiones de masa y energía, control y limitación de las emisiones radiactivas, y control y gestión de los gases combustibles. Los detalles sobre la estructura, los sistemas y los componentes de contención pueden encontrarse en la referencia [1].

Emplazamiento / zona del emplazamiento / ocupación en superficie del emplazamiento: “[z]ona que contiene una *instalación autorizada*, una *actividad autorizada* o una *fuentes* y dentro de la cual el personal directivo de la *instalación autorizada* o la *actividad autorizada* o los primeros actuantes pueden adoptar directamente *medidas de respuesta a emergencias*” [4]. Corresponde normalmente al terreno que queda dentro de la cerca del perímetro de seguridad física u otro elemento que delimite la propiedad, como la cerca del límite del emplazamiento. También es la base sobre la cual se calculan los gastos de la central nuclear [9] y equivale al uso del suelo para la generación de energía.

Microrreactores: reactores muy pequeños dentro de la categoría de reactores modulares pequeños¹.

Parte no nuclear de la central: estructuras, sistemas y componentes de una central nuclear completa que no están incluidos en el sistema de conversión de energía nuclear o, en el caso de los reactores refrigerados por agua (WCR), en el sistema nuclear de generación de vapor.

Reactor de potencia: reactor diseñado para producir energía eléctrica o térmica.

Reactor nuclear / reactor: sistema técnico, distinto de un arma nuclear, diseñado o utilizado para sostener la fisión nuclear en una reacción en cadena automantenida [9]. Aunque hay muchos tipos de reactores nucleares, todos presentan ciertas características esenciales, entre ellas el uso de material fisiónable como combustible, un moderador (por ejemplo, agua) para aumentar la probabilidad de fisión (a menos que el funcionamiento del reactor dependa de neutrones rápidos), un reflector para conservar los neutrones que escapan, provisiones de refrigerante para eliminar el calor, instrumentos para supervisar y controlar el funcionamiento del reactor y dispositivos de protección (como barras de control y blindaje).

Reactores pequeños avanzados: reactores pertenecientes a la categoría de los SMR que producen electricidad de hasta 300 MWe por unidad o módulo [2].

Sistema nuclear de generación de vapor (SNGV) / isla nuclear / módulo de reactor: combinación del núcleo del reactor, el sistema de refrigeración del reactor y los sistemas auxiliares conexos, incluido el sistema de refrigeración de emergencia del núcleo, el sistema de eliminación del calor de desintegración y el sistema de control químico y volumétrico [9]. En el contexto de algunos diseños de SMR o microrreactores, un módulo de reactor es una unidad de isla nuclear completa producida en una fábrica y transportada al emplazamiento para su instalación.

Unidad / reactor de referencia: la unidad existente más cercana (operativa o en construcción) perteneciente al mismo tipo de diseño en la que se basa el diseño avanzado. Los órganos reguladores pueden dar a este término su propio significado específico.

¹ Los reactores modulares pequeños son un subconjunto de los reactores pequeños y medianos o modulares (SMR).

Unidad (una sola unidad, dos unidades o múltiples unidades): cada unidad representa un reactor independiente (isla nuclear y parte no nuclear de la central) que puede ser explotado. En el caso de las centrales con dos o múltiples unidades, una unidad puede funcionar independientemente del estado de finalización o de las condiciones de funcionamiento de cualquier otra unidad situada en el mismo emplazamiento pero en edificios de contención o confinamiento diferentes, aunque las unidades puedan tener algunos sistemas compartidos o comunes.

Zona de planificación de emergencias: la planificación para casos de emergencia destinada a la protección del personal de la central nuclear, los trabajadores de emergencias y el público que se encuentra fuera de los límites del emplazamiento es un elemento necesario de la seguridad general de la central nuclear y proporciona un nivel adicional de defensa en profundidad [8]. La zona de planificación de emergencias requerida depende de la normativa local; por lo tanto, aunque en un diseño se prevea una zona de planificación de emergencias pequeña o no se prevea dicha zona en absoluto, es posible que esto no se pueda llevar a la práctica en todos los contextos. Según la referencia [4], la zona de planificación de emergencias se divide en dos partes: la zona de medidas precautorias y la zona de planificación de medidas protectoras urgentes:

“zona de medidas precautorias (ZMP) Zona alrededor de una instalación respecto de la cual se han definido disposiciones de emergencia para aplicar medidas protectoras urgentes en caso de emergencia nuclear o radiológica a fin de evitar o reducir al mínimo los efectos deterministas graves fuera del emplazamiento. Las medidas protectoras dentro de esta zona deberán tomarse antes o poco después de una emisión de material radiactivo o una exposición, en función de las condiciones imperantes en la instalación”.

“zona de planificación de medidas protectoras urgentes (ZPU) Zona alrededor de una instalación respecto de la cual se han definido disposiciones para aplicar medidas protectoras urgentes en caso de emergencia nuclear o radiológica a fin de evitar dosis fuera del emplazamiento con arreglo a las normas de seguridad internacionales. Las medidas protectoras dentro de esta zona deberán tomarse en función de la monitorización (radiológica) del medio ambiente o, cuando corresponda, de las condiciones imperantes en la instalación”.

3. CATEGORÍAS DE DISEÑO DE REACTORES AVANZADOS

Los diseños de centrales nucleares que se están desarrollando abarcan una amplia variedad de opciones; algunos representan extensiones muy pequeñas de los diseños actuales, otros incorporan modificaciones más significativas y otros se alejan considerablemente de los diseños existentes [2].

La relación entre los términos relacionados con la categoría de diseño se muestra en la figura 2. Algunos diseños de centrales nucleares en funcionamiento y propuestos (en el momento de redactar esta publicación) se clasifican como diseños de centrales nucleares avanzadas (secciones 3.1 y 3.2) si son de interés y/o tienen mérito. Tales diseños pueden calificarse de manera aún más específica, dependiendo de la necesidad de desarrollo adicional (ingeniería, I+D, central nuclear de demostración). El grado de innovación de los diseños puede ir desde reducido, en la categoría únicamente de ingeniería, a ilimitado, en los diseños innovadores (sección 3.3).

Toda la gama de diseños o conceptos de centrales nucleares avanzadas a la que actualmente se puede otorgar interés o mérito abarca los diseños actuales, los diseños evolutivos y los diseños que requieren esfuerzos de desarrollo sustanciales, como los diseños innovadores. En la figura 3 se representan los

esfuerzos y los costos de desarrollo de los diseños avanzados frente a la variación con respecto a los diseños actuales. En las categorías de diseños evolutivos e innovadores se necesitan trabajos de ingeniería y posiblemente también sea necesario llevar a cabo labores de I+D y pruebas de confirmación antes de finalizar el diseño del primer reactor evolutivo o del prototipo y/o reactor de demostración en el caso de los diseños innovadores. La cantidad de I+D y de pruebas de confirmación depende tanto del grado de la innovación que se vaya a introducir como del trabajo ya realizado, o de la experiencia que se pueda aprovechar.

En los diseños evolutivos solo se introducen modificaciones o mejoras moderadas con respecto a los diseños actuales, procurando en particular mantener los diseños que han demostrado ser eficaces. De este modo, se minimizan los riesgos comerciales. Cuando las modificaciones y los cambios de diseño son mayores, es decir, cuando implican más variaciones con respecto a los diseños actuales y la introducción de características no probadas, los riesgos aumentan proporcionalmente, ya que la experiencia operacional es escasa o nula. Muchos diseños de SMR buscan reducir este riesgo en la medida de lo posible, dadas la evolución o las innovaciones que implican.

Todas las centrales nucleares en funcionamiento que no pertenecen a la categoría principal de diseños de centrales nucleares avanzadas se clasifican como reactores comerciales de potencia, es decir, los que fueron desplegados como enésimos de una serie hasta la década de 1980.

3.1. DISEÑO AVANZADO, ACTUALMENTE EN FUNCIONAMIENTO, EN CONSTRUCCIÓN O LICENCIADO

Diseño avanzado: diseño que es de interés en la actualidad y en el que se han realizado mejoras sustanciales con respecto a sus predecesores o a los diseños de reactores comerciales de potencia. Los diseños avanzados, actualmente en funcionamiento, en construcción o licenciados [10], incluyen WCR que incorporan mejoras con respecto a los reactores comerciales de potencia refrigerados por agua. Estos se diferencian de los diseños evolutivos por el hecho de que su diseño detallado se considera finalizado (figuras 2 y 3).

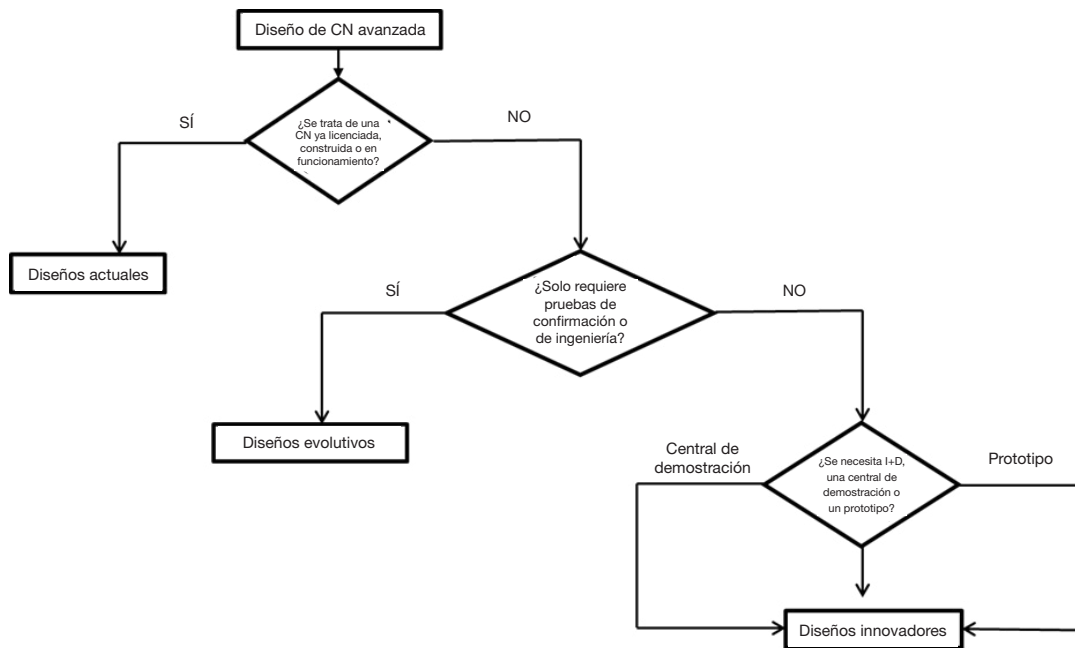


Fig. 2. Relación entre los términos relacionados con las categorías de diseño de centrales nucleares (todos los términos utilizados en esta figura se describen en la sección 3).

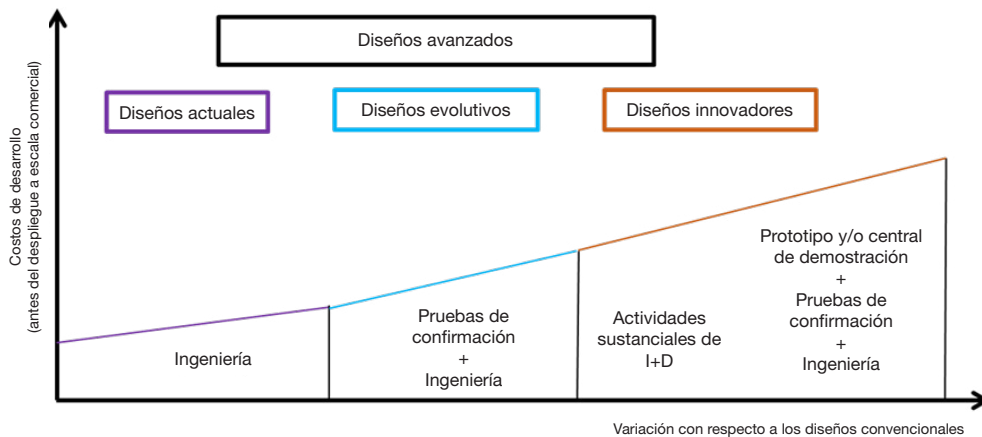


Fig. 3. Esfuerzos y costos de desarrollo de los diseños avanzados frente a la variación con respecto a los diseños actuales.

Los diseños avanzados que ya han sido construidos y puestos en funcionamiento o que se encuentran en construcción [10] pertenecen a la categoría de diseño de centrales nucleares avanzadas y en esta publicación se denominan “diseños actuales”. Se trata principalmente de diseños mejorados de reactores comerciales de potencia refrigerados por agua, y de este tipo sigue siendo la mayoría de las centrales nucleares en funcionamiento. Estos diseños se elaboraron en el marco de programas de desarrollo de diseños de reactores avanzados llevados a cabo en varios países en las décadas de 1980 y 1990 para incorporar elementos avanzados de seguridad basados en las enseñanzas extraídas de los accidentes de Three Mile Island y Chornóbil, nuevos requisitos para los usuarios derivados de las últimas décadas de experiencia operacional y, en algunos casos, nuevos requisitos para la concesión de licencias. Entre ellos se pueden mencionar los siguientes ejemplos: el reactor avanzado de agua en ebullición (ABWR), un diseño avanzado del reactor de agua en ebullición (BWR) convencional desarrollado por el Japón y los Estados Unidos de América (EE. UU.) y construido y explotado en el Japón; el AP-1000, un reactor de agua a presión (PWR) convencional avanzado que se había desarrollado en los EE. UU. y construido y explotado en China y que se está construyendo también en los EE. UU.; el reactor europeo de agua a presión (EPR), un diseño avanzado del PWR convencional que se había desarrollado en Europa y construido y explotado en China y que se está construyendo también en Francia, Finlandia y el Reino Unido; el APR-1400, un diseño avanzado del PWR convencional desarrollado en la República de Corea y construido y explotado en dicho país y en los Emiratos Árabes Unidos; el WWER²-1200, un diseño avanzado del WWER-1000, que se está construyendo en la Federación de Rusia, Bangladesh y Turquía; y el BN800, una evolución del BN600, que es un ejemplo de diseño de reactor rápido avanzado no refrigerado por agua en la Federación de Rusia. Los diseños clasificados como diseños actuales en la categoría principal de diseños de centrales nucleares avanzadas son todos los reactores descritos en el folleto recientemente publicado por el OIEA sobre grandes reactores avanzados refrigerados por agua, titulado *Advanced Large Water Cooled Reactors: A Supplement to: IAEA Advanced Reactors Information System (ARIS) 2020 Edition* [11].

3.2. DISEÑO EVOLUTIVO

Diseño evolutivo: diseño avanzado en el que se consiguen mejoras con respecto a los diseños actuales mediante modificaciones de pequeñas a moderadas, centrándose especialmente en mantener

² WWER: reactor de potencia refrigerado y moderado por agua.

ciertos elementos de diseño que han demostrado ser eficaces para minimizar los riesgos tecnológicos. Se trata de reactores de tecnología de refrigeración por agua, por gas o por metal líquido que pueden desplegarse a corto plazo, normalmente en proceso de certificación o de obtención de licencia, con respecto a los cuales se carece de experiencia y, en consecuencia, puede resultar necesario revisar o elaborar una normativa de seguridad, lo que también implica que tendría que llegarse a un consenso sobre estas necesidades a nivel internacional (es decir, normas de seguridad del OIEA). El desarrollo de un diseño evolutivo requiere, a lo sumo, pruebas de ingeniería y de confirmación antes de pasar al plano práctico (figuras 2 y 3).

A la hora de considerar futuros diseños, también es necesario preguntarse si algún diseño candidato es de interés o tiene mérito en la actualidad. Entre los numerosos diseños posibles, hay algunos que ya se han desarrollado (total o parcialmente) y posteriormente se han abandonado. Muchos de ellos se han concebido y estudiado, pero no han resultado ser lo suficientemente interesantes como para seguir desarrollándolos, y es de suponer que quedan otros por concebir y evaluar. Según el enfoque adoptado para esta publicación, ninguno de ellos puede considerarse actualmente un diseño de central nuclear avanzada, pues esa designación se aplica únicamente a diseños que son de interés o tienen mérito en la actualidad y que, una vez completado su desarrollo, se espera que incorporen mejoras de diversos grados y tipos con respecto a las centrales nucleares actuales.

La labor realizada en los diseños evolutivos tiene como objetivo lograr mejoras respecto de los diseños actuales introduciendo modificaciones que pueden ir de pequeñas a moderadas, a menudo basadas en un documento de requisitos de las empresas eléctricas (URD) con el propósito de mejorar la seguridad y reducir los costos y la incertidumbre en cuanto a la obtención de la licencia. Algunos diseños consiguen este objetivo incluyendo elementos como la simplificación, mayores márgenes de seguridad, la mejora de la prevención y mitigación de accidentes graves, mayores períodos de gracia [4] en situaciones de emergencia, la mejora de los sistemas de interfaz persona-máquina, un menor tiempo de construcción y mejores posibilidades de mantenimiento.

3.3. DISEÑO INNOVADOR

Diseño innovador: diseño avanzado que incorpora cambios conceptuales en los enfoques de diseño o en la configuración del sistema en comparación con la práctica existente [2]. Antes de pasar al plano práctico, es necesario realizar una intensa labor de I+D, llevar a cabo pruebas de viabilidad y, posiblemente, construir un prototipo o reactor de demostración (figuras 2 y 3).

La gama de diseños para los que aún se deben realizar importantes trabajos de desarrollo es mucho más amplia que en la categoría de diseños evolutivos. Para algunos conceptos, la fase de desarrollo está casi terminada, mientras que para otros todavía queda mucho por hacer.

La característica principal de un diseño innovador es que se basa en cambios conceptuales en los enfoques de diseño o en la configuración del sistema en comparación con la práctica establecida.

3.4. DISEÑO PASIVO

La publicación TECDOC-626 del OIEA [3] sigue siendo la referencia más utilizada a la hora de clasificar los componentes o sistemas pasivos. En ella se proponen cuatro categorías. Las siguientes definiciones se basan en las referencias [1] y [4]:

Componente pasivo: “[c]omponente cuyo funcionamiento no depende de un factor externo, como un accionamiento, un movimiento mecánico o la aportación de energía” [4].

Sistema pasivo: sistema de seguridad de accionamiento manual o automático implantado para garantizar que se cumplan las funciones de seguridad necesarias. Puede tratarse de un sistema compuesto en su totalidad por componentes y estructuras pasivas, o bien de un sistema que utiliza componentes activos de forma muy limitada para iniciar el posterior funcionamiento pasivo [1].

Diseño pasivo: un reactor que depende enteramente de sistemas pasivos para la prevención y mitigación de accidentes.

Elemento(s) de seguridad pasiva: este término solo debería utilizarse acompañado de ejemplos específicos de sistemas o componentes pasivos. En general, un elemento de seguridad (aplicable a las condiciones adicionales de diseño) se define como un “elemento diseñado para cumplir una *función de seguridad* o que cumple una *función de seguridad* que se aplica a las *condiciones adicionales de diseño*” [4].

3.5. TÉRMINOS RELACIONADOS CON LA PROLIFERACIÓN

Diseño resistente a la proliferación: aunque no es un término oficial relacionado con las salvaguardias del OIEA, en el uso común se refiere al despliegue de sistemas de energía nuclear de manera que se reduzca el riesgo de proliferación de armas nucleares. El principio básico de la resistencia a la proliferación exige que se apliquen factores intrínsecos (derivados del diseño técnico) y medidas extrínsecas (compromisos, obligaciones y políticas del Estado) de resistencia a la proliferación durante todo el ciclo de vida del sistema para garantizar que este sea un medio poco atractivo de adquirir material fisible o tecnología para un programa de armas nucleares [12].

Inclusión de las salvaguardias en el diseño: proceso de incluir consideraciones relativas a las salvaguardias internacionales a lo largo de todas las fases del ciclo de vida de una central nuclear, desde el diseño conceptual inicial hasta la construcción y el funcionamiento, incluidas las modificaciones del diseño y la clausura [13].

3.6. TÉRMINOS RELACIONADOS CON EL TIEMPO

Aunque son sencillos y no suelen prestarse a usos indebidos o malentendidos, los términos “diseño futuro” y “diseño de próxima generación” son de carácter cualitativo y solo deberían utilizarse con una indicación adecuada sobre el marco temporal, si ello no se deduce del contexto.

Diseño futuro: puede referirse a nuevos conceptos o a aquellos que representan avances tecnológicos significativos para mejorar la seguridad, la economía y la utilización de los recursos. Dado que este término puede abarcar una gran variedad de conceptos, se recomienda utilizarlo con sumo cuidado y solo con una definición específica para el contexto del que se trate.

Diseño de próxima generación: este término puede referirse al tiempo, a características específicas o a ambas cosas. En la esfera de los diseños de centrales nucleares, puede abarcar una amplia gama de aspectos que van desde modificaciones modestas con respecto a sus predecesores hasta conceptos que incorporan cambios radicales y fundamentales mucho más ambiciosos que aquellos aplicados en los diseños evolutivos. Por otro lado, la industria suele utilizar este término para referirse a una nueva serie de centrales nucleares que pueden estar separadas por tan solo una década, frente al plazo mucho más largo que suele necesitarse cuando se trata de conceptos radicalmente nuevos. Del mismo modo, un programa nacional de energía nuclear puede referirse al despliegue de un diseño de próxima generación como parte de su programa prospectivo. El término también puede utilizarse para reforzar la idea de que se está adoptando tecnología punta, diferente de la que se utiliza en el programa actual o en otros lugares. El uso del término “diseño de próxima generación” para describir ambos aspectos es aceptable siempre que el significado que corresponda quede claro por el contexto.

Despliegue a corto plazo: este término frecuentemente utilizado solo tiene sentido si se emplea en relación con los planes del programa de energía nuclear de un Estado Miembro. En la publicación del OIEA titulada *Nuclear Reactor Technology Assessment for Near Term Deployment* [14] se describe el despliegue a corto plazo dentro del marco establecido por el Organismo en el documento *Hitos en el desarrollo de la infraestructura nacional de energía nucleoelectrónica* [7], es decir, diseños avanzados que se espera que puedan llevarse al plano práctico a tiempo para la construcción según el calendario del Estado Miembro.

3.7. TÉRMINOS TÉCNICOS

Diseño de eficacia demostrada: diseño cuya eficacia ha quedado demostrada en aplicaciones análogas o que está basado en gran medida en una central nuclear en funcionamiento.

Diseño integral e integrado: se refiere principalmente a un diseño de PWR en el que todos los componentes principales del circuito primario del reactor —incluidos el presurizador, los generadores de vapor / intercambiadores de calor y, en algunos casos, las bombas de refrigeración y el mecanismo de accionamiento de las barras de control— están integrados en la misma vasija. En el caso de los reactores de sales fundidas (MSR) o los reactores rápidos (FR), el término tiene un significado similar pero incluye componentes diferentes.

Diseño semintegral: también llamado “diseño de bucle compacto”, se refiere al diseño de una línea de reactores en el que los principales componentes del circuito primario, como los presurizadores, las bombas de refrigeración y los generadores de vapor / intercambiadores de calor, están directamente acoplados a la vasija de presión del reactor sin tuberías. Aunque en un diseño semintegral algunos de esos componentes pueden colocarse dentro de la vasija del reactor, cuando todos los componentes principales se instalan dentro de la vasija se habla de “diseño integral”.

Diseño de ciclo directo: diseño de central nuclear en el que el refrigerante primario (vapor o gas) calentado en el reactor se transfiere directamente a la turbina. En estos diseños no se requieren generadores de vapor ni intercambiadores de calor.

Diseño de tipo bucle: diseño de central nuclear en el que los componentes del sistema primario (es decir, el generador de vapor, la bomba de refrigeración primaria y el presurizador) están conectados entre sí y a la vasija de presión del reactor a través de grandes tuberías. Este diseño puede consistir en varios bucles —normalmente dos, tres o cuatro—.

Diseño de tipo piscina: diseño en el que el núcleo del reactor está sumergido en una piscina de refrigerante (agua o metal líquido).

Diseño subterráneo: diseño nuclear innovador en el que toda la isla nuclear se encuentra bajo tierra por motivos de seguridad tecnológica, de seguridad física o económicos.

Diseño flotante: diseño de una central nuclear situada en una plataforma flotante en el mar. Existen dos grandes tipos de centrales nucleares flotantes: una que se coloca en una plataforma fija flotante pero que está conectada al fondo marino, como las plataformas petrolíferas en alta mar, y que se espera que permanezca en un mismo lugar durante un largo período; y otra que se coloca en una plataforma móvil, como una barcaza o un barco, que puede desplazarse por sí misma o ser remolcada y cuya ubicación se espera que cambie según sea necesario en función de su utilización (por ejemplo, para la producción de electricidad o calor).

3.8. TÉRMINOS NO TÉCNICOS DE USO COMÚN

Algunos términos no técnicos se han utilizado para describir conceptos en los cuales se afirma que a través del diseño han sido prácticamente eliminadas todas las secuencias de accidentes que podrían tener consecuencias inaceptables. El uso de estos términos para referirse a un diseño específico podría interpretarse como una confirmación de que otros diseños son insuficientes en este sentido.

A continuación se presentan algunos de los términos en cuestión (en orden alfabético), pero se desaconseja su uso en documentos técnicos si no van acompañados de una justificación, ya que no tienen un significado general o técnico aceptado:

Diseño que excluye la posibilidad de una catástrofe / diseño de seguridad determinista: término utilizado en algunas ocasiones para referirse a conceptos en los que todas las secuencias de accidentes, incluso las que son muy poco probables y las que tendrían consecuencias inaceptables, han sido prácticamente eliminadas mediante medidas adoptadas en el diseño. Se desaconseja el uso de este descriptor para referirse a la totalidad de una central nuclear o su reactor, ya que implica un nivel de seguridad absoluta que no es realista. Además, puede causar confusión, ya que el uso de métodos

deterministas constituye un elemento importante de la práctica establecida en materia de concesión de licencias. De hecho, puede decirse que todas las centrales nucleares en funcionamiento son seguras desde el punto de vista determinista de acuerdo con la base presentada para la concesión de la licencia. Por último, el uso de este término para referirse a un diseño específico podría interpretarse como una indicación de que otros diseños distan de excluir la posibilidad de que ocurra una catástrofe. Por tanto, este descriptor no debería utilizarse.

Diseño indulgente / diseño tolerante a fallos: término utilizado algunas veces en lugar del término “*diseño pasivo*”, que se define en la sección 3.4. Se recomienda evitar el uso de la palabra “indulgente” como descriptor de una central nuclear. La tolerancia a los fallos suele asociarse únicamente a los sistemas de instrumentación y control [4], por lo que también debería evitarse el uso de este término para describir un diseño en su totalidad.

Diseño inherentemente seguro: tal como se indica en [3], debería evitarse el uso irrestricto de este término para describir la totalidad de una central nuclear o su reactor.

Diseño revolucionario: término utilizado en algunas ocasiones para describir un diseño avanzado que es sustancialmente diferente de un diseño evolutivo. Este tipo de diseño tiene esencialmente las mismas características que un diseño innovador, pero dado que la palabra “revolucionario” puede tener una connotación negativa, debería evitarse su uso.

Diseño seguro de tipo *walk away*: término utilizado para describir aquellas centrales nucleares que dependen totalmente de sistemas pasivos durante un tiempo indefinido para la prevención y mitigación de accidentes, sin que se requiera ningún tipo de acción por parte del operador. Sin embargo, al utilizar este término se podría dar a entender que los operadores se marcharían en caso de accidente, por lo que se recomienda evitar el uso del descriptor “*walk away*”.

4. TIPOS DE REACTORES

Como se muestra en la figura 4, los nombres de los distintos tipos de reactores comúnmente utilizados se derivan de una multitud de combinaciones de material combustible, moderador y refrigerante. En casi todas estas categorías generales de reactores existen diseños de reactores avanzados e innovadores.

Las centrales nucleares y los programas de desarrollo existentes abarcan las tecnologías de reactor de agua ligera (LWR), reactor de agua pesada (HWR), reactor de alta temperatura refrigerado por gas (HTGR) y reactor refrigerado por metal líquido (LMR). Además, se han desarrollado diseños de MSR y otros se encuentran en fases avanzadas de desarrollo. Algunas de estas tecnologías se han seguido desarrollando a menor escala y se denominan colectivamente SMR. A continuación se ofrecen breves definiciones de los distintos tipos de reactores nucleares.

4.1. REACTORES REFRIGERADOS POR AGUA

Los reactores refrigerados por agua fueron la piedra angular de la industria nuclear en el siglo XX y los WCR avanzados siguen desempeñando un papel central en pleno siglo XXI.

4.1.1. Reactor de agua a presión / reactor de potencia refrigerado y moderado por agua

Los reactores de agua a presión o reactores de potencia refrigerados y moderados por agua (WWER) producen vapor para la turbina en generadores de vapor que están conectados a la vasija de presión del reactor mediante grandes tuberías, denominadas rama caliente y rama fría.

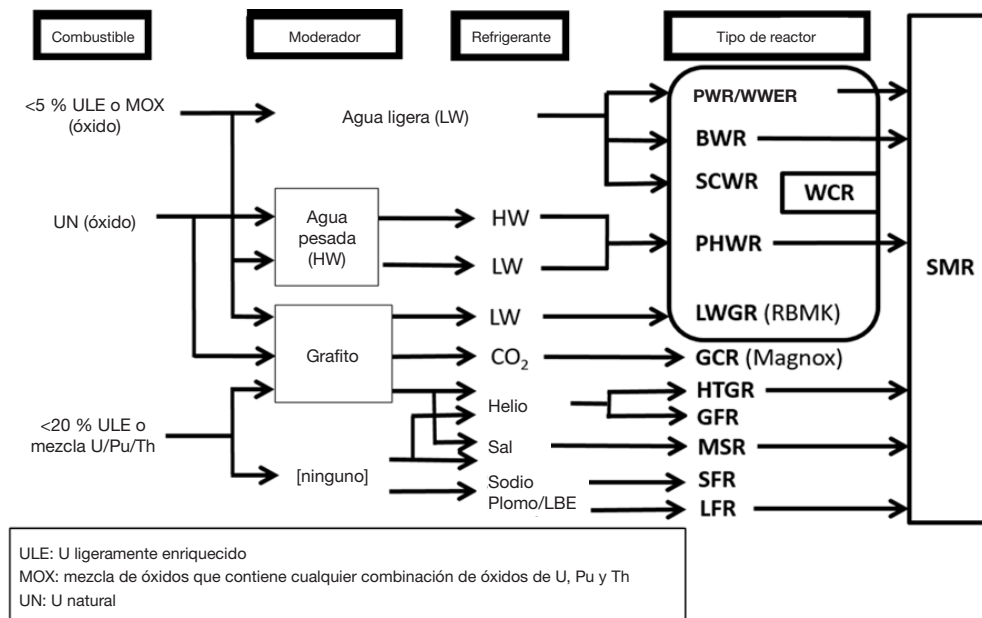


Fig. 4. Tipo de reactor nuclear por combustible, moderador y refrigerante.

4.1.2. Reactor de agua en ebullición

Los reactores de agua en ebullición utilizan el vapor producido en el interior del núcleo directamente en la turbina de vapor.

4.1.3. Reactor de agua pesada a presión / reactor de agua pesada

Los reactores de agua pesada a presión (PHWR) o HWR utilizan agua enriquecida cuyas moléculas contienen átomos de hidrógeno compuestos en más de un 99 % de deuterio, un isótopo del hidrógeno que es más pesado. Esta agua pesada, empleada como moderador, mejora la economía neutrónica general, lo que permite utilizar un combustible que no necesita enriquecimiento. Sin embargo, algunos diseños de HWR utilizan combustible de uranio ligeramente enriquecido para mejorar la economía o el aprovechamiento de los recursos.

4.1.4. Reactor supercrítico refrigerado por agua

A fin de mejorar el rendimiento térmico y la economía de la central, hay en curso actividades de I+D de reactores supercríticos refrigerados por agua (SCWR). El agua supercrítica existe a temperaturas y presiones por encima de su punto crítico, en el cual los estados líquido y gaseoso son indistinguibles. Esta agua suele utilizarse en centrales avanzadas alimentadas por carbón, petróleo y gas. Se prevé que los SCWR serán alrededor de 1,3 veces más eficientes que los WCR convencionales.

4.2. REACTORES REFRIGERADOS POR GAS

Los reactores refrigerados por gas representan actualmente alrededor del 3 % del total de los reactores explotados con fines comerciales en todo el mundo, la mayoría de los cuales son reactores

avanzados refrigerados por gas de dióxido de carbono (AGR) que se encuentran en el Reino Unido y que se irán eliminando en las próximas décadas.

4.2.1. Reactor de alta temperatura refrigerado por gas

Los reactores de alta temperatura refrigerados por gas funcionan con un reactor de espectro térmico y grafito como moderador y reflector, están refrigerados por helio y utilizan combustible de partículas revestidas. El concepto básico no es nuevo y ya se han licenciado, construido y puesto en funcionamiento prototipos de HTGR. Las dos últimas centrales nucleares prototipo, Fort St. Vrain (EE. UU.) y THTR-300 (Alemania), se cerraron en la década de 1980.

4.2.2. Reactor modular de alta temperatura refrigerado por gas

Los reactores modulares de alta temperatura refrigerados por gas (MHTGR) siguen los principios establecidos en la década de 1980 en Alemania (desarrollo del módulo de reactor de alta temperatura) y en los EE. UU. para desarrollar un HTGR de seguridad pasiva. A fin de alcanzar los objetivos de seguridad, el diseño se basa en las características de alta temperatura inherentes a las partículas de combustible triisotrópico (TRISO) revestidas y en la capacidad de eliminación pasiva de calor del núcleo de elevada relación altura-diámetro y baja densidad de potencia en una vasija de reactor de acero sin aislar. En la justificación de la seguridad no se incluye la circulación activa, ni siquiera la necesidad de refrigerante. El sumidero final de calor puede ser un sistema de refrigeración de la cavidad del núcleo (un refrigerador exterior, situado alrededor de la vasija del reactor con elementos pasivos) o, en la mayoría de los casos, la estructura del edificio (hormigón) y la tierra circundante. El HTR-PM terminado en China es el primer ejemplo de reactor modular de alta temperatura refrigerado por gas.

4.3. REACTORES DE SALES FUNDIDAS

Los reactores de sales fundidas utilizan sales fundidas ya sea como refrigerante del reactor o como combustible y refrigerante a la vez. La mayoría de los MSR tienen un espectro de neutrones térmicos, mientras que los reactores rápidos de sales fundidas (MSFR) tienen un espectro de neutrones rápidos.

4.4. REACTORES RÁPIDOS

Un reactor rápido (FR) es un reactor en el que se utiliza poco o ningún moderador de neutrones y en el que la reacción de fisión en cadena se mantiene principalmente mediante neutrones rápidos. Gracias al espectro de neutrones rápidos, el rendimiento energético que los FR obtienen del uranio puede ser mucho mayor que el que obtienen los reactores termonucleares.

4.4.1. Reactor rápido refrigerado por metal líquido

Un reactor rápido refrigerado por metal líquido (LMFR) es un reactor rápido que utiliza un metal líquido como refrigerante. Algunos de los metales líquidos utilizados como refrigerante primario en estos diseños son el sodio (en un reactor rápido refrigerado por sodio, SFR) y el plomo y la mezcla eutéctica plomo-bismuto (en un reactor rápido refrigerado por plomo, LFR). La tecnología de refrigeración por sodio es una tecnología consolidada y se utiliza desde hace más de 50 años, mientras que para algunos diseños innovadores se proponen como refrigerantes el plomo y la mezcla eutéctica plomo-bismuto.

4.4.2. Reactor rápido de sales fundidas

Un reactor rápido de sales fundidas es un reactor rápido en el que el refrigerante del reactor o tanto el combustible como el refrigerante son sales fundidas.

4.4.3. Reactor rápido refrigerado por gas

Un reactor rápido refrigerado por gas (GFR) es un reactor rápido que utiliza helio como refrigerante con el objetivo de sacar el máximo partido al combustible utilizado alcanzando un elevado rendimiento térmico.

4.5. REACTORES PEQUEÑOS Y MEDIANOS O MODULARES

Los reactores pequeños y medianos o modulares son una opción destinada a satisfacer la necesidad de producir electricidad de una manera más flexible para una gama más amplia de usuarios, tamaños de redes y utilidades. Los reactores pequeños son aquellos con una potencia de hasta 300 MWe, mientras que los medianos son reactores de una generación más reciente con una potencia de entre 300 MWe y 700 MWe. Un reactor modular pequeño se define como un reactor avanzado que tiene una capacidad de producción de electricidad de hasta 300 MWe por módulo, diseñado como una central nuclear compuesta por uno o por varios módulos (sección 2.3), cuyos sistemas y componentes pueden ser construidos como módulos en fábricas y luego transportarse al emplazamiento para reducir la duración de la construcción. La Comisión Reguladora Nuclear de los Estados Unidos define los SMR, a efectos del cálculo de las tasas, como una categoría de LWR con una potencia térmica autorizada inferior o igual a 1000 MW(t) por módulo. Esta clasificación se basa en la potencia térmica equivalente de un SMR de agua ligera con una capacidad de generación de energía eléctrica de 300 MWe o menos por módulo [15].

4.6. MICRORREACTORES

“Microrreactor” es un término relativamente nuevo utilizado para designar un reactor capaz de producir entre 1 y 30 MW de energía térmica utilizada directamente como calor o transformada en energía eléctrica. Los componentes se construyen y ensamblan en fábricas y se transportan al lugar de despliegue. Los microrreactores se ajustan automáticamente en todas las condiciones de funcionamiento y utilizan sistemas de seguridad pasiva para evitar el sobrecalentamiento o la fusión del núcleo. Están concebidos para funcionar durante años sin necesidad de recargar combustible, pero en muchos diseños se debe utilizar combustible con un enriquecimiento superior al 5 %.

4.7. SISTEMAS ACCIONADOS POR ACELERADOR

Un sistema accionado por acelerador (SAA) es un concepto innovador de sistema híbrido para la transmutación de radioisótopos de período largo. Un SAA está compuesto por un acelerador de protones de alta energía, un blanco de espalación de metales pesados que produce neutrones al ser bombardeado por el haz de alta energía y un núcleo subcrítico acoplado neutrónicamente al blanco de espalación.

5. FINALIDAD DE LOS DISEÑOS DE REACTORES

5.1. COMERCIAL

Los reactores comerciales son reactores utilizados en centrales eléctricas que han sido construidos a escala real y que están destinados exclusivamente a la generación de electricidad y/o calor industrial con fines comerciales para aplicaciones industriales u otros productos no eléctricos [2].

5.2. PRIMERO DE UNA SERIE O ENÉSIMO DE UNA SERIE

FOAK es el acrónimo de “first of a kind” (primero de una serie), en el sentido de primero de muchos, no un prototipo o modelo de demostración único. Este término se utiliza para referirse al primer reactor puesto en funcionamiento utilizando una nueva tecnología o diseño. Dicho reactor puede tener un costo mucho más elevado que las unidades construidas posteriormente, denominadas NOAK, acrónimo de “*n*th of a kind” (enésimo de una serie), en las que se incorporan las lecciones aprendidas con las primeras unidades.

5.3. PROTOTIPO

Un prototipo de reactor es el primer reactor físico a partir del cual se desarrollan los futuros reactores comerciales. Puede ser un modelo a escala reducida o en el que no se incluyen algunos sistemas (por ejemplo, un turbogenerador), y cuyo objetivo es demostrar el rendimiento general, la fiabilidad, la seguridad y los aspectos económicos del reactor.

5.4. DEMOSTRACIÓN

Un reactor de demostración es una unidad construida para mostrar de manera práctica cómo funciona un diseño avanzado. Puede tratarse de un diseño de reactor parcial o completo, ya sea a escala reducida o real, pero su objetivo es demostrar el funcionamiento eficaz y seguro de las características evolutivas o innovadoras del diseño.

5.5. EXPERIMENTAL

Normalmente, el primer diseño de una nueva tecnología de reactor innovador se construye con el fin de validar el rendimiento de los materiales y combustibles utilizados en el núcleo del reactor, explorar los límites de seguridad y los aspectos que generan incertidumbre, y extraer enseñanzas fundamentales para que la tecnología pueda ser autorizada y comercializada en el futuro.

6. PARÁMETROS DE RENDIMIENTO

6.1. RENDIMIENTO TÉCNICO

Razón de reproducción (BR): razón entre el material fisible final producido en un reactor rápido o térmico y el contenido fisible cargado inicialmente. La ganancia de reproducción es el exceso de combustible producido. Si la $BR < 1$, el reactor es un quemador, lo que significa que consume más material fisible del que produce, mientras que si la $BR > 1$, el reactor es un reproductor. Por otro lado, si el $BR = 1$ o la ganancia de reproducción es igual a cero, el reactor se denominaría iso reproductor (*iso-breeder*), lo que significa que produce la misma cantidad de combustible que consume durante su funcionamiento.

Quemado: energía integrada producida a partir del empobrecimiento del material fisible, incluido el material fisible producido, mientras el combustible se encuentra en el núcleo del reactor, dividida por la masa total de combustible de uranio no irradiado (MW.d/kgU o GW.d/tU).

Capacidad: cantidad de energía eléctrica (MWe) u otro producto no eléctrico que puede producir una central nuclear o una unidad.

Factor de capacidad: capacidad ideal de suministro de energía de una central nuclear dividida por la producción de energía que se generaría si la central funcionara a su potencia nominal de salida durante todo un año o durante toda su vida útil. Generalmente, se expresa en porcentaje. En la base de datos PRIS del OIEA [10] se utiliza el término “load factor” (factor de carga), que incluye las pérdidas de producción debidas a cambios en la demanda.

Vida de diseño: “intervalo de tiempo durante el que se espera que una *instalación* o un *componente* funcione conforme a las especificaciones técnicas que rigieron su construcción o fabricación” [4]. Para una central nuclear, se trata del tiempo real en años de funcionamiento de la central mientras todas las estructuras, sistemas y componentes siguen siendo aptos para desempeñar sus funciones. Esto puede incluir obras importantes de renovación o sustitución de sistemas o componentes durante las paradas, dependiendo del enfoque de diseño de la central nuclear. Otro término que se utiliza en algunas ocasiones para describir la vida útil de los componentes del núcleo que se deterioran por la irradiación es “años de funcionamiento efectivo a plena potencia”.

Rendimiento: razón entre la producción y la potencia térmica del reactor. En el caso de la electricidad, se expresa en $MWe(\text{netos})/MWt(\text{núcleo})$.

Enriquecimiento: peso porcentual del ^{235}U en el combustible. El uranio enriquecido contiene un porcentaje en masa de ^{235}U mayor que el uranio natural, que es del 0,72 % [6].

Período de gracia: “[I]ntervalo de tiempo durante el cual una *función de seguridad* está garantizada en caso de que se produzca un *suceso* que no requiere la intervención del personal” [4].

Seguimiento de carga / ciclos de carga: funcionamiento de una central nuclear durante el cual la producción eléctrica se ajusta a lo largo del día para adaptarse a la demanda y/o para controlar la frecuencia de la red. Esta capacidad de gestión de la potencia, expresada normalmente como rango de potencia y tasa de cambio de potencia, resulta beneficiosa en una red con una gran parte de generadores intermitentes.

6.2. RENDIMIENTO ECONÓMICO

Los gastos de los proyectos de centrales nucleares comienzan mucho antes del inicio de la construcción e incluyen costos relacionados con la ingeniería, la I+D, la realización de pruebas, la demostración de la seguridad del concepto y la concesión de licencias.

Los términos que suelen utilizarse para describir los aspectos económicos de un proyecto de central nuclear se definen a continuación, por orden de importancia para el costo total a lo largo de la vida útil:

Costo normalizado de la electricidad: costo total de construcción, explotación y clausura de una central nuclear a lo largo de su vida útil dividido por la producción total de electricidad despachada desde

la central (por ejemplo, dólares de los EE. UU./kW·h). Este valor depende de los siguientes factores, aproximadamente en el orden en el que se enumeran a continuación:

Costo de capital, costos totales de construcción: incluye los costos de preparación del emplazamiento, construcción, fabricación, puesta en servicio y financiación (intereses durante la construcción) de una central nuclear, así como el aumento de los costos y los costos imprevistos.

Costos de construcción inmediatos: incluye los costos básicos de construcción más los costos correspondientes a los propietarios, los imprevistos y la primera carga del núcleo. Se denominan costos “inmediatos” en el sentido de que no se incluyen los costos relacionados con el tiempo. Los costos incluidos son aquellos anteriores a la percepción de ingresos y excluyen los gastos financieros acumulados durante el período de construcción.

Tiempo de construcción: la mayoría de las veces se trata del tiempo transcurrido desde el inicio de la construcción (es decir, el vertido del primer hormigón de la isla nuclear) hasta el comienzo de la explotación comercial de la central nuclear, pero también se utilizan otros plazos (por ejemplo, hasta la primera criticidad, hasta la primera conexión a la red, etc.).

Costo del capital: gastos financieros del capital invertido, expresados en porcentaje.

Intereses durante la construcción: gastos financieros acumulados durante el período de construcción.

Tasa de descuento: tasa de interés que se utiliza para calcular el valor actual de una cantidad de dinero que se espera recibir o pagar en el futuro. Debería reflejar el riesgo del proyecto al que se aplica.

Construcción en fábrica: fabricación de equipos específicos o módulos completos para el sistema de energía nuclear en una instalación equipada con el utillaje adecuado. Este tipo de construcción ofrece un mayor nivel de rendimiento, repetibilidad, control de procesos, garantía de la calidad y adecuación del entorno de trabajo en comparación con la construcción en el emplazamiento.

Costos de explotación y mantenimiento: costos de explotación de una central nuclear, incluido su mantenimiento (y, en algunos casos, el costo del combustible y los gastos de clausura y gestión de desechos).

Costo del combustible: costo corriente del combustible durante el funcionamiento, a menudo expresado como porcentaje de los costos de explotación (y en algunos casos incluye los cargos por combustible gastado).

Costos del ciclo del combustible: costos adicionales a los del combustible, relacionados con cualquier operación de reprocesamiento o con la utilización de combustibles avanzados. Aunque son insignificantes para los LWR existentes, estos costos pueden ser significativos para los diseños innovadores, como un MSR o un reactor rápido.

Costo de la primera carga del núcleo: costo de la primera carga completa de combustible para permitir la puesta en marcha de un reactor.

REFERENCIAS

- [1] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, *Terms for Describing New, Advanced Nuclear Power Plants*, IAEA-TECDOC-936, OIEA, Viena (1997).
- [2] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Base de datos ARIS, OIEA, Viena, <https://aris.iaea.org>
- [3] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, *Safety Related Terms for Advanced Nuclear Plants*, IAEA-TECDOC-626, OIEA, Viena (1991).
- [4] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, *Glosario del OIEA de seguridad nuclear tecnológica y física: Terminología empleada en seguridad tecnológica nuclear, seguridad física nuclear, protección radiológica y preparación y respuesta para casos de emergencia, edición de 2022 (provisional)*, OIEA, Viena (2022).
- [5] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, *Seguridad de las centrales nucleares: Diseño, Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° SSR-2/1 (Rev. 1)*, OIEA, Viena (2016).
- [6] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, *Radioactive Waste Management Glossary, 2003 Edition*, OIEA, Viena (2003).
- [7] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, *Hitos en el desarrollo de la infraestructura nacional de energía nucleoelectrónica, Colección de Energía Nuclear del OIEA N° NG-G-3.1 (Rev. 1)*, OIEA, Viena (2015).
- [8] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, *Managing Siting Activities for Nuclear Power Plants, Colección de Energía Nuclear del OIEA N° NG-T-3.7 (Rev. 1)*, OIEA, Viena (2022).
- [9] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, *Design of the Reactor Containment and Associated Systems for Nuclear Power Plants, Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° SSG-53*, OIEA, Viena (2019).
- [10] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Base de datos PRIS, OIEA, Viena, <https://pris.iaea.org/PRIS/home.aspx>
- [11] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, *Advanced Large Water Cooled Reactors: A Supplement to IAEA Advanced Reactors Information System (ARIS) 2020 Edition*, OIEA, Viena (2020), https://aris.iaea.org/Publications/20-02619E_ALWCR_ARIS_Booklet_WEB.pdf
- [12] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, *Options to Enhance Proliferation Resistance of Innovative Small and Medium Sized Reactors, Colección de Energía Nuclear del OIEA N° NP-T-1.11*, OIEA, Viena (2014).
- [13] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, *International Safeguards in the Design of Nuclear Reactors, Colección de Energía Nuclear del OIEA N° NP-T-2.9*, OIEA, Viena (2014).
- [14] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, *Nuclear Reactor Technology Assessment for Near Term Deployment, Colección de Energía Nuclear del OIEA N° NR-T-1.10 (Rev. 1)*, OIEA, Viena (2022).
- [15] COMISIÓN REGULADORA NUCLEAR, NRC 10 CFR § 170.3 Definitions, Comisión Reguladora Nuclear de los Estados Unidos, Washington D. C, <https://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/cfr/part170/part170-0003.html>

LISTA DE ABREVIATURAS

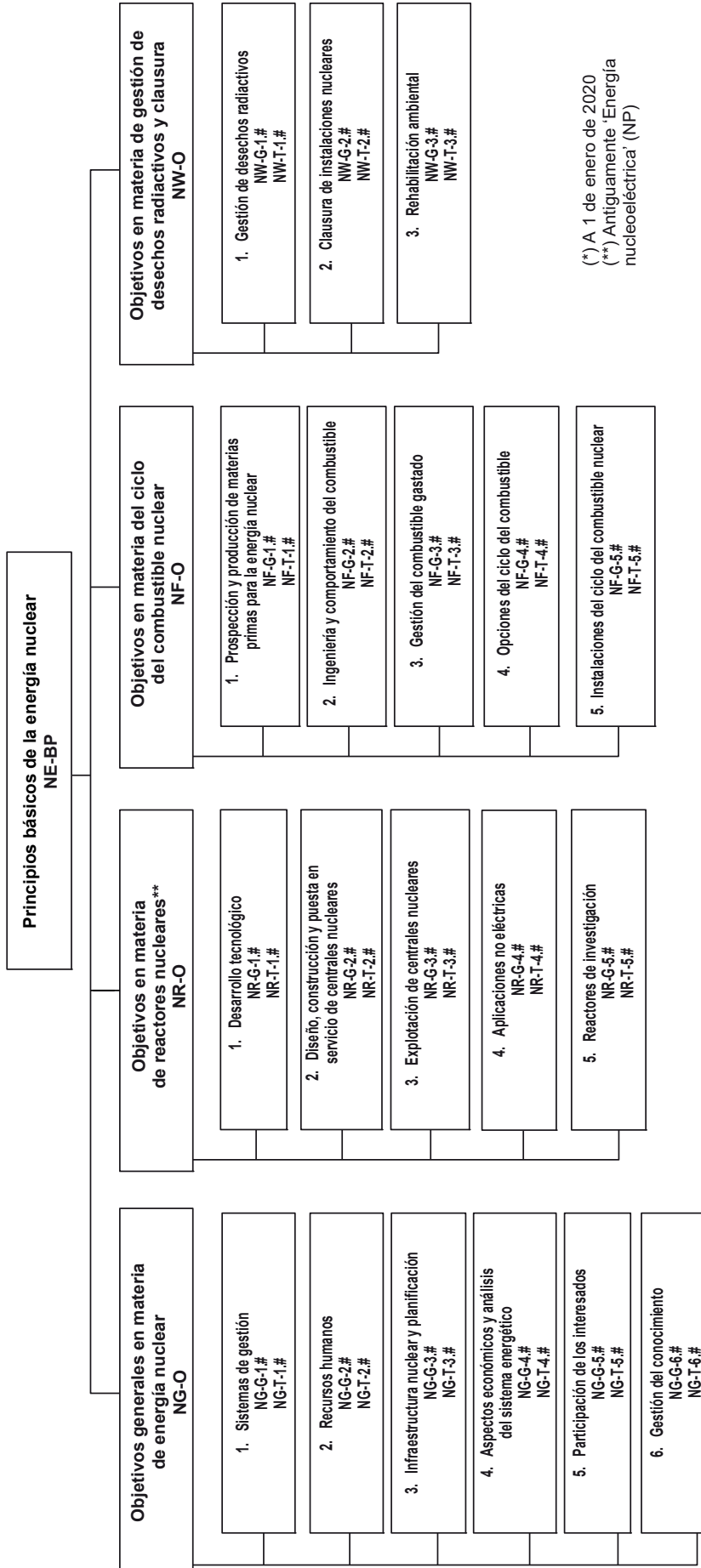
SAA	sistema accionado por acelerador
AGR	reactor avanzado refrigerado por gas de dióxido de carbono
ARIS	Sistema de Información sobre Reactores Avanzados
BWR	reactor de agua en ebullición
EPR	reactor europeo de agua a presión
ZPE	zona objeto del plan de emergencia
FOAK	<i>first of a kind</i> (primero de una serie)
FR	reactor rápido
GFR	reactor rápido refrigerado por gas
HTGR	reactor de alta temperatura refrigerado por gas
HWR	reactor de agua pesada
LFR	reactor rápido refrigerado por plomo
LMFR	reactor rápido refrigerado por metal líquido
LMR	reactor refrigerado por metal líquido
LWR	reactor de agua ligera
MHTGR	reactor modular de alta temperatura refrigerado por gas
MSFR	reactor rápido de sales fundidas
MSR	reactor de sales fundidas
MWe	megavatio eléctrico
NEPIO	organización para la ejecución de programas de energía nuclear
NOAK	enésimo de una serie
CN	central nuclear
SNGV	sistema nuclear de generación de vapor
ZMP	zona de medidas precautorias
PHWR	reactor de agua pesada a presión
PWR	reactor de agua a presión
I+D	investigación y desarrollo
SCWR	reactor supercrítico refrigerado por agua
SMR	reactores pequeños y medianos o modulares
TRISO	tri-isotrópico
ZPU	zona de planificación de medidas protectoras urgentes
URD	documento de requisitos de las empresas eléctricas
WWER	reactor de potencia refrigerado y moderado por agua
WCR	reactor refrigerado por agua

COLABORADORES EN LA REDACCIÓN Y LA REVISIÓN

Banoori, S.	Comisión de Energía Atómica del Pakistán (Pakistán)
Bilic Zabric, T.	Organismo Internacional de Energía Atómica
Delmastro, D.	Comisión Nacional de Energía Atómica (Argentina)
Ganda, F.	Organismo Internacional de Energía Atómica
Jevremovic, T.	Organismo Internacional de Energía Atómica
Karseka-Yanev, T.	Organismo Internacional de Energía Atómica
Krause, M.	Organismo Internacional de Energía Atómica
Kriventsev, V.	Organismo Internacional de Energía Atómica
Mathers, D.	Nuclear Innovation Research Office (Reino Unido)
Memcott, M.	Universidad Brigham Young (Estados Unidos de América)
Moriwaki, M.	Hitachi-GE Nuclear Energy, Ltd. (Japón)
Reitsma, F.	Organismo Internacional de Energía Atómica
Subki, M.H.	Organismo Internacional de Energía Atómica
Whitlock, J.	Organismo Internacional de Energía Atómica

Reunión de consultores
Viena (Austria): 29 y 30 de julio de 2020

Estructura de la Colección de Energía Nuclear del OIEA *



(*) A 1 de enero de 2020
(**) Antiguamente 'Energía nucleoelectrónica' (NP)

Leyenda

BP: Principios básicos
O: Objetivos
G: Guías y metodologías
T: Informes técnicos
Nºs 1 a 6: Designación de temas
#: Número de guía o informe

Ejemplos

NG-G-3.1: Energía nuclear general (NG), Guías y metodologías (G), Infraestructura nuclear y planificación (tema 3), #1
NR-T-5.4: Reactores nucleares (NR), Informe técnico (T), Reactores de investigación (tema 5), #4
NF-T-3.6: Combustible nuclear (NF), Informe técnico (T), Gestión del combustible gastado (tema 3), #6
NW-G-1.1: Gestión de desechos radiactivos y clausura (NW), Guías y metodologías (G), Gestión de desechos radiactivos (tema 1) #1



IAEA

Organismo Internacional de Energía Atómica

Nº 26

PEDIDOS DE PUBLICACIONES

Las publicaciones de pago del OIEA pueden adquirirse a través de los proveedores que se indican a continuación o en las principales librerías locales.

Los pedidos de publicaciones gratuitas deben hacerse directamente al OIEA. Al final de la lista de proveedores se proporcionan los datos de contacto.

AMÉRICA DEL NORTE

Bernan / Rowman & Littlefield

15250 NBN Way, Blue Ridge Summit, PA 17214, EE. UU.

Teléfono: +1 800 462 6420 • Fax: +1 800 338 4550

Correo electrónico: order@renoufbooks.com • Sitio web: www.renoufbooks.com

Renouf Publishing Co. Ltd

22-1010 Polytek Street, Ottawa, ON K1J 9J1, CANADÁ

Teléfono: +1 613 745 2665 • Fax: +1 613 745 7660

Correo electrónico: order@renoufbooks.com • Sitio web: www.renoufbooks.com

RESTO DEL MUNDO

Póngase en contacto con su proveedor local de preferencia o con nuestro distribuidor principal:

Eurospan Group

Gray's Inn House

127 Clerkenwell Road

Londres EC1R 5DB

Reino Unido

Pedidos comerciales y consultas:

Teléfono: +44 (0)176 760 4972 • Fax: +44 (0)176 760 1640

Correo electrónico: eurospan@turpin-distribution.com

Pedidos individuales:

www.eurospanbookstore.com/iaea

Para más información:

Teléfono: +44 (0)207 240 0856 • Fax: +44 (0)207 379 0609

Correo electrónico: info@eurospangroup.com • Sitio web: www.eurospangroup.com

Los pedidos de publicaciones, tanto de pago como gratuitas, pueden enviarse directamente a:

Dependencia de Mercadotecnia y Venta

Organismo Internacional de Energía Atómica

Vienna International Centre, PO Box 100, 1400 Viena, Austria

Teléfono: +43 1 2600 22529 o 22530 • Fax: +43 1 26007 22529

Correo electrónico: sales.publications@iaea.org • Sitio web: <https://www.iaea.org/es/publicaciones>

Los términos empleados para describir las centrales nucleares avanzadas deben ajustarse a un entendimiento amplio, general y común tanto por parte del público como de la comunidad técnica. Esta publicación es una revisión del documento IAEA-TECDOC-936 en la que se incorporan los adelantos e iniciativas que han tenido lugar desde 1997 en las esferas de los diseños de reactores nucleares avanzados, evolutivos e innovadores y la descripción de las fases de desarrollo de un diseño, incluida la terminología pertinente sobre seguridad y regulación, de conformidad con las normas de seguridad y los glosarios actuales del OIEA. El objetivo de esta publicación es proporcionar a los Estados Miembros términos actualizados para describir las centrales nucleares avanzadas, establecer distinciones entre las fases de diseño que reflejen la madurez de los diseños y aclarar las definiciones de los términos comúnmente utilizados para describir las centrales nucleares avanzadas.