Los efluentes radiactivos en las centrales nucleares españolas (1980-1997)

Situación en el marco internacional



Colección Documentos 5. 1999





Los efluentes radiactivos en las centrales nucleares españolas (1980-1997)

Situación en el marco internacional

Mª José Barahona y Lucila Mª Ramos



Introducción

La producción de energía nucleoeléctrica genera desechos radiactivos cuyo tratamiento da lugar a residuos sólidos y a efluentes líquidos y gaseosos; mientras que los sólidos, debidamente acondicionados, se almacenan en instalaciones adecuadas a sus características, los líquidos y gases se descargan al medio ambiente una vez reducida su contaminación a niveles adecuados. Para ello, y de acuerdo con la reglamentación española^[11], las instalaciones disponen de sistemas de almacenamiento, tratamiento y evacuación adaptados a sus características. Dicha reglamentación requiere que toda evacuación de residuos radiactivos al medio ambiente disponga de una autorización administrativa expresa y que se efectúe según los límites y condiciones de dicha autorización; además, la vigilancia para la protección del publico debe basarse en la evaluación de las dosis que pudieran ser recibidas por el individuo que hace uso del entorno de las instalaciones.

En las centrales nucleares, los requisitos de operación exigibles a los sistemas de tratamiento de residuos y la vigilancia y control de los efluentes, necesarios para garantizar el cumplimiento de los límites de vertido, se establecen en las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento (ETF) y en el Manual de Cálculo de Dosis en el Exterior (MCDE). En el MCDE se desarrollan en detalle los programas de control de efluentes y de vigilancia radiológica ambiental, y se definen la metodología y los parámetros necesarios para la estimación de las dosis al público debidas a los vertidos radiactivos.

A nivel internacional, España como estado miembro de la Unión Europea debe dar cumplimiento al Artículo 37 del Tratado de Euratom, donde se establece que:

«Cada estado miembro deberá suministrar a la Comisión los datos generales sobre todo proyecto de vertido, cualquiera que sea su forma, de residuos radiactivos, que permita determinar si la ejecución de dicho proyecto puede dar lugar a una contaminación radiactiva de las aguas, del suelo o del espacio aéreo de otro estado miembro. La Comisión, previa consulta al grupo de expertos que contempla el Artículo 31, emitirá su dictamen en el plazo de seis meses».

En la fase de operación de las instalaciones, los estados miembros remiten los datos sobre las descargas de efluentes radiactivos, que son publicados periódicamente por la Comisión de la Unión Europea. Para facilitar la comparación entre los vertidos de las distintas instalaciones, los datos se normalizan utilizando como parámetro la actividad liberada por unidad de energía eléctrica producida. La comparación de las dosis debidas a los vertidos requiere, así mismo, una normalización de los modelos y criterios utilizados en los cálculos, lo cual resulta complejo debido a las distintas prácticas seguidas en los estados miembros. Como primer paso, la Comisión ha definido un modelo^[2] y desarrollado un código de cálculo para su aplicación (PCCREAM), pero quedan aún por resolver aspectos clave como la definición de los grupos críticos de la población. Por este motivo sólo en una ocasión la Comisión ha publicado los resultados de las dosis debidas a los vertidos de las centrales europeas, estimadas aplicando los mismos criterios para todas ellas.

Existen también, a nivel internacional, otras publicaciones sobre los vertidos radiactivos de las centrales nucleares, de los cuales los relativos a las centrales de Estados Unidos presentan un especial interés, ya que la mayoría de las centrales españolas son de tecnología americana. En un contexto más global, destacan también los informes del «United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation» (UNSCEAR), que recoge datos de numerosos países, incluido España, Comité al que el CSN facilita información anualmente.

El CSN ha venido realizando de forma sistemática estudios comparativos de los vertidos de las centrales nucleares españolas entre si y con las centrales europeas y americanas fundamentalmente, a fin de efectuar una valoración de los mismos en el ámbito nacional e internacional. En este documento se presenta un resumen de los resultados de dichos estudios para las centrales de agua ligera (LWR), los cuales permiten concluir que los vertidos de nuestras centrales y su impacto radiológico son equiparables a los de las centrales europeas y americanas de la misma tecnología.

Índice

Introducción	3
I. Generación de los residuos radiactivos y su tratamiento	7
II. Tipos de radionucleidos	15
III. Estimación de las dosis debidas a los vertidos	21
IV. Origen y tratamiento de los datos utilizados en el estudio	27
V. Evolución de los vertidos y las dosis de las centrales nucleares españolas y su situación en el marco nacio- nal e internacional	37
V.1. Grupos de referencia	42
V.1.1. Grupos de referencia para centrales PWR	42
V.1.2. Grupos de referencia para centrales BWR	47
V.2. Centrales nucleares PWR	53
V.2.1. Central nuclear José Cabrera	53
V.2.2. Central nuclear Almaraz I y II	60
V.2.3. Central nuclear Ascó I	67
V.2.4. Central nuclear Ascó II	74
V.2.5. Central nuclear Vandellós II	81
V.2.6. Central nuclear de Trillo	87
V.3. Centrales tipo BWR	93
V.3.1. Central nuclear de Santa María de Garoña	93
V.3.2. Central nuclear de Cofrentes	100
VI. Referencias	107

5



I. Generación de los residuos radiactivos y su tratamiento



I. Generacion de los residuos radiactivos y su tratamiento

Durante el proceso de producción de energía en un reactor nuclear se generan productos de fisión en el combustible, así como productos de activación neutrónica de los materiales estructurales del núcleo; al mismo tiempo tienen lugar fenómenos de activación del propio refrigerante, de las impurezas del mismo y de los productos de corrosión de los materiales estructurales del sistema. Además, la activación del aire de la cavidad del reactor también da lugar a la aparición de elementos radiactivos.

Los productos de fisión se generan como resultado de las reacciones de fisión que tienen lugar en el combustible nuclear; aunque la mayor parte de estos productos quedan retenidos dentro del elemento combustible, una pequeña fracción puede difundir a través de poros o fisuras existentes en las vainas de algunos elementos como consecuencia de defectos de soldadura o de fenómenos de corrosión localizada. Por ello, al fijar los límites de actividad del refrigerante primario, se considera que el reactor pueda funcionar hasta con un 1% de vainas deterioradas. De este modo algunos productos de fisión gaseosos, fundamentalmente gases nobles y radioyodos, así como una pequeña cantidad de productos de fisión sólidos, que son extraídos por la acción del agua a alta temperatura, aparecen en el refrigerante.

Los productos de activación del refrigerante se originan por el elevado flujo neutrónico en el núcleo del reactor, que da lugar a fenómenos de radiólisis y activación del propio refrigerante o de impureza presentes en el mismo. Por otra parte, la activación neutrónica de los productos de corrosión o erosión de los distintos materiales que se hallan en el núcleo y de los materiales del sistema de refrigeración, constituye una fuente más de contaminación.

La concentración de productos radiactivos en el refrigerante es función del nivel de potencia del reactor, del grado de quemado del combustible, del tipo de vaina y su integridad, de la presencia de impurezas y de aditivos químicos y del volumen y fase de purificación del refrigerante. Una fracción del refrigerante primario es purificada de modo continuo para eliminar parte de dicha radiactividad, generándose en este proceso distintos tipos de residuos que pasan a constituir uno de los aportes a los sistemas de tratamiento de desechos radiactivos.

Por otro lado, a causa de las fugas a través de las válvulas y de los sellos de las bombas, una parte del refrigerante escapa al interior de la contención y del edificio auxiliar. Una fracción de ese líquido se evapora y llega a formar parte de los efluentes gaseosos, mientras que otra permanece como líquido y constituye un aporte a los efluentes líquidos. La proporción relativa entre fase líquida y gaseosa que se produce depende de la temperatura y presión existentes en el punto donde tenga



Figura 1.1. Esquema general de efluentes líquidos. Centrales PWR

lugar la fuga. Mientras que la mayoría de los gases nobles pasa a la fase gaseosa, los radioyodos se incorporan a las dos fases.

En las centrales PWR, las fugas del refrigerante primario a través de fallos en los tubos del generador de vapor son la fuente de radiactividad del circuito de refrigeración secundario. Las fugas de agua o vapor del circuito secundario representan, a su vez, un aporte significativo a los sistemas de tratamiento de residuos líquidos y gaseosos.

En resumen, los aportes a los sistemas de tratamiento de residuos radiactivos líquidos de las centrales LWR tienen su origen en:

- Los escapes del refrigerante primario (fugas, drenajes y derrames de tanques...).
- El sistema de recuperación de boro (en el caso de PWR).
- La purga de los generadores de vapor (en el caso de PWR).
- Los drenajes de edificios auxiliares, del edificio de turbinas, drenajes de suelos y residuos químicos.
- La lavandería y las duchas de descontaminación del personal.

En lo que respecta a los sistemas de tratamiento de residuos radiactivos gaseosos, los aportes proceden esencialmente de:

- El circuito de refrigeración primario, concretamente del tanque de control químico y de volumen, del tanque de drenajes del refrigerante del reactor, del presionador o de sus tanques de alivio, gases de barrido.... (en el caso de PWR).
- El eyector de aire-vapor del condensador.
- El sistema de vapor de cierres.
- La fase vapor de la purga de los generadores de vapor (en el caso de PWR).
- La ventilación de edificios.

Las cantidades de los distintos tipos de productos radiactivos liberados en los efluentes líquidos y gaseosos dependen, por tanto, de la tecnología del reactor, del diseño de la planta y de los sistemas específicos de tratamiento de los mismos. Como consecuencia del tratamiento se generan corrientes de diversas categorías: reciclado, tratamiento y almacenamiento o evacuación. En las figuras 1.1 a 1.4 se presentan unos esquemas generales de los efluentes líquidos y gaseosos de las centrales PWR y BWR.

Las técnicas de tratamiento de los efluentes líquidos consisten en la evaporación, intercambio iónico y filtración, dándose a menudo una combinación de todas ellas a fin de conseguir una mayor descontaminación. Los

11







Figura 1.3. Esquema general de efluentes gaseosos. Centrales PWR

sistemas de tratamiento de residuos líquidos constan de varios subsistemas, con objeto de facilitar el tratamiento de los diferentes tipos de residuos generados. En las centrales PWR se suelen clasificar en:

- Sistema de Baja Actividad, que recoge los aportes de lavandería y duchas, drenajes de suelos de diferentes edificios, etc. El sistema de tratamiento incluye recepción, filtración, desmineralización y almacenamiento. Desde este susbsistema se efectúa, previo muestreo y análisis, la descarga.
- Sistema de Alta Actividad, donde se recogen y procesan aquellos desechos líquidos con mayor actividad; el tratamiento

consiste en la evaporación del residuo, obteniéndose un concentrado que pasa al Sistema de Desechos Sólidos y un destilado con una actividad mucho menor, que se descarga a través del Sistema de Baja Actividad.

En las centrales BWR, los sistemas se denominan generalmente como:

 Sistema de Baja Conductividad, donde se recogen y tratan los desechos radiactivos limpios, con una conductividad baja, tipo los procedentes de los drenajes de equipos, que tras el tratamiento mediante filtrado, desmineralizado y ajuste del pH, son reciclados para su reutilización en la central.

- Sistema de Alta Conductividad, que tiene por objeto recoger y tratar los desechos radiactivos sucios, de alta conductividad y contenido en sólidos elevado, tipo drenajes de suelos; el tratamiento incluye evaporación y desmineralización del destilado.
- Sistema de detergentes, donde se tratan principalmente los residuos de lavandería, duchas y descontaminación del personal; el tratamiento consiste en la evaporación tras una filtración previa.

En los residuos gaseosos hay que distinguir entre los gases propiamente dichos y los gases contaminados con aerosoles radiactivos; el tratamiento se basa generalmente en la retención en tanques de almacenamiento o tuberías de largo recorrido para permitir el decaimiento de los radionucleidos de vida corta, en la filtración para la eliminación de las partículas radiactivas sólidas en suspensión y de los radioyodos, y en la recombina-ción del tritio para formar agua tritiada, tratada posteriormente como residuo líquido. En las centrales BWR las extracciones del condensador principal constituyen la fuente más importante de contaminación radiactiva de los efluentes gaseosos, y se tratan por medio de un sistema específico (Off-Gas).

13



Figura 1.4. Esquema general de efluentes gaseosos. Centrales BWR



II. Tipos de radionucleidos



II. Tipos de radionucleidos

Los radionucleidos que se encuentran en el refrigerante de las centrales nucleares de agua ligera y que posteriormente aparecen en los efluentes radiactivos, se clasifican en distintos grupos atendiendo a sus características fisicoquímicas. Así podemos distinguir:

Gases nobles de fisión

Los gases nobles que se forman como consecuencia del proceso de fisión son fundamentalmente isótopos del kriptón y del xenón, de los cuales los más significativos, bien porque representen el mayor porcentaje o bien debido a su largo período de semidesintegración, son: Kr-85; Kr-85m; Kr-87; Kr-88; Xe-133; Xe-135; Xe-135m; Xe-138.

La presencia de gases nobles de fisión en el refrigerante de una central nuclear suele ser consecuencia de la existencia de fallos en algún elemento combustible y son, junto con el tritio, los radionucleidos que suponen una mayor contribución a la actividad de los efluentes radiactivos en las descargas rutinarias.

Gases de activación

En una central de agua ligera, la activación del agua utilizada como refrigerante da lugar a la formación de diversos isótopos en estado gaseoso de los cuales el más importante es el N-16. Otros gases a considerar son los que se forman por la activación del aire de la cavidad del reactor, como es el caso del C-14 y del Ar-41.

Halógenos

Los halógenos formados como consecuencia del proceso de fisión son en su mayoría isótopos del yodo, productos solubles parcialmente volátiles; los radioyodos escapan del núcleo en forma de yoduro, fundamentalmente de cesio (CsI). El I⁻, que no es volátil, puede reaccionar con los productos de la radiolisis del agua formando, entre otros com-puestos, yodo molecular (I₂) y ácido hipo-yodoso (HIO), que sí son volátiles. Por tanto, los radioyodos están presentes tanto en los efluentes líquidos como en los gaseosos.

Los isótopos que se determinan normalmente son: I-131; I-132; I-133; I-134; I-135. No obstante, los más interesantes desde el punto de vista radiológico son el I-131 y el I-133 por su mayor período de semidesintegración y su radiotoxicidad. (17)

La presencia de radioyodos en el refrigerante y en los efluentes radiactivos también es indicativa de la existencia de defectos en los elementos combustibles.

Partículas

La presencia de radionucleidos en forma de partículas se debe al proceso de fisión, a la desintegración de los gases nobles de fisión y a la activación de las sustancias que se encuentran disueltas o en suspensión en el refrigerante, como es el caso de los productos de corrosión y de erosión de los materiales estructurales y de las vainas (circonio, plata, cadmio, hierro, manganeso, cobalto, etc.); de las sustancias que se añaden para el control del pH y de la calidad del agua (boro y litio); y de las impurezas presentes en el agua (calcio, hierro, magnesio, manganeso, etc.).

El paso de las partículas desde el refrigerante del reactor a los efluentes gaseosos se produce como consecuencia de la formación de aerosoles por fugas del propio refrigerante o bien por actividades de mantenimiento con componentes activos extraídos del circuito primario.

La composición isotópica de las partículas varía de una central a otra ya que, entre otros factores, depende de las impurezas presentes en las vainas y en los materiales estructurales, de la química del refrigerante y de los defectos que existan en los elementos combustibles. No obstante, se pueden mencionar como más frecuentes los siguientes radionucleidos: Co-58; Co-60; Sr-89; Sr-90; Mn-54; Cs-134; Cs-137; Zr-95; Nb-95; Sb-124; Sb-125; etc.

Tritio

El tritio se produce en los reactores LWR por fisión ternaria en el combustible nuclear y por reacciones de activación neutrónica con los isótopos de litio y de boro disueltos en el refrigerante o en contacto con él. Mientras que en los reactores PWR la generación de tritio obedece principalmente a reacciones con el boro disuelto en el refrigerante, que se utiliza para controlar la reactividad, en los BWR se debe al boro presente en las barras de control.

Este radionucleido, que se encuentra en forma de agua tritiada, en líquido o vapor, se incorpora al organismo por inhalación, ingestión o absorción a través de la piel.

Atendiendo a los tipos de radionucleidos mencionados, los efluentes radiactivos gaseosos se suelen dividir en cuatro grupos: gases nobles, halógenos, partículas y tritio. Sin embargo, cuando se trata de los efluentes radiactivos líquidos únicamente se hace distinción entre el tritio y los restantes radionucleidos, los cuales se engloban bajo la denominación «Actividad total salvo tritio».

Es preciso señalar que las centrales nucleares españolas, al igual que las de USA, determinan la actividad de los gases disueltos o arrastrados que pueda haber en los efluentes líquidos, pero como este parámetro no está considerado en los valores de actividad total salvo tritio publicados internacionalmente, tampoco se ha incluido en los datos españoles. Es decir que lo que se está considerando en el presente documento como actividad total salvo tritio, es en realidad actividad total sin tritio ni gases disueltos: Así mismo, en este documento se considera el I-131, en lugar de la totalidad de los halógenos, porque es la actividad de este radionucleido la que únicamente se publica a nivel internacional.

19

1		

III. Estimación de las dosis debidas a los vertidos



III. Estimacion de las dosis debidas a los vertidos

En las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento (ETF) de las centrales nucleares españolas se requiere que se establezca un programa para controlar los efluentes radiactivos y para mantener las dosis a los individuos del público debidas a los vertidos radiactivos tan bajas como sea posible y siempre inferiores a:

- Un límite anual de dosis equivalente efectiva de 1 mSv en 12 meses consecutivos.
- Un límite anual de dosis equivalente a cualquier órgano de 50 mSv en 12 meses consecutivos en caso de irradiación parcial o total no uniforme del organismo.

Las ETF requieren además que el Programa de Control de Efluentes Radiactivos se desarrolle en detalle en el Manual de Cálculo de Dosis en el Exterior (MCDE), cuyo contenido deberá incluir:

Los requisitos exigidos a la instrumentación para la vigilancia en continuo de los vertidos líquidos y gaseosos.

- Límites instantáneos.
- Restricciones operacionales de dosis.
- Los programas de muestreo y análisis y los cálculos de dosis requeridos para verificar el cumplimiento de dichos límites.
- Las condiciones de operación de los sistemas de tratamiento de efluentes.

En la tabla 3.1 se resume el sistema de limitación de vertidos. De acuerdo con lo indicado en dicha tabla, como restrición operacional se ha establecido una dosis equivalente efectiva de 0,1 mSv/a; este valor se distribuye de forma genérica entre los efluentes líquidos y gaseosos, correspondiendo el 20 % a los primeros y el 80% a los segundos; sin embargo, este reparto es diferente en algunas centrales, dependiendo de la contribución a la dosis de los vertidos líquidos y

Tabla 3.1. Límites de vertido

Limitación	Vertido	Variable	Valor
Límites Instantáneos	Gases Líquidos	Tasa de dosis Concentración	5 mSv/a RPSRI (5 mSv/a) ¹
Restricciones Operacionales	Total	Dosis Equivalente Efectiva	0,1 mSv/a
	Gases ²	Dosis Equivalente Efectiva	0,08 mSv/a
	Líquidos²	Dosis Equivalente Efectiva	0,02 mSv/a

1. Valores de concentración derivados de los límites de dosis al público del Reglamento de Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes.

^{2.} Valores genéricos; en algunas instalaciones el reparto entre líquidos y gases es diferente.

gaseosos; en el MCDE de cada instalación se establece el valor asignado en cada caso.

Los diferentes modelos utilizados para la correlación entre los efluentes emitidos al medio ambiente y las dosis debidas a los mismos obedecen a un mismo esquema general y requieren:

- Conocer el término fuente, incluyendo la actividad vertida, composición isotópica y características de las descargas (continua o en tandas, duración etc).
- Conocer las características del emplazamiento, que sirven para definir los factores que condicionan el comportamiento

de los radionucleidos en los distintos ecosistemas, tales como:

- Los parámetros de dispersión de los efluentes en los medios receptores primarios (atmósfera e hidrosfera).
- Las características de la población afectada (demografía).
- Los hábitos de la población.
- El uso de la tierra y el agua (abastecimientos de agua, aprovechamiento agrícola y ganadero, etc).
- Disponer de modelos que caractericen el comportamiento en el medio ambiente de los radionucleidos emitidos; estos modelos permiten obtener, a partir de la



Figura 3.1. Vías de exposición efluentes gaseosos y líquidos

concentración de actividad en los vertidos, la concentración en cada uno de los componentes del ecosistema que constituye una vía de transferencia hacia el hombre. En la figura 3.1 se presenta un esquema de estas vías, que incluyen:

Para efluentes gaseosos:

- Irradiación externa debida a la nube radiactiva y al material radiactivo depositado en el suelo.
- Contaminación interna por ingestión de alimentos de origen animal o vegetal contaminados.
- Contaminación interna por inhalación.

Para efluentes líquidos:

- Irradiación externa por la exposición a los depósitos de material radiactivo en las orillas del medio receptor (mar, río, playa) o por actividades recreativas acuáticas.
- Contaminación interna por ingestión de alimentos de origen animal o vegetal contaminados.
- Contaminación interna por ingestión de agua.

Si bien, los modelos de cálculo presentan pocas diferencias, las hipótesis y parámetros utilizados para definir al individuo crítico varian considerablemente de unos países a otros.

La Directiva 96/29/Euratom de 13 de mayo de 1996^[2] sobre normas básicas para la protección de la salud de los trabajadores y del público en general contra los riesgos derivados de las radiaciones ionizantes, de próxima trasposición a las legislaciones comunitarias, requiere que se efectuen estimaciones realistas de las dosis.

En este contexto, la Comisión de la UE ha definido un modelo^[3] y desarrollado el código de cálculo PCCREAM de acuerdo con el mismo, para su aplicación por los estados miembros. No obstante, las características del grupo crítico están por definir, para lo cual se ha constituido un grupo de trabajo entre los expertos del Artículo 31 del Tratado de Euratom. Un estudio comparativo de las prácticas seguidas en los distintos países realizado por la Comisión ha puesto de manifiesto las diferencias existentes en cuanto a las características de los grupos.

En las centrales nucleares españolas, los MCDE contienen la metodología y los parámetros utilizados en la estimación de las dosis debidas a los vertidos. En todos los casos las hipótesis y los parámetros adoptados son muy conservadores, ya que el objetivo perseguido es verificar el cumplimiento de la limitación de los vertidos, no pretendiéndose realizar una estimación realista de las dosis a la población. En este sentido, se supone que el individuo crítico considerado en los cálculos permanece de modo continuo en aquellos lugares donde la exposición es máxima; todos los productos que consume proceden de la zona de influencia de la instalación donde las concentraciones de actividad son máximas, considerándose además tasas de consumo máximas.

IV. Origen y tratamiento de los datos utilizados en el estudio



IV. Origen y tratamiento de los datos utilizados en el estudio

En este documento se consideran los vertidos líquidos y gaseosos de las centrales de agua ligera y las dosis estimadas debidas a los mismos; no se incluyen, por tanto, los datos correspondientes a la central nuclear de Vandellós I, refrigerada por gas, que además se encuentra parada desde 1989 y está actualmente en fase de desmantelamiento. Para las centrales españolas se presentan los valores calculados utilizando la metodología y parámetros definidos en el Manual de Calculo de Dosis en el Exterior de cada instalación; para el resto de las instalaciones los datos se han extraído de publicaciones de la Unión Europea, de los Estados Unidos de América y de UNSCEAR.

Datos de España

Las centrales nucleares españolas del tipo de agua ligera pertenecen a tres generaciones diferentes, clasificadas así en función del año de inicio de su explotación. En la primera generación se encuadran José Cabrera y Santa María de Garoña; posteriormente iniciaron su operación Almaraz I y II, Ascó I y II y Cofrentes que constituyen la segunda generación; por último, la tercera generación la componen Vandellós II y Trillo.



Figura 4.1. Centrales nucleares españolas

En el mapa de la figura 4.1 se presenta la ubicación de estas centrales, cuyas principales características se resumen en la tabla 4.1.

La información sobre los vertidos radiactivos que deben remitir los titulares de las centrales nucleares al CSN se establece en la Guía de Seguridad GS-1.7^[4]; esta información incluye datos relativos a los efluentes líquidos y gaseosos y a las dosis estimadas debidas a los mismos, como se pone de manifiesto en la tabla 4.2. Para facilitar el seguimiento y control de estos efluentes se creó en el CSN una base de datos de efluentes líquidos y gaseosos (ELGA), que contiene información sobre los efluentes vertidos desde 1985, así como las dosis debidas a los mismos. En este estudio se han utilizado los datos de la base ELGA; para los años anteriores a 1985, se ha recurrido al fichero de datos históricos elaborado con anterioridad a la creación de la misma, que contiene los valores de actividad anual de cada uno de los grupos de radionucleidos considerados desde 1970 hasta 1989. Los datos de la energía eléctrica neta, no incluida en la base ELGA, se han extraído de los informes mensuales de explotación de cada central correspondientes al mes de diciembre de cada año, que incluye el total de la producción anual.

Por otro lado, en el caso de la central nuclear de Almaraz es conveniente señalar que, aunque consta de dos unidades diferentes, el sistema de tratamiento de los efluentes radiactivos líquidos es común a ambas, por lo que los datos enviados al CSN y considerados en este estudio corresponden a las dos unidades conjuntamente. Por este motivo, con el fin de aplicar el mismo tratamiento a todos los datos, los de efluentes gaseosos también se han presentado de modo conjunto para las dos unidades.

Los datos que se han considerado en todos los casos como punto de partida han sido parámetros anuales de cada una de las centrales que están o han estado en operación en el período de tiempo que abarca el presente estudio.

Los cálculos de las dosis anuales debidas a los vertidos de las centrales españolas se realizan aplicando metodologías e hipótesis comunes para todas ellas, con excepción de aquellos parámetros específicos de cada emplazamiento; estos cálculos incorporan un elevado grado de conservadurismo, ya que como se ha indicado con anterioridad, se trata de verificar el cumplimiento de la limitación de vertidos, y no determinar de un modo realista las dosis recibidas por la población.

Datos de la Unión Europea

Los datos de la UE se han extraído de los documentos «Radioactive Effluents from Nuclear Power Stations and Nuclear Fuel Reprocessing Plants in the European Community», elaborados por la Comisión Europea para los períodos 1977-1986^[5] y 1987-1991^[6]. El primer

Tabla 4.1. Características de las centrales nucleares

Central Nuclear	Localidad (Provincia)	Tipo de Reactor	Potencia Eléctrica (*)	Operación Comercial Agosto 1969	
José Cabrera	Almonacid de Zorita (Guadalajara)	PWR	160 MW		
Santa María de Garoña	Valle de Tobalina (Burgos)	BWR	460 MW	Mayo 1971	
Almaraz	Almaraz (Cáceres)	Unidad I PWR	930 MW	Septiembre 1983	
		Unidad II PWR	930 MW	Julio 1984	
Ascó	Ascó (Tarragona)	Unidad I PWR	930 MW	Diciembre 1984	
		Unidad II PWR	930 MW	Marzo 1986	
Cofrentes	Cofrentes (Valencia)	BWR	994 MW	Marzo 1985	
Vandellós II	Vandellós (Tarragona)	PWR	992 MW	Marzo 1988	
Trillo	Trillo (Guadalajara)	PWR	1.066 MW	Agosto 1988	

(*) En algunas centrales se han autorizado ligeros aumentos de potencia

Tabla 4.2. Datos sobre efluentes remitidos mensualmente al CSN

	Emisión en tandas	Emisión en continuo	Emisión total	
Efluentes líquidos	 Número de tandas 	 Volumen total 	• Volumen de dilución	
	• Volumen total	• Duración global	 Concentración máxima en el canal de descarga 	
	• Duración global	 Identificación de cada vía de descarga 	 Concentración media en el canal de descarga 	
	 Identificación de cada vía de descarga 	 Actividad isotópica emitida por cada vía 	Actividad total	
	 Actividad isotópica emitida por cada vía 		• Dosis equivalente efectiva	
			 Dosis equivalente al órgano 	
Efluentes gaseosos	Número de tandas	• Volumen total	 Factor (X/Q) de dilución atmosférico más conservador 	
	• Volumen total	• Duración global	 Factor (D/Q) de deposición más con- servador 	
	• Duración global	• Identificación de cada vía . descarga	Tasa máxima de actividad de de gases nobles	
	 Identificación de cada vía de descarga 	 Actividad isotópica emitida por cada vía 	Actividad total	
	 Actividad isotópica emitida por cada vía 		Dosis equivalente efectiva	
			 Dosis equivalente al órgano 	

documento contiene, además, una estimación de las dosis individuales y colectivas debidas a estos vertidos; estos cálculos se han realizado utilizando la misma metodología en todos los casos y parámetros genéricos salvo cuando la Comisión disponía de datos específicos de cada instalación.

Se han considerado los vertidos de 84 reactores PWR y 18 BWR, cuyas principales características se resumen en la tabla 4.3. Estos datos presentan a veces ciertas particularidades; así, a veces se incluye conjuntamente la actividad debida a partículas y a halógenos, o la debida a gases nobles y tritio; aunque la mayoría de los países facilita datos sobre la actividad del I-131, en algún caso particular se refieren a todos los halógenos; estas discrepancias, determinadas por las características específicas de los programas de vigilancia de efluentes en cada país, no repercuten de un modo muy significativo en los valores totalizados para el conjunto de las centrales nucleares de agua ligera de la UE. Dado que la Comisión no ha publicado datos de años posteriores a 1991, los años 1992, 1993 y 1994 se han completado con los incluidos por UNSCEAR en su último informe^[7]; es preciso señalar que estos datos son provisionales debido a que aún no se ha elaborado el documento definitivo, el cual se encuentra en fase de borrador.

En el informe de la UE correspondiente al período 1977-86 se incluyen los resultados

de las dosis debidas a los vertidos gaseosos de las centrales europeas para dicho periodo; los datos presentados corresponden a las dosis para un individuo adulto a una distancias de 0,5 y 5 km respectivamente. Se ha tomado como referencia la central nuclear de Neckarwestheim (Alemania).

Datos de Estados Unidos de America

Los datos de USA también proceden de diversas fuentes. Concretamente, los datos relativos a los efluentes radiactivos líquidos (tritio y actividad total sin tritio), los gases nobles vertidos en los efluentes gaseosos y la energía eléctrica neta producida se han extraído de los documentos «Annual Report 1989» (NUREG/CR-2907)^[8] y «Annual Report 1992» (NUREG/CR- 2907)^[9], publicados por la NRC.

Debido a que en estos documentos no se incluyen valores de tritio en los efluentes gaseosos y que los valores de actividad de I-131 y de partículas en dichos efluentes gaseosos se dan como un dato único, se ha recurrido a las publicaciones de las Naciones Unidas para su obtención, en particular al informe UNSCEAR-88 para el período 1980-1984^[10]; al informe UNSCEAR-93^[11] para el período 1985-1989; y al borrador antes referido del último informe UNSCEAR, de fecha 6 de marzo de 1997 para el período 1990-1994^[7]. Respecto a estos últimos datos también hay que señalar su carácter provisional por tratarse de un documento no definitivo.

Unidad	Potencia autorizada (MWe)	Fecha de inicio/parada
Centrales PWR		
Bélgica		
Doel 1	400	1974
Doel 2	400	1975
Doel 3	900	1982
Doel 4	1010	1985
Tihange 1	870	1975
Tihange 2	901	1982
Tihange 3	1020	1985
Francia	1020	
Traneia		
Belleville 1	1310	1987
Belleville 2	1310	1988
Blayais 1	910	1981
Blayais 2	910	1982
Blayais 3	910	1983
Blayais 4	910	1983
Bugey 2	920	1978
Bugey 3	920	1979
Budev 4	920	1979
Bugey 5	920	1979
Cottonom 1	1200	1096
Cattenom 2	1200	1007
Catterion 2	1200	1907
Catteriorn 3	1300	1990
Catteriom 4	1300	
Chinon B1		1982
Chinon B2		1983
Chinon B3		1986
Chinon B4		1987
Chooz	305	1967/91
Cruas 1	880	1983
Cruas 2	915	1984
Cruas 3	880	1984
Cruas 4	880	1984
Dampierre 1	890	1980
Dampierre 2	890	1980
Dampierre 3	890	1981
Dampierre 4	890	1981
Eassanhoim 1		1077
Feesenheim C	000	1077
Fessenheim 2	880	
Flamanville 1	1330	1985
Flamanville 2	1330	1986

Tabla 4.3. Características generales de las centrales nucleares de la UE

Unidad	i.	21.23	F	ot	er	nc	ia auto (MWe)	oria	za	da		Fecha de inicio/parada	
Golfech 1							1310					1990	
Graveline 1							910					1980	
Graveline 2	į						910					1980	
Graveline 3							910					1980	
Graveline 4							910					1981	
Graveline 5							910					1984	
Graveline 6		,					910					1985	
Nogent 1							1310					1987	
Nogent 2		•					1310					1988	
Paluel 1							1310			7		1984	
Paluel 2							1310					1984	
Paluel 3	ĺ						1310	·				1985	
Paluel 4	•	•	•	•		•	1310			•	•	1986	
Penly 1	•	•	•	•	•	•	1330	·				1990	
St Alban 1	·						1335	ĺ	Ì			1985	
St Alban 2	•	•	•		•		1335	•	•	•	•	1986	
St Laurent B1		•	•	•	•		915					1981	
St Laurent B2			•	•	•	•	880	•		•	•	1981	
Tricastin 1	,	•	•	•	•		915	·	Ċ	•	Ċ	1980	
Tricastin 2		•		•	•		915		•	•	•	1980	
Tricastin 3	•	•	•	•	•	•	915	•	•	•	•	1981	
Tricastin 4			•	·	•	•	915	•		•	•	1981	
Alemania													
Biblis A							1146					1974	
Biblis B							1240					1976	
Brokdorf			ĺ				1307					1986	
Greifswald							1440					1973/90	
Greifswald 2	•		•		•		440	•	•	•	•	1974/90	
Greifswald 3	•		•		•	•	440	·	·	•	•	1977/90	
Greifswald 4	·		•		•	•	440	•	÷	•	•	1979/90	
Grohnde	÷	•	•			•	1300		•	•		1984	
lsar 2	•	•		•	•	·	1310	•	•	•	•	1988	
Muelheim-Kaerl	ict	1	•		•	·	1165	•	•	•	•	1986	
Neckarwestheim		÷	•	•	•		785	•	•	•		1976	
Neckarwestheim	12				•		1225	•		•	•	1989	
Obrigheim	•	÷	•		•		340	•	•		•	1968	

Tabla 4.3. (Continuación)

Unidad	Potencia autorizada (MWe)	Fecha de inicio/parada		
Phillisburg 2	1268	1984		
Rheinsberg	70	1966/90		
Stade	640	1972		
Unterweser	1230	1978		
Italia				
Trino	260	1964/88		
Holanda				
Borssele	452	1973		
Suecia				
Ringhals 2 Ringhals 3 Ringhals 4	875 915 915	1975 1981 1983		
Centrales BWR				
Alemania				
Brunsbuettel	771	1976		
Gundremmingen B	1240	1984		
Gundremmingen C	1248	1984		
Isar 1	870	1977		
Kruemmel	1260	1983		
Philippsburg 1	864	1979		
Wuergassen	640	1971/90		
Italia				
Caorso	860	1978/88		
Holanda				
Dodewaard	55	1968		
Suecia				
Barsebäck 1	600	1975		
Forsmark 1 Forsmark 2 Forsmark 3	968 968 1155	1980 1981 1985		
Oskarshamn 1	442	1972		
Oskarshamn 2	605	1975		
Oskarshamn 3	1160	1985		
Ringhals 1	795	1976		

En total se han considerado 78 reactores PWR y 39 reactores BWR, cuyas principales características se recogen en la tabla 4.4.

La Nuclear Regulatory Commission de USA publica los resultados de las estimaciones de las dosis debidas a los vertidos de las centrales nucleares americanas regularmente^[12]; sin embargo, estos datos no se han considerado al estar expresados en magnitudes dosimétricas distintas a las europeas.

Tratamiento de los datos

A partir de la información disponible sobre los efluentes líquidos y gaseosos, se han elaborado unos ficheros con los datos de la energía eléctrica producida y la actividad vertida anualmente de cada uno de los grupos de radionucleidos estudiados:

- Para los efluentes líquidos, tritio y actividad total sin tritio.
- Para los efluentes gaseosos, gases nobles, I-131, partículas y tritio.

Estos datos se han procesado para obtener los valores anuales de dichos parámetros, referidos al conjunto de todas las centrales PWR y BWR de cada país. Además, en el caso de la UE, se han totalizado para el conjunto de los países implicados.

Como parámetro comparativo se ha utilizado la actividad anual normalizada, obtenida al dividir la actividad anual vertida por la
Unidad	(MWe)	inicio/parada
Centrales PWR		
Arkansas-1	836	1974
Arkansas-2	858	1980
Beaver Valley 1-2	1643	1976-87
Braidwood-1	1120	1988
Braidwood-2	1120	1988
Byron 1-2	2210	1985-87
Callaway 1	1118	1984
Calvert Cliffs 1-2	1650	1975-77
Catawba 1	1129	1985
Catawba 2	1129	1986
Comanche Peak 1-2	2300	1990
Crystal River 3	821	1977
David-Besse 1	860	1978
Diablo Canyon 1-2	2160	1985-86
Donald C. Cook 1-2	2080	1975-78
Fort Calhoun 1	478	1974
H.B. Robinson 2	665	
Haddam Neck	565	1968
Harris 1	860	
Indian Point 1-2		1962-74
Indian Point 3	965	1976
Joseph M. Farley 1	824	
Joseph M. Farley 2	830	
Kewaunee	503	1974
Maine Yankee		1972
McGuire 1	 1129	
McGuire 2	1129	
Millstone 2	863	1975
Millstone 3	1142	1986
North Anna 1-2	1830	1978-80
Oconee 1-2-3	2538	1973-74

Fecha de Potencia autorizada inicio/parada (MWe) Unidad 730 1971 Palisades 1986 Palo Verde 1 1221 1986 1221 Palo Verde 2 1988 1221 Palo Verde 3 1970-71 970 Point Beach 1-2 1973-74 1003 Prairie Island 1-2 1970 470 R.E. Ginna 1975/91 Rancho Seco 1 873 1977 1106 Salem 1 1106 1981 Salem 2 San Onofre 1 1968 436 1983-84 San Onofre 2-3 2150 1150 1990 Seabrook 1 1981-82 2296 Sequoyah 1-2 1988 1250 South Texas 1 1989 South Texas 2 1250 1976 839 St. Lucie 1 839 1983 St. Lucie 2 885 1984 Summer 1 1562 1972-73 Surry 1-2 808 1974 Three Mile Island 1 1978 Three Mile Island 2 0 1976-93 1095 Trojan Turkey Point 3 666 1972 1973 Turkey Point 4 666 2166 1987-89 Votgle 1-2 1985 Waterford 3 1075 1985 1135 Wolf Creek 1 1961-92 Yankee Rowe 1 167 1973-74 2080 Zion 1-2

35

Tabla 4.4. Características generales de las centrales nucleares PWR de USA

Tabla 4.4. (Continuación)

Unidad	Potencia autorizada (MWe)	Fecha de inicio/parada
Centrales BWR		
Big Rock Point	67	1963
Browns Ferry 1-2-3	3195	1974-75-77
Brunswick 1-2	1580	1977-75
Clinton 1	946	1987
Cooper	764	
Dresden 1	200	1060/91
Dresden 2-3	1545	1900/81
Duane Arnold	538	1975
Edwin I. Hatch 1-2	1525	1975-79
Fermi 2	1093	1986
Grand Gulf 1		1985
Hope Creek 1	1031	1986
Humboldt Bay 3	65	1963/77
James A. Fitzpatrick	757	1975
Lacrosse		1969/88
Lasalle 1-2	2072	1984
Limerick 1-2		1986-90
Millstone 1	654	1971
Monticello	536	1971
Nine Mile Point 1	610	1969
Nine Mile Point 2	1072	1988
Oyster Creek 1	620	1969
Peach Bottom 2-3	2086	1974
Perry 1		1987
Pilgrim 1	670	1972
Quad Cities 1-2	1538	1973
River Bend 1	936	1986
Susquehanna 1-2	2070	1983-85
Vermont Yankee	504	1972
WNP-2	1095	1984

energía eléctrica neta producida. La producción de efluentes puede considerarse más ligada a la energía bruta producida, que a la neta, siendo indiferente qué parte de esta energía se utilice para consumo propio de la central o para su distribución al exterior; no obstante en este estudio se ha considerado la energía neta por ser ésta la práctica internacional, y por no disponerse en todos los casos de los valores de energía bruta producida.

Para realizar comparaciones globales de los efluentes radiactivos por tipos de centrales (PWR, BWR) y por países (España, UE, USA), se han procesado los datos de modo que todas las centrales pertenecientes a cada uno de los dos tipos y a cada país se han tratado como una única instalación. Es decir, se ha calculado la actividad normalizada dividiendo en cada caso la actividad anual, suma de las actividades vertidas por todas las centrales implicadas, por la energía eléctrica producida por el conjunto de ellas.

Por lo que respecta a las dosis debidas a los vertidos, en las centrales españolas se han considerado los resultados de los cálculos realizados por el CSN hasta 1991 y los incluidos en los informes mensuales de explotación de las centrales a partir de dicho año, ya que en 1992 se unificó el sistema de limitación de vertidos en todas las centrales, siendo los datos calculados por las centrales comparables a partir de entonces. V. Evolución de los vertidos y las dosis de las centrales nucleares españolas y su situación en el marco nacional e internacional



V. Evolución de los vertidos y las dosis de las centrales nucleares españolas y su situación en el marco nacional e internacional

Para el análisis de los datos debidos a los vertidos de las instalaciones, en este documento se considera:

- La evolución de los efluentes líquidos y gaseosos durante el período 1980-1997 y las dosis calculadas a partir de los vertidos anuales.
- La situación de los efluentes de cada instalación en relación con los vertidos del conjunto de las centrales españolas, europeas y americanas de la misma tecnología.
- La evolución de las dosis anuales debidas a los vertidos de las centrales españolas, comparando los valores obtenidos con los límites de vertido, y su situación en el contexto de las centrales europeas, ya que los datos de las centrales americanas no son comparables.

Para facilitar el seguimiento de la información, se realiza en todos los casos una presentación gráfica de los resultados.

Evolución de los efluentes desde el inicio de la operación

En el análisis de los datos históricos de los vertidos de las centrales se han analizado sus tendencias y se ha tratado de identificar aquellos sucesos y circunstancias, ocurridos en cada instalación en el período considerado, que hayan podido ser relevantes en cuanto a la emisión de efluentes radiactivos líquidos y gaseosos, teniendo en cuenta que la producción de residuos está íntimamente ligada a la situación de la planta.

Situación de los efluentes de cada instalación en relación con los de las centrales españolas, europeas y americanas de la misma tecnología

Para valorar la situación de cada una de las centrales nucleares españolas en el entorno nacional se ha considerado el conjunto de centrales de su misma tecnología: PWR o BWR. Es preciso tener en cuenta que como en España sólo hay dos centrales de agua en ebullición, los valores del conjunto de centrales de este tipo estarán muy influenciados por las variaciones que se produzcan en cada una de ellas. Como ya se ha indicado, en lo que se refiere al contexto internacional, se han considerado como grupos de referencia las centrales de Estados Unidos y las de la UE.

En ambos casos se realiza un análisis comparativo considerando, por un lado, los órdenes de magnitud de los distintos datos de efluentes, identificando las diferencias máximas producidas y, por otro lado, contrastando los valores medios obtenidos en cada caso con la media aritmética del conjunto de datos correspondientes a los años considerados.

Conviene señalar que durante paradas prolongadas, como las que tienen lugar para la recarga del combustible o por otras causas, se siguen generando residuos como consecuencia de algunas de las operaciones realizadas; la energía anual producida en estas circunstancias es menor, lo que conduce a menudo a incrementos ficticios en la actividad normalizada, ya que en general la actividad anual vertida disminuye. Por esta razón se ha adoptado el criterio de no contemplar en los cálculos aquellos valores de actividad normalizada obtenidos a partir de valores de energía eléctrica que sean inferiores al 10% de la producción media habitual.

Los datos se han representado gráficamente para visualizar fácilmente la relación existente entre ellos. Para cada uno de los grupos de radionucleidos considerados y para los dos tipos de central, se han elaborado dos modelos de gráficas:

- Una gráfica genérica, en la que se representan los valores globales de todas las centrales de España, de la UE y de USA.
- Gráficas particularizadas para cada una de las centrales españolas, en las que se relacionan sus valores con los de los tres grupos de referencia.

En adelante, para simplificar, cuando se aluda en el texto a los datos globales de las centrales que constituyen cada uno de los grupos de referencia, se indicará solamente España, la UE o USA, según el caso de que se trate.

Dosis debidas a los vertidos de las centrales españolas en el marco de la UE

En la figura 5.1. se presentan gráficamente los valores estimados de las dosis debidas a los



Figura 5.1. Dosis Equivalente Efectiva Total (mSv/a)

Efluentes gaseosos					Efluentes gaseosos					
Año	19	977	19	86	Año		977	19	86	
Distancia	0,5 km	5,0 km	0,5 km	5,0 km	Distancia	0,5 km	5,0 km	0,5 km	5,0 km	
Bélgica					Francia					
Doel (PWR)	4.0E-06	2.9E-07	4.4E-06	2.9E-07	Blayais (PWR)	0.0E+00	0.0E+00	8.4E-06	5.0E-07	
Tihange (PWR)	5.8E-07	7.9E-08	5.8E-07	8.1E-08	Bugey (PWR)	0.0E+00	0.0E+00	5.6E-06	3.6E-07	
					Cattenom (PWR)	0.0E+00	0.0E+00	1.1E-06	7.4E-08	
República Federal A	lemana				Chinon B (PWR)	0.0E+00	0.0E+00	5.5E-06	3.3E-07	
Biblis A (PWR)	2.0E-08	2.3E-09	9.2E-08	1.2E-08	Chooz (PWR)	5.6E-06	2.1E-07	6.3E-06	2.2E-07	
Biblis B (PWR)	1.8E-07	1.6E-08	5.0E-08	7.3E-09	Cruas Meysse (PWR)	0.0E+00	0.0E+00	5.9E-06	3.6E-07	
Brokdorf (PWR)	0.0E+00	0.0E+00	3.8E-10	2.0E-11	Dampierre (PWR)	0.0E+00	0.0E+00	8.5E-06	5.4E-07	
Brunsbeuttel (BWR)	1.5E-06	1.9E-07	1.2E-06	1.9E-07	Fessenheim (PWR)	2.9E-06	1.8E-07	3.2E-06	1.9E-07	
Grafenrheinfeld					Flamanville (PWR)	0.0E+00	0.0E+00	1.8E-06	1.7E-07	
(PWR)	0.0E+00	0.0E+00	1.7E-07	2.6E-08	Gravelines (PWR)	0.0E+00	0.0E+00	9.4E-06	4.7E-07	
Grohnde (PWR)	0.0E+00	0.0E+00	5.8E-08	7.7E-09	Paluel (PWR)	0.0E+00	0.0E+00	9.1E-06	4.4E-07	
Gundremmingen BC					St. Alban (PWR)	0.0E+00	0.0E+00	1.4E-06	9.1E-08	
(BWR)	0.0E+00	0.0E+00	1.3E-06	2.0E-07	St. Laurent B (PWR)	0.0E+00	0.0E+00	3.2E-06	2.0E-07	
Isar 1 (BWR)	5.5E-07	8.4E-08	6.2E-07	9.6E-08	Tricastin (PWR)	0.0E+00	0.0E+00	2.4E-06	1.4E-07	
Kruemmel (BWR)	0.0E+00	0.0E+00	7.0E-07	1.1E-07	Italia					
Muelheim Kaerlich	0.05.00	0.05.00	2 OF 08	3 7E 00	Caorso (BWR)	0.0E+00	0.0E+00	3.2E-06	2.8E-07	
(PWR)	0.0E+00	0.02+00	3.0L-08	5.72-03	Trino (PWR)	9.1E-07	2.8E-07	9.1E-07	2.8E-07	
Neckarwestheim (PWR)	5.9E-07	5.0E-08	1.1E-07	1.3E-08	Holanda					
Obrigheim (PWR)	3.7E-07	2.3E-08	1.2E-07	8.1E-09	Borssele (PWR)	5.8E-07	3.6E-08	4.6E-07	3.0E-08	
Philippsburg 1 (BWR)	0.0F+00	0.0F+00	4.6F-07	7.1E-08	Doedewaard (BWR)	5.3E-06	4.3E-07	1.1E-06	1.6E-07	
Philippsburg 2					España					
(PWR)	0.0E+00	0.0E+00	3.5E-07	2.3E-08	Almaraz (PWR)	0.0E+00	0.0E+00	6.9E-06	4.3E-07	
Stade (PWR)	1.7E-06	9.2E-08	7.3E-07	4.2E-08	Ascó (PWR)	0.0E+00	0.0E+00	2.1E-06	1.7E-07	
Unterweser (PWR)	0.0E+00	0.0E+00	6.5E-08	9.3E-09	Cofrentes (BWR)	0.0E+00	0.0E+00	3.1E-06	2.3E-07	
Wuergassen (BWR)	2 9F-06	1.8F-07	1.7E-06	1.1F-07	José Cabrera (PWR)	1.7E-06	1.1E-07	4.1E-06	3.0E-07	
	2.52 00	1.02 07	1.72 00	1.12 07	Sta. Mª de Garoña (BWR)	0.0E+00	0.0E+00	3.4E-06	2.4E-07	
				Efluonto	s líquidos					
Año			197	7	5 11401005	1986				
Distancia			0,5 km	5,0 km	(),5 km	5,0 km			

3.0E-07⁽¹⁾

41

Tabla 5.1. Dosis al individuo adulto por los vertidos de las centrales de la Unión Europea (Sv)

(1) El mismo valor para los dos años considerados y para todas las distancias.

Central nuclear de referencia

vertidos líquidos y gaseosos de todas las centrales españolas, comparándose con las restricciones y con los límites de dosis. Como se deduce de los datos de dicha gráfica, estas dosis representan una pequeña fracción de los límites.

Para la valoración en el contexto internacional de las dosis estimadas a partir de los vertidos de las centrales españolas se consideran, como se ha indicado anteriormente, los datos de las centrales europeas publicados por la Comisión. Si bien en la tabla 5.1. se presentan las dosis calculadas para los vertidos gaseosos de cada instalación de forma individual. en este estudio se considera como referencia la dosis total debida a los vertidos de la central alemana de Neckarwestheim, única de la que se facilita la dosis por efluentes líquidos, y que la propia UE adopta como referencia. Conviene señalar, no obstante, que esta central es del tipo PWR, con una potencia de 785 MWe, siendo el medio receptor de sus efluentes líquidos un río.

En la tabla 5.2. se presentan los valores de la dosis equivalente efectiva total resultante para la central de referencia, durante los años 1977 y 1986.

De los valores de la tabla 5.1. se deduce que las dosis estimadas para las centrales españolas por la Unión Europea son equivalentes a las de los restantes países. Según las gráficas de la figura 5.1., los cálculos españoles de las dosis dan como resultado valores similares a los anteriores.

V.I. Grupos de referencia

Se analizan a continuación los grupos de referencia para efluentes líquidos y gaseosos de las centrales PWR y BWR utilizados en este estudio.

V.I.1. Grupos de referencia para centrales PWR

Efluentes líquidos

En las gráficas de las figuras PWR-1 y PWR-2, se representan los valores normalizados de la actividad total salvo tritio y tritio en efluentes

Tabla 5.2. Dosis equivalente efectiva debida a los vertidos de la central de referencia de la UE (mSv)

	19	77	19	986
	0,5 km	5 km	0,5 km	5 km
Gases	5,9E-04	5,0E-05	1,1E-04	1,3E-05
Líquidos	3,0E-04	3,0E-04	3,0E-04	3,0E-04
Total	8,0E-04	3,5E-04	4,1E-04	3,1E-04



Figura PWR-1. Efluentes líquidos de centrales PWR. Actividad total salvo tritio

Figura PWR-2. Efluentes líquidos de centrales PWR. Actividad tritio



líquidos de las centrales PWR para los tres grupos de referencia. En las figuras se incluyen, además, sendas tablas con los valores medios y los rangos de cada uno de ellos.

Actividad total salvo tritio

A lo largo del período de tiempo considerado, la actividad total salvo tritio en los

efluentes líquidos de las centrales PWR de España presenta una evolución con pocos cambios cuantitativamente significativos y con una tendencia ligeramente decreciente. La situación es similar a nivel internacional, produciéndose una tendencia decreciente algo más pronunciada en el caso de la UE a partir del año 1990.

Por lo que respecta a los datos, los valores correspondientes a España son del mismo orden de magnitud que los de la UE y, generalmente, inferiores a los de USA.

Tritio

La actividad de tritio en los efluentes líquidos de las centrales PWR presenta una evolución muy estable a lo largo de los años considerados tanto en el caso de España como en el de la UE y USA, siendo todos los valores muy similares, con la única excepción del valor de la UE en el año 1987, que es considerablemente mayor. La razón de este incremento se encuentra en los vertidos efectuados durante ese año por la central nuclear Trino (Italia), que aumentaron en dos órdenes de magnitud en relación con los valores habituales de los restantes años^[6], representando un 83% de la actividad total de tritio de la UE.

Efluentes gaseosos

En las gráficas de las figuras PWR-3, PWR-4, PWR-5 y PWR-6 se representan los valores normalizados de la activida de gases nobles, I-131, partículas y tritio en efluentes gaseosos de las centrales PWR para los tres grupos de referencia. En las figuras se incluyen, también, las correspondientes tablas con los valores medios y los rangos de cada uno de ellos.

Gases nobles

La actividad de los gases nobles en los efluentes gaseosos de las centrales PWR presenta variaciones poco significativas con una tendencia decreciente en el período considerado, tanto en España como en los países de la UE y USA; los valores españoles son, en general, algo superiores a los de la UE e inferiores a los de USA.

I-131

La actividad de I-131 en las centrales españolas experimenta a lo largo de los años variaciones poco significativas hasta que en 1994 se produce una bajada importante, debida a que, al haber estado la central nuclear José Cabrera en situación de parada durante ese año, no se ha tenido en cuenta su contribución, la cual fue mayoritaria durante los dos años previos (97% en 1992 y 87% en 1993); se mantiene en ese nivel hasta que vuelve a subir en 1997 debido principalmente a que la actividad de I-131 en la central nuclear de Trillo fue durante ese año superior al LID, como consecuencia de la existencia de fallos en los elementos combustibles, representando un 49% de la actividad de I-131 en las centrales de España. Los valores de estas



Figura PWR-3. Efluentes gaseosos de centrales PWR. Gases nobles

Figura PWR-4. Efluentes gaseosos de centrales PWR. I-131



centrales fluctúan en torno a los de USA y la UE, los cuales presentan una cierta tendencia decreciente, siendo los valores de la UE menores que los de USA, excepto en 1990.

En los vertidos de las centrales de la UE es significativo el descenso que se produce a par-

tir de 1991 como consecuencia de la disminución en unos dos órdenes de magnitud que, desde ese año, se produce en la actividad de I-131 vertida por las centrales alemanas, sin que se aprecie no obstante una bajada demasiado significativa en ninguna de ellas. Así,



Figura PWR-5. Efluentes gaseosos de centrales PWR. Partículas





la actividad de I-131 en los efluentes de estas centrales representan el 75% en 1989 y 53% en 1990^[6], respectivamente del total de la UE, pasando a ser aproximadamente un 10% a partir de 1991^[7].

Partículas

La actividad de partículas en los efluentes gaseosos presenta una tendencia descendente a lo largo de los años considerados en los tres grupos de referencia. En la UE la pendiente es menor, y en el caso de USA se produce una meseta en el período 1983-86, atribuible al aumento en la actividad de partículas en las descargas de las centrales North Anna, Yankee Rowe y Point Beach en 1983 (95% de la actividad de partículas en las centrales USA); Yankee Rowe, Turkey Point, North Anna y Millstone en 1984 (54% de la actividad de partículas en las centrales USA); Indian Point y St. Lucie en 1985 (95% de la actividad de partículas en las centrales USA); Indian Point en 1986 (98% de la actividad de partículas en las centrales USA); Indian Point en 1986 (98% de la actividad de partículas en las centrales USA).

Los valores de las centrales de España son similares o inferiores a los de las centrales de los dos grupos de referencia internacionales.

Tritio

La actividad de tritio en los efluentes gaseosos de las centrales PWR de España experimentan una disminución más o menos progresiva entre los años 1980-83, presentando después pocas variaciones significativas, aunque con una ligera tendencia creciente. En las centrales de la UE y de USA la actividad se mantiene bastante estable, si se exceptúa el valor de estas últimas en 1983; el incremento producido en este año puede ser atribuido a los vertidos de las centrales Salem 1-2 y Sequoyah 1-2, cuya contribución representa un 56% del total. Los valores de la actividad de tritio en la UE son claramente los más bajos de los tres grupos, existiendo diferencias de un orden de magnitud respecto a los de USA. Los valores de España, que inicialmente son similares a los de USA, se sitúan desde 1983 en una posición intermedia.

V.I.2. Grupos de referencia para centrales BWR

Efluentes líquidos

En las gráficas de las figuras BWR-1 y BWR-2 se representan los valores normalizados de la actividad total salvo tritio y tritio en efluentes líquidos de las centrales BWR para los tres grupos de referencia. En las figuras se incluyen, además, sendas tablas con los valores medios y los rangos de cada uno de ellos. Hay que tener en cuenta que, al haber en España solamente dos centrales BWR, hasta el inicio de la operación de Cofrentes los valores presentados corresponden a Santa María de Garoña.

47

Actividad total salvo tritio

La actividad total salvo tritio de los efluentes líquidos de las centrales BWR en España presenta oscilaciones, experimentando una reducción superior a dos órdenes de magnitud en los años considerados a pesar de haberse incorporado los datos de la central nuclear de Cofrentes a partir de 1985. En las centrales de USA y de la UE se observa una evolución más homogénea, siendo la actividad

inicialmente menor en la UE hasta 1985, año en que se produce un aumento apreciable: este aumento es atribuible a la inclusión de los datos de vertido de las centrales suecas, mayoritariamente de tecnología BWR, que la UE ha incluido en la publicación referenciada en [6]. Si se suprimen los valores de dichas centrales, la actividad media de las centrales de la UE se mantiene en los mismos valores de los años anteriores. Por otra parte, aunque los informes de UNSCEAR contienen datos de actividad de las centrales suecas previos a 1985, sólo se han podido tener en cuenta los correspondientes a 1985 y 1986 por no figurar los datos de energía producida durante los años previos.

Tritio

La actividad de tritio en los efluentes líquidos de las centrales BWR de España presenta una tendencia global bastante estable a pesar de que se van produciendo diversas variaciones a lo largo de los años considerados. La actividad de tritio en USA es, en general, menor que la de la UE, aunque los valores están bastante próximos, y ambos son en la mayoría de los casos superiores a los de España. También existe una tendencia global estable en el caso de las centrales de USA y de la UE, siendo únicamente destacable el aumento que se produce en esta última en el año 1987 y, en menor grado, en 1988. Al analizar la información disponible en las publicaciones de la UE^[6] y de UNSCEAR^[7] para dichos años se ha observado que existen

discrepancias importantes; en este documento se han utilizado los datos de la UE, que son los más elevados, por coherencia con el resto de la información considerada, pero debe tenerse en cuenta que puede existir una errata.

Efluentes gaseosos

En las gráficas de las figuras BWR-3, BWR-4, BWR-5 y BWR-6 se representan los valores normalizados de la actividad de gases nobles, I-131, partículas y tritio en efluentes gaseosos de las centrales BWR para los tres grupos de referencia. En las figuras se incluyen, también, las correspondientes tablas con los valores medios y los rangos de cada uno de ellos.

Gases nobles

La actividad de los gases nobles en los efluentes gaseosos de las centrales BWR de España y de USA presenta una tendencia claramente descendente. En la UE, aunque inicialmente también se observa un descenso, se produce luego una tendencia ligeramente creciente y con fluctuaciones. Del análisis de la información disponible se deduce que el aumento que se produce a partir de 1985 se debe a la inclusión desde ese año de los datos correspondientes a las centrales suecas^[5].

En las centrales de USA, los valores más altos que se registran durante los primeros años, son atribuibles a las centrales Browns Ferry (1982 a 1984) y Brunswick (1981 a 1983), representando sus vertidos una contribución



Figura BWR-1. Efluentes líquidos de centrales BWR. Actividad total salvo tritio

Figura BWR-2. Efluentes líquidos de centrales BWR. Actividad tritio



mayoritaria a la actividad de gases nobles de las centrales de USA.

En lo que respecta a los valores de la actividad de los gases nobles en los tres grupos de referencia, los de España son menores que los de USA hasta 1987, superándolos a partir de 1988. Por otro lado, los de la UE son inferiores a los dos anteriores hasta 1984; en el período 1985-87 presentan valores de los

mismos órdenes de magnitud, superándolos durante los últimos años.

I-131

La actividad de I-131 en las centrales BWR de España experimenta variaciones pronunciadas a lo largo del período considerado, llegando a ser superiores a dos órdenes de magnitud, con una tendencia global que se puede considerar constante. Dichas variaciones son debidas a los problemas existentes con el combustible de la central nuclear de Cofrentes, cuyos vertidos representaron durante los años 1987, 1988, 1991 y 1992 una contribución superior al 90% de la actividad de I-131 de las centrales BWR de España. Las centrales de la UE también presentan grandes variaciones, siendo lo más destacable los incrementos experimentados a partir de 1988. En el estudio de los vertidos individualizados de las distintas centrales implicadas se ha observado un aumento en los vertidos de algunas centrales suecas, cuyos efluentes representaron la principal contribución a la actividad de I-131 en los efluentes de las centrales de la UE durante esos años.

Las centrales de USA, por su parte, tienen variaciones poco importantes, siendo su tendencia decreciente a lo largo de los años.

En cuanto a los valores de actividad, los de España son menores en unos casos y similares en otros a los de los dos grupos de referencia internacionales, los cuales invierten entre sí su relación a lo largo de los años.

Partículas

La actividad de partículas en los efluentes gaseosos de las centrales BWR de España tiene una tendencia bastante estable a lo largo de los distintos años, con variaciones poco significativas. Por otra parte, las centrales de USA tienen una cierta tendencia decreciente, presentando algunas variaciones, siendo quizás lo más destacable el aumento que se produce en 1984 como consecuencia de los vertidos de la central Big Rock Point, que contribuyó con un 85% de la actividad total de partículas vertida. En el caso de la UE existe una tendencia más o menos estable, aunque con algunas variaciones, hasta que en 1992 se inicia una subida considerable. Del análisis de los vertidos de las distintas centrales BWR de la UE se deduce que este incremento es atribuible a la incorporación ya comentada de los datos de las centrales de Suecia desde 1985.

En cuanto a los valores de actividad, los de USA son más elevados que los de la UE con la excepción de aquellos años en que en estos últimos se han producido los mencionados incrementos. Los valores de España, que inicialmente están situados entre los de la UE y los de USA, desde 1985 se sitúan por debajo de ellos o como mucho a su mismo nivel.



Figura BWR-3. Efluentes gaseosos de centrales BWR. Gases nobles

Figura BWR-4. Efluentes gaseosos de centrales BWR. I-131



Tritio

La actividad de tritio en los efluentes gaseosos de las centrales BWR de España no presenta a lo largo de los años considerados variaciones significativas, mostrando una tendencia global más o menos estable. La situación es similar a la de USA, donde únicamente se produce una variación digna de tener en cuenta en 1987 como consecuencia del aumento en los efluentes de Hope Creek 1 (84% de la actividad de partículas de las centrales



Figura BWR-5. Efluentes gaseosos de centrales BWR. Partículas

Figura BWR-6. Efluentes gaseosos de centrales BWR. Tritio



USA de ese año). En la UE tampoco existe ninguna variación significativa, pero en este caso aparece una tendencia decreciente. En cuanto a los valores de actividad, los de USA

son los más elevados, los de la UE los más bajos y entre ambos se sitúa la práctica totalidad de los valores de España.

V.2. Centrales nucleares tipo PWR

V.2.1. Central nuclear José Cabrera

Evolución de los vertidos y de las dosis

Del análisis de las gráficas de la figura JCA-1-1 se desprende que la variación más significativa en los efluentes radiactivos líquidos de la central nuclear José Cabrera es la disminución de la actividad de tritio en los años 1987 y 88; dicha disminución se atribuye a cambios en la metodología de análisis y medida, no habiéndose identificado variaciones significativas de los parámetros relacionados con la actividad del tritio. Las restantes variaciones en la actividad de dichos efluentes están asociadas a diversas paradas efectuadas con el fin de implantar una serie de modificaciones de diseño destinadas a mejorar la seguridad de la planta, como consecuencia de las cuales se liberaron efluentes radiactivos, aunque en menor cantidad que durante la operación normal de la planta.

Desde 1994 la actividad total salvo tritio en los efluentes líquidos ha experimentado una disminución debido a que desde ese año todos los residuos radiactivos líquidos producidos en la instalación, incluidos los procedentes de los tanques de lavandería, se tratan en el evaporador del sistema de desechos líquidos de alta actividad.

En lo que respecta a los efluentes gaseosos (figura JCA-1.2), en todos los casos se refleja en mayor o menor grado la influencia de las paradas antes mencionadas. No obstante, también se observan otras variaciones que sí están ligadas a incidencias operacionales tales como fugas a la contención desde el generador de vapor y el presionador, y a algunas operaciones de limpieza de los tanques de retención del sistema de tratamiento de desechos líquidos, que también contribuyeron a incrementar la actividad de los efluentes gaseosos.

Entorno nacional e internacional

Las variaciones en la actividad de los efluentes de la central nuclear José Cabrera llevan asociadas variaciones similares en la actividad normalizada excepto durante los años correspondientes a las paradas de la planta antes mencionadas (años 1983, 1985 y 1994). En estos casos la falta de producción de energía eléctrica origina un aumento ficticio en la actividad normalizada ya que la actividad vertida experimenta en realidad una disminución. No obstante, en las gráficas de la central nuclear José Cabrera sólo se refleja este aumento ficticio en el año 1985 porque los datos de actividad normalizada correspondientes a 1983 y 1994 se han excluido de este estudio en base al criterio indicado anteriormente.

53

Actividad total salvo tritio

La actividad total salvo tritio en los efluentes líquidos (figura JCA-1.4) fluctúa en torno a



Figura JCA-1.1. Central nuclear José Cabrera. Actividad de efluentes líquidos (GBq)





los valores de los grupos de referencia, llegando a superarlos en alguna ocasión.

Es destacable, no obstante, la disminución ya comentada que se observa en la actividad de esta central a partir de 1995, llegando a situarse en valores similares e incluso inferiores a los de la UE. El valor medio de la actividad total salvo tritio en la central nuclear José Cabrera (1,06 E-02 GBq/GWh) es superior a los valores medios obtenidos para los tres grupos de referencia, si bien se encuentra comprendido en el intervalo de valores tanto de la UE como de USA.



Figura JCA-1.4. Efluentes líquidos de José Cabrera. Actividad total salvo tritio

Tritio

Según la gráfica de la Figura JCA-1.5, la actividad debida al tritio en los efluentes líquidos, aunque experimenta algunas variaciones, se puede considerar que presenta una tendencia global estable. Sus valores no difieren mucho de los de los grupos de referencia, con la excepción de la disminución ya comentada del período 1987/88.

Cuando se consideran los valores medios, la actividad (2,49 GBq/GWh) es menor que en los tres grupos de referencia.

Gases nobles

En la gráfica de la figura JCA-1.6 se observa que la actividad de gases nobles de los efluentes gaseosos de la central nuclear José Cabrera es bastante estable a lo largo de todos los años. La actividad media de gases nobles de esta central (8,71 E+01 GBq/GWh) es superior a la de los tres grupos de referencia, superando los intervalos de valores de la UE y USA.

55

I-131

La actividad de I-131 en los efluentes gaseosos de la central nuclear José Cabrera (figura JCA-1.7) ha sufrido variaciones que en algunos años son superiores a un orden de magnitud.

La actividad media de I-131 de esta central (1,12 E-03 GBq/GWh) es mayor que la de los tres grupos de referencia.

Partículas

Como se aprecia en la gráfica de la figura JCA-1.8, la actividad de partículas en los



Figura JCA-1.5. Efluentes líquidos de José Cabrera. Actividad tritio





efluentes gaseosos de la central sufre variaciones a lo largo del período considerado aunque con una ligera tendencia global decreciente. Sus valores son, en general, mayores que los de los tres grupos de referencia.

La actividad media de partículas en esta central (2,37 E-04 GBq/GWh) es mayor que la de España y que la de la UE, pero es menor que la de USA.



Figura JCA-1.7. Efluentes gaseosos de José Cabrera. I-131





Tritio

En la gráfica de la figura JCA-1.9 se observa que la actividad de tritio en los efluentes gaseosos de la central nuclear José Cabrera tiene una tendencia global estable, aunque con variaciones, hasta que empieza a disminuir en 1993. Sus valores son similares a los de USA y mayores que los de la UE. También son superiores a los de España hasta 1993 en que se invierte la relación.



Figura JCA-1.9. Efluentes gaseosos de José Cabrera. Tritio.

Los efluentes gaseosos de la central nuclear José Cabrera tienen una actividad media de tritio (6,11 E-01 GBq/GWh) mayor que la de los tres grupos de referencia, aunque está dentro del intervalo de valores de USA.

Dosis estimadas a partir de los vertidos

En la gráfica de la figura JCA-1.3 se representa la evolución de la dosis equivalente efectiva total (efluentes líquidos + efluentes gaseosos) en el período considerado y en la tabla 5.3 su porcentaje respecto a la restricción operacional de dosis y al límite de dosis al público del Reglamento de Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes. El valor medio de dicha dosis es 6,32E-03 mSv, con un intervalo comprendido entre 1,41E-02 y 6,76E-04 mSv; dicho valor medio representa un 6% de la restricción operacional de dosis.





Tabla 5.3. Porcentaje respecto a la restricción operacional y al límite reglamentario de dosis al público

	80	81	82	83	84	85	86	87	88
Restricción operacional	7,60%	9,41%	8,69%	6,37%	2,22%	8,95%	3,53%	3,91%	5,63%
Límite reglamentario	0,15%	0,19%	0,17%	0,13%	0,04%	0,18%	0,07%	0,08%	0,11%
	89	90	91	92	93	94	95	96	97
Restricción operacional	7,52%	14,14%	8,73%	9,63%	4,52%	10,22%	0,68%	0,73%	1,35%
Límite reglamentario	0,15%	0,28%	0,17%	0,19%	0,09%	0,20%	0,01%	0,01%	0,03%

V.2.2. Central nuclear Almaraz I y II

Evolución de los vertidos y las dosis

Como se aprecia en las gráficas de la figura ALM-2.1, la actividad de los efluentes radiactivos líquidos de la central nuclear de Almaraz se ha mantenido estable a lo largo de los años en que la instalación ha estado en operación, no presentando variaciones reseñables.

Los valores de actividad de los efluentes gaseosos (figura ALM-2.2), por el contrario, presentan fluctuaciones en el tiempo asociadas a la emisión desde un tanque de gases de parada (1985-86), daños en el combustible o situaciones tales como la sustitución de los generadores de vapor. En el caso del tritio se observa una tendencia creciente continuada, estabilizándose a partir de 1993. Tras una serie de estudios realizados no se ha identificado ningún hecho justificativo; de los valores de actividad mensuales reportados por la central a lo largo de todos los años considerados se desprende que el aumento se debe a una subida paulatina de la actividad vertida, no existiendo ningún valor mensual especialmente elevado.

Entorno nacional e internacional

Las variaciones en la actividad de los efluentes de la central nuclear de Almaraz están asociadas, en todos los casos, a variaciones similares en la actividad normalizada, por lo que la causa de las mismas radica en hechos acaecidos durante la operación de la planta, no debiéndose en ningún caso a la falta de producción de energía eléctrica como consecuencia de una parada prolongada.







Figura ALM-2.2. Central nuclear Almaraz I y II. Actividad de efluentes gaseosos (GBq)

Actividad total salvo tritio

La actividad total salvo tritio de los efluentes líquidos de la central nuclear de Almaraz (figura ALM-2.4) presenta una cierta tendencia global decreciente. En relación con los grupos de referencia, la actividad de la central nuclear de Almaraz es en la mayoría de los casos menor que la de los tres grupos. Esta situación se refleja en la actividad media (2,52 E-03 GBq/GWh), que es inferior a la de los tres grupos de referencia.

Tritio

El tritio en los efluentes líquidos de la central nuclear de Almaraz (figura ALM-2.5) tiene una ligera tendencia creciente con valores próximos a los de los grupos de referencia, que si bien al principio son similares, a partir de 1988 son ligeramente superiores. La actividad media de tritio en esta central (3,26 GBq/GWh) es superior a la de las centrales de España, prácticamente igual a la de USA, e inferior a las de la UE.

61

Gases nobles

En los efluentes gaseosos de la central nuclear de Almaraz, la actividad de los gases nobles (figura ALM-2.6) presenta una cierta tendencia decreciente, aunque no de modo progresivo, hasta 1994, año en que se invierte la tendencia. En relación con los grupos de referencia se pueden distinguir tres etapas diferentes. En una primera etapa, que abarcaría desde 1981 hasta 1986, los valores de actividad fluctúan entre los valores de los tres grupos de referencia, siendo los órdenes de magnitud similares. Entre 1987 y 1994 experimentan un descenso apreciable, siendo claramente inferiores a los de los grupos de



Figura ALM-2.4. Efluentes líquidos de Almaraz I y II. Actividad total salvo tritio

Figura ALM-2.5. Efluentes líquidos de Almaraz I y II. Actividad tritio



referencia; se produce a continuación una nueva subida y se llegan a superar los valores de la actividad de las centrales de España, único grupo de referencia del que se disponen datos en esos años.

La actividad media de gases nobles en la central nuclear de Almaraz (6,88 GBq/GWh) es semejante a la de la UE y claramente menor que la actividad media de España y de USA.



Figura ALM-2.6. Efluentes gaseosos de Almaraz I y II. Gases nobles

I-131

Partículas

La actividad de I-131 en los efluentes gaseosos de la central (figura ALM-2.7) también presenta fluctuaciones, siendo las más importantes las que tienen lugar en 1987, año en el que la actividad disminuye más de tres órdenes de magnitud, y 1991, año en que casi se vuelven a recuperar los valores iniciales. En relación con los grupos de referencia, la actividad de I-131 en esta central es inferior a la de USA en todo momento, mientras que respecto a España y a la UE se mantiene en valores similares, excepto durante el período 1987-90 en que son menores.

La actividad media de I-131 (6,37 E-06 GBq/GWh) es considerablemente inferior a la de los tres grupos de referencia. Como se observa en la figura ALM-2.8, la actividad de partículas en los efluentes gaseosos de la central nuclear de Almaraz también presenta variaciones a lo largo de los años considerados, con una pequeña tendencia global decreciente. Sin embargo, los valores de estos efluentes son siempre menores que los de USA y, en la mayor parte de los años, también son menores que los de España y de la UE.

63

La actividad media de partículas en los efluentes de la central (8,79 E-06 GBq/GWh) es menor que la de los tres grupos de referencia.



Figura ALM-2.7. Efluentes gaseosos de Almaraz I y II. I-131





Tritio

Lo más relevante de la actividad de tritio en los efluentes gaseosos de la central nuclear de Almaraz (figura ALM-2.9), es la tendencia creciente que existe desde su entrada en servicio hasta 1994, en que se estabiliza. Esta evolución da lugar a que sus valores, que inicialmente son menores que los de los tres grupos de referencia, los vayan superando progresivamente hasta situarse por encima de ellos.



Figura ALM-2.9. Efluentes gaseosos de Almaraz I y II. Tritio

Con todo, la actividad media de tritio en la central nuclear de Almaraz (2,47 E-01 GBq/GWh) sólo supera la de las centrales de España, siendo menor que la de los dos grupos de referencia internacionales.

Dosis estimadas a partir de los vertidos

En la gráfica de la figura ALM-2.3 se representa la evolución de la dosis equivalente efectiva total (efluentes líquidos + efluentes gaseosos) en el período considerado y en la tabla 5.4 su porcentaje respecto a la restricción operacional de dosis y al límite del Reglamento de Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes. El valor medio de dicha dosis es 3,94E-03 mSv, con un intervalo comprendido entre 8,83E-03 y 1,65E-03 mSv; dicho valor medio representa un 4% de la restricción operacional de dosis.



Figura ALM-2.3. Central nuclear Almaraz. Dosis equivalente efectiva total (mSv/a)

Tabla 5.4. Porcentaje respect	o a la restricción operacional y	y al límite reglamentario de dosis a	al público
-------------------------------	----------------------------------	--------------------------------------	------------

	80	81	82	83	84	85	86	87	88
Restricción operacional		2,01%	3,37%	2,15%	3,34%	8,83%	6,35%	1,65%	3,35%
Límite reglamentario		0,04%	0,07%	0,04%	0,07%	0,18%	0,13%	0,03%	0,07%
	89	90	91	92	93	94	95	96	97
Restricción operacional	2,95%	5,42%	3,71%	3,01%	4,32%	4,32%	3,86%	3,77%	4,51%
Límite reglamentario	0,06%	0,11%	0,07%	0,06%	0,09%	0,09%	0,08%	0,08%	0,09%

V.2.3. Central nuclear Ascó I

Evolución de los vertidos y las dosis

Como se aprecia en las gráficas de la figura ASI-3.1, la actividad de los efluentes radiactivos líquidos de la central nuclear Ascó I se ha mantenido bastante estable a lo largo de los años de operación de la central.

En lo que se refiere a los efluentes gaseosos, las gráficas de la figura ASI-3.2 muestran, a lo largo de los años considerados, variaciones en los valores de actividad de gases nobles y de I-131 asociados a la existencia de elementos combustibles con defectos en las vainas. Este hecho se pone especialmente de manifiesto durante los años 1991/92 en los que la ausencia de daños en los elementos combustibles da lugar a una disminución en la actividad de gases nobles y, fundamentalmente, de I-131.

En cuanto a los valores de actividad de partículas y tritio, se observa una buena estabilidad a lo largo de todos los años.

Figura ASI-3.1. Efluentes líquidos de la central nuclear Ascó I. Actividad de efluentes líquidos (GBq)



Entorno nacional e internacional

Las variaciones en la actividad de los efluentes de la central nuclear Ascó I están asociadas en general a variaciones similares en la actividad normalizada, por lo que la causa de las mismas radica en hechos relacionados con la operación de la planta, no debiéndose a la falta de producción de energía eléctrica como consecuencia de una parada prolongada.

Actividad total salvo tritio

La actividad total salvo tritio de los efluentes líquidos (figura ASI-3.4) muestra una



Figura ASI-3.2. Central nuclear Ascó I. Actividad de efluentes gaseosos (GBq)



68



tendencia decreciente a lo largo de los años considerados, aunque es una tendencia poco pronunciada si se exceptúa la bajada que se produce en 1996. En relación con los grupos de referencia, la actividad de la central nuclear Ascó I es superior a la de España y a la de

la UE. Sin embargo, respecto a USA inicialmente es superior y luego se invierte la relación.

Al calcular la actividad media se observa que el valor obtenido en el caso de la central nuclear Ascó I (7,49 E-03 GBq/GWh) es mayor que el de España y que el de la UE aunque está dentro de su intervalo de valores; debido a la contribución de los últimos años, este valor es menor que el obtenido en el caso de USA.

Tritio

Las gráficas de la figura ASI-3.5 muestran que la actividad de tritio en los efluentes líquidos presenta una tendencia relativamente estable, aunque con variaciones. Sus valores oscilan en torno a los valores de los grupos de referencia hasta el año 1989, a partir del cual empiezan a superarlos.

La actividad media de tritio de la central nuclear Ascó I (3,35 GBq/GWh) es menor que la de la UE y mayor que la de España y que la de USA, si bien está dentro de su intervalo de valores.

Gases nobles

La actividad de gases nobles en los efluentes gaseosos de la central nuclear Ascó I (figura ASI-3.6), aunque tiene dos mesetas durante los años 1988-90 y 1993-94, muestra en su conjunto una tendencia ligeramente decreciente con valores que, excepto en los puntos correspondientes a dichas mesetas, son siempre menores que los de los tres grupos de referencia.

La actividad media de gases nobles de la central nuclear Ascó I (2,95 GBq/GWh) es claramente inferior a la de los tres grupos de referencia.

I-131

Como se puede apreciar en las gráficas de la figura ASI-3.7, si se consideran los primeros











70



y últimos valores, la actividad de I-131 en los efluentes gaseosos de la central presenta una tendencia decreciente, existiendo en la parte intermedia una pequeña subida en 1988-89 y una bajada bastante pronunciada en 1992, a partir de la cual los valores aumentan aunque no llegan a alcanzar los órdenes de magnitud

previos. Los valores son, en general, menores que los de los tres grupos de referencia.

En consonancia con lo dicho anteriormente, la actividad media de I-131 en los efluentes gaseosos (6,71 E-06 GBq/GWh) también es
considerablemente menor que la de los tres grupos de referencia.

La actividad de partículas en los efluentes

gaseosos de la central nuclear Ascó I (figura

ASI-3.8) presenta pocas variaciones dignas

de consideración, con una tendencia bastan-

te estable. En relación con los grupos de re-

ferencia, los valores de la central, que osci-

lan en torno a los de España, son más

pequeños que los de la UE y que los de USA.

La actividad media de las partículas (5,15 E-06 GBq/GWh) también es menor que la

de los tres grupos de referencia.

Partículas

Tritio

En las gráficas de la figura ASI-3.9 se puede observar que la actividad de tritio en los efluentes gaseosos de la central nuclear Ascó I tiene una tendencia estable aunque con fluctuaciones. Sus valores, que están próximos a los de España, son mayores que los de la UE y menores que los de USA.

La actividad media de tritio en los efluentes gaseosos de esta central (1,24 E-01 GBq/GWh) es inferior a la de los tres grupos de referencia.





Dosis estimadas a partir de los vertidos

En la gráfica de la figura ASI-3.3 se representa la evolución de la dosis equivalente efectiva total (efluentes líquidos + efluentes gaseosos) en el período considerado y en la tabla 5.5 su porcentaje respecto a la restricción operacional de dosis y al límite del Reglamento de Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes. El valor medio de dicha dosis es 1,92E-03 mSv, con un intervalo comprendido entre 5,78E-03 y 5,67E-04 mSv; dicho valor medio representa un 2% de la restricción operacional de dosis.

Figura ASI-3.9. Efluentes gaseosos de Ascó I. Tritio





Figura ASI-3.3. Central nuclear Asco I. Dosis equivalente efectiva total (mSv/a)

Tabla 5.5. Porcentaje respecto a la restricción operacional y al límite reglamentario de dosis al público

	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
Restricción operacional	1,03%	1,71%	2,14%	1,59%	4,28%	5,78%	3,47%
Límite reglamentario	0,02%	0,03%	0,04%	0,03%	0,09%	0,12%	0,07%
	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Restricción operacional	0,86%	0,64%	1,30%	1,66%	1,08%	0,57%	0,80%
Límite reglamentario	0,02%	0,01%	0,03%	0,03%	0,02%	0,01%	0,02%

V.2.4. Central nuclear Ascó II

Evolución de los vertidos y las dosis

Al igual que en el caso de la central nuclear Ascó I, las actividades de los efluentes radiactivos líquidos vertidos por la central nuclear Ascó II se han mantenido bastante estables a lo largo de los años (figura ASII-4.1).

En lo que se refiere a los efluentes gaseosos (figura ASII-4.2), el análisis de las gráficas de actividad de gases nobles y de I-131 revela que se han producido variaciones asociadas a la existencia de elementos combustibles con defectos. Los valores de actividad de partículas y tritio, se han mantenido estables a lo largo de los años, si bien en el caso del tritio se aprecia que existe una ligera tendencia creciente.

Hay que destacar que la sustitución de los generadores de vapor efectuada en 1996 no ha tenido prácticamente incidencia en los valores de actividad de los distintos grupos de radionucleidos liberados con los efluentes radiactivos gaseosos durante dicho año. Asimismo, el hecho de que hayan disminuido los valores de actividad total salvo tritio y gases disueltos en los efluentes líquidos y de gases nobles, I-131 y partículas en los efluentes gaseosos puede atribuirse a la ausencia de daños en los elementos combustibles y al buen funcionamiento de los nuevos generadores de vapor instalados. Entorno nacional e internacional

Las variaciones en la actividad de los efluentes de la central nuclear Ascó II están asociadas en todos los casos a variaciones similares en la actividad normalizada, por lo que la causa de las mismas radica en hechos acaecidos durante la operación de la planta, no debiéndose en ningún caso a la falta de producción de energía eléctrica como consecuencia de una parada prolongada.

Actividad total salvo tritio

La actividad total salvo tritio en los efluentes líquidos (figura ASII-4.4) va disminuyendo a lo largo del período considerado, aunque con oscilaciones. Sus valores son, en general, mayores que los de España y que los de la UE pero, excepto en dos años, son menores que los de USA.

El valor medio de la actividad de esta central (5,01 E-03 GBq/GWh) es ligeramente inferior a la de los tres grupos de referencia.

Tritio

A lo largo del período de tiempo considerado, como se aprecia en las gráficas de la figura ASII-4.5, la actividad de tritio en los efluentes líquidos de la central, que inicialmente es muy estable, experimenta una cierta subida durante los últimos años. Sus valores son, en general, similares a los de los grupos de referencia, hasta 1992 en que empiezan a ser superiores.



Figura ASII-4.1. Central nuclear Ascó II. Actividad de efluentes líquidos (GBq)





La contribución de los últimos años hace que la actividad media de tritio en la central nuclear Ascó II (3,85 GBq/GWh) sea superior a la de los tres grupos de referencia, si bien se encuentra dentro del intervalo de valores tanto de la UE como de USA.

Gases nobles

La evolución de la actividad de los gases nobles en los efluentes gaseosos de la central nuclear Ascó II (figura ASII-4.6) es bastante parecida a la de la unidad I, es decir con una



Figura ASII-4.4. Efluentes líquidos de Ascó II. Actividad total salvo tritio

Figura ASII-4.5. Efluentes líquidos de Ascó II. Actividad tritio



tendencia decreciente pero presentando también dos mesetas, en este caso en los años 1988-91 y 1994-95. Sus valores, sin embargo,

oscilan en torno a los de los grupos de referencia.



Figura ASII-4.6. Efluentes gaseosos de Ascó II. Gases nobles

La actividad media de los gases nobles de la central nuclear Ascó II (4,98 GBq/GWh) es menor que la de los tres grupos de referencia.

I-131

La actividad de I-131 en los efluentes gaseosos de la central nuclear Ascó II (figura ASII-4.7) presenta una tendencia global decreciente con un pico en 1995 y una disminución en los dos últimos años, llegando a ser menor o igual que el LID en 1997. En relación con los grupos de referencia, la actividad de I-131 de la central es casi siempre inferior a la de los tres grupos.

La actividad media de I-131 en la central nuclear Ascó II (1,74 E-06 GBq/GWh) es claramente inferior a la de los tres grupos de referencia.

Partículas

En la gráficas de la figura ASII-4.8 se observa que la actividad de las partículas en la central nuclear Ascó II, que también presenta pocas variaciones significativas, tiene una cierta tendencia decreciente, con valores siempre inferiores a los de los tres grupos de referencia.

La actividad media de partículas (2,24 E-06 GBq/GWh) es bastante más pequeña que la de los tres grupos de referencia.

Tritio

La actividad de tritio en los efluentes gaseosos de la central nuclear Ascó II (figura ASII-4.9) presenta una tendencia ligeramente creciente a lo largo del período considerado con valores menores que los de USA y, en general,



Figura ASII-4.7. Efluentes gaseosos de Ascó II. I-131



78



también menores que los de España. Sin embargo, siempre son mayores que los de la UE.

La actividad media de tritio (9,24E-02 GBq/GWh) es menor que la de las centrales de España y de USA, pero es mayor que la de las centrales de la UE, si bien está dentro de su rango de valores.

Dosis estimadas a partir de los vertidos

En la gráfica de la figura ASII-4.3 se representa la evolución de la dosis equivalente



Figura ASII-4.9. Efluentes gaseosos de Ascó II. Tritio

efectiva total (efluentes líquidos + efluentes gaseosos) en el período considerado y en la tabla 5.6 su porcentaje respecto a la restricción operacional de dosis y al límite del Reglamento de Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes. El valor medio de dicha dosis es 2,32E-03 mSv, con un intervalo comprendido entre 5,66E-03 y 7,68E-04 mSv; dicho valor medio representa un 2% de la restricción operacional de dosis.



Figura ASII-4.3. Central nuclear Ascó II. Dosis equivalente efectiva total (mSv/a)

Tabla 5.6. Porcentaje respecto a la restricción operacional y al límite reglamentario de dosis al público

	1986	1987	1988	1989	1990	1991
Restricción operacional	1,17%	1,22%	3,25%	3,02%	5,66	3,22%
Límite reglamentario	0,02%	0,02%	0,07%	0,06%	0,11%	0,06%
	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Restricción operacional	1,45%	1,88%	2,37%	2,39%	0,77%	1,39%
Límite reglamentario	0,03%	0,04%	0,05%	0,05%	0,02%	0,03%

V.2.5. Central nuclear Vandellós II

Evolución de los vertidos y las dosis

La actividad de los efluentes radiactivos líquidos de la central nuclear Vandellós II (figura VANII-5.1) se ha mantenido estable a lo largo de los años de operación de la central, no presentando variaciones significativas.

Por el contrario, en los efluentes gaseosos (figura VANII-5.2) sí se observan algunas variaciones aunque poco significativas, salvo en el caso de los gases nobles cuya actividad vertida en el período 1990/94 disminuye unos tres ordenes de magnitud. Los valores de los primeros años de explotacion se deben a la existencia de una fuga de gases nobles a la contención, produciéndose una bajada progresiva a partir de 1990 en que se controló dicha fuga. Las actividades de I-131 y partículas son bastante uniformes, presentando únicamente alguna disminución puntual mientras que la actividad de tritio muestra fluctuaciones a los largo de los distintos años, pero en general tambien se puede considerar bastante estable.

Entorno nacional e internacional

Las variaciones en la actividad normalizada de los efluentes radiactivos de la central nuclear Vandellós II son similares a las variaciones en la actividad real vertida por lo que, como ya se ha indicado anteriormente, la causa de las mismas radica en incidencias operativas, no estando asociadas en ningún caso a la falta de producción de energía eléctrica como consecuencia de una parada prolongada.







Figura VANII-5.2. Central nuclear Vandellós II. Actividad de efluentes gaseosos (GBq)

Actividad total salvo tritio

La actividad total salvo tritio en los efluentes líquidos de la central nuclear Vandellós II, como se refleja en la gráfica de la figura VANII-5.4, tiene una tendencia estable durante los años considerados, aunque con variaciones, siendo sus valores similares a los de las centrales PWR de España. Ahora bien, dados los últimos datos anuales disponibles de la UE y de USA (1994 y 1993 respectivamente) y la fecha de inicio de operación de esta instalación (1988), la comparación se reduce a un corto período de tiempo. En un principio, los valores de actividad de la central nuclear Vandellós II son siempre inferiores a los de USA y a los de la UE, pero más tarde llegan a superar a estos últimos.

La actividad media total salvo tritio (2,24 E-03 GBq/GWh) es menor que la de los tres grupos de referencia.

Tritio

La actividad de tritio en los efluentes líquidos de la central (figura VANII-5.5) es en conjunto estable, con valores que son inferiores a los de las centrales PWR de España y de USA, y que se sitúan en el entorno de los correspondientes a las centrales de la UE.

La actividad media de tritio (2,10 GBq/GWh) es inferior a la de los tres grupos de referencia.

Gases nobles

En el caso de la central nuclear Vandellós II, el aspecto más destacable de la actividad de gases nobles en los efluentes gaseosos (figura VANII-5.6) es la considerable disminución que se inicia en 1992, lo que se refleja en sus valores, que en principio son similares a los de los tres grupos de referencia y después disminuyen significativamente, llegando a existir diferencias de más de dos órdenes de magnitud.



Figura VANII-5.4. Efluentes líquidos de Vandellós II. Actividad total salvo tritio





La actividad media de gases nobles es en este caso (2,16 GBq/GWh) claramente inferior a la de los tres grupos de referencia.

I-131

La actividad de I-131 en los efluentes gaseosos de la central nuclear Vandellós II



Figura VANII-5.6. Efluentes gaseosos de Vandellós II. Gases nobles

(figura VANII-5.7) presenta en su conjunto una progresiva tendencia decreciente. Sus valores son similares a los de los grupos de referencia.

La actividad media de I-131 (1,11 E-05 GBq/GWh) es menor que la de los tres grupos de referencia.

Partículas

La actividad de partículas en los efluentes gaseosos de la central nuclear Vandellós II (figura VANII-5.8) experimenta un descenso en 1995, exceptuado el cuál su tendencia es bastante estable. Sus valores, que son inferiores a los de USA y de la UE, únicamente superan a los de España en dos ocasiones.

La actividad media de las partículas en esta central (2,73 E-06 GBq/GWh) es considerablemente inferior a la de los tres grupos de referencia.

Tritio

La actividad de tritio en los efluentes gaseosos de la central nuclear Vandellós II (figura VANII- 5.9) tiene una tendencia estable aunque con oscilaciones a lo largo de los distintos años. Sus valores son en todo momento menores que los de USA, UE y España.

La actividad media de tritio en esta central (1,16 E-02 GBq/GWh) es menor que la de los tres grupos de referencia.

Dosis estimadas a partir de los vertidos

En la gráfica de la figura VANII-5.3 se representa la evolución de la dosis equivalente efectiva total (efluentes líquidos+efluentes gaseosos) en el período considerado y en la tabla 5.7 su porcentaje respecto a la restricción operacional de dosis y al límite del Reglamento



Figura VANII-5.7. Efluentes gaseosos de Vandellós II. I-131

Figura VANII-5.8. Efluentes gaseosos de Vandellós II. Partículas



de Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes. El valor medio de dicha dosis es 1,46E-03 mSv, con un intervalo comprendido entre 2,77E-03 y 4,31E-04 mSv; dicho valor medio representa un 1% de la restricción operacional de dosis.



Figura VANII-5.9. Efluentes gaseosos de Vandellós II. Tritio

86





Tabla 5.7. Porcentaje respecto a la restricción operacional y al límite reglamentario de dosis al público

	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	
Restricción operacional	1,25%	1,60%	0,43%	1,37%	0,73%	1,09%	2,02%	1,90%	2,77%	
Límite reglamentario	0,02%	0,03%	0,01%	0,03%	0,01%	0,02%	0,04%	0,04%	0,06%	

V.2.6. Central nuclear de Trillo

Evolución de los vertidos y las dosis

La actividad en los efluentes líquidos de la central nuclear de Trillo se mantiene bastante estable a lo largo del período considerado (figura TRI-6.1); la disminución en la actividad total salvo tritio que se aprecia durante los años 1991/92 es consecuencia de la campaña que se efectuó para reducir el volumen de líquidos a utilizar en la zona controlada, sobre todo en descontaminación, lavandería y limpieza de planta, disminuyendo así el volumen de los efluentes radiactivos líquidos.

- En lo que respecta a los efluentes gaseosos (figura TRI-6.2), la actividad de gases nobles y de I-131 presenta algunas variaciones que están relacionadas con el estado del combustible. La actividad de partículas y de tritio, sin embargo, se ha mantenido bastante estable a lo largo de los años de explotación, únicamente en el caso del tritio hay que matizar que su presencia en los efluentes gaseosos está influenciada tanto por las características de diseño de la instalación, que permiten conseguir un alto nivel de desecación en los efluentes gaseosos, como por la práctica operativa (destritiación del agua de refrigeración del primario) lo que da lugar a que los valores sean en ocasiones menores que el LID.

Entorno nacional e internacional

Las variaciones en la actividad normalizada llevan asociadas variaciones similares en la actividad real vertida por lo que están ligadas a incidencias operativas, no estando asociadas en ningún caso a la falta de producción de energía eléctrica como consecuencia de una parada prolongada.







Figura TRI-6.2. Central nuclear de Trillo. Actividad de efluentes gaseosos (GBq)

Actividad total salvo tritio

La actividad total salvo tritio en los efluentes líquidos de la central nuclear de Trillo (figura TRI-6.4) presenta una tendencia estable con alguna fluctuación. Como en el caso de la central nuclear Vandellós II, la comparación con los grupos de referencia internacionales solo se puede efectuar a lo largo de un corto período de tiempo. En cualquier caso, la actividad de la central nuclear de Trillo es claramente la menor. Del mismo modo, la actividad media de esta central (1,10 E-04 GBq/GWh) es considerablemente menor que la de los tres grupos de referencia.

Tritio

La actividad de tritio en los efluentes líquidos (figura TRI-6.5) se mantiene con cierta estabilidad hasta los últimos años en los que, de continuar la tendencia actual, iniciaría una subida. Sus valores que inicialmente son menores que los de los tres grupos de referencia, se sitúan rápidamente en el entorno de los valores de estos grupos, llegando a superar únicamente en algunos casos a los correspondientes a la UE.

La actividad media de tritio en los efluentes líquidos de la central (2,32 GBq/GWh) es menor que la de los tres grupos de referencia.

Gases nobles

Las gráficas de la figura TRI-6.6 muestran que la actividad de los gases nobles en los efluentes gaseosos de la central presenta variaciones importantes a lo largo de los años de explotación, llegando a existir diferencias de más de dos órdenes de magnitud entre unos años y otros. Sin embargo, sus valores son en todo momento claramente inferiores a los de los grupos de referencia, siendo en ocasiones menores en casi tres órdenes de magnitud.



Figura TRI-6.4. Efluentes líquidos de Trillo. Actividad total salvo tritio

Figura TRI-6.5. Efluentes líquidos de Trillo. Actividad tritio



La situación expuesta se refleja también en el valor de la actividad media (4,53 E-01 GBq/GWh), que es inferior a los valores medios de los tres grupos de referencia. I-131

La actividad de I-131 en los efluentes gaseosos (figura TRI-6.7) tiene una evolución



Figura TRI-6.6. Efluentes gaseosos de Trillo. Gases nobles





discontinua debido a que en varios años la actividad medida es inferior al LID. Cuando se dispone de valores, éstos son inferiores a los de los tres grupos de referencia, excepto en 1997. La actividad media de I-131 (1,20E-05GBq/GWh) es menor que la de los tres grupos de referencia.

Partículas

La actividad de partículas en los efluentes gaseosos de la central (figura TRI-6.8) presenta una tendencia bastante estable, con un ligero incremento durante los años 1990-91. Sus valores son en todos los casos inferior a los de los tres grupos de referencia.

La actividad media de las partículas (9,45 E-07 GBq/GWh) es, por lo tanto, considerablemente menor que la de los tres grupos.

Tritio

La actividad de tritio en los efluentes gaseosos (figura TRI-6.9) se mantiene muy estable a partir de 1994, año en que experimentó una ligera subida. Sus valores, que son siempre inferiores a los de USA y España, son superiores a los de la UE.

De acuerdo con lo expuesto anteriormente, la actividad media de tritio (8,71 E-02 GBq/GWh) es menor que la de las centrales de España y de USA, pero superior a la de las centrales de la UE, si bien está dentro de su rango de valores.

Dosis estimadas a partir de los vertidos

En la gráfica de la figura TRI-6.3 se representa la evolución de la dosis equivalente efectiva total (efluentes líquidos + efluentes gaseosos) en el período considerado y en la tabla 5.8 su porcentaje respecto a la restricción operacional de dosis y al límite del Reglamento de Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes. El valor medio de dicha dosis es 1,85E-03 mSv, con un intervalo comprendido entre 3,29E-03 y 6,61E-04 mSv; dicho valor medio representa un 3% de la restricción operacional de dosis.







Figura TRI-6.9. Efluentes gaseosos de Trillo. Tritio





Tabla 5.8. Porcentaje respecto a la restricción operacional y al límite reglamentario de dosis al público

	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	
Restricción operacional	0,66%	1,72%	1,21%	0,73%	2,76%	2,62%	2,85%	1,84%	3,29%	
Límite reglamentario	0,01%	0,01%	0,02%	0,01%	0,06%	0,05%	0,06%	0,04%	0,07%	

V.3. Centrales nucleares tipo BWR

V.3.1.Central nuclear de Santa María de Garoña

Evolución de los vertidos y las dosis

La actividad de los efluentes líquidos de la central nuclear de Santa María de Garoña (figura SMG-7.1) presenta numerosas variaciones a lo largo del período de tiempo considerado, asociadas a modificaciones operativas en la central. En 1980 la central estuvo parada varios meses para realizar la sustitución de unas piezas con defectos por corrosión, operación que originó efluentes líquidos, como se refleja en las gráficas correspondientes. En 1985 se efectuó otra parada de la planta durante la que se realizaron diversas modificaciones derivadas del programa de reevaluación de la seguridad. Estas operaciones, unidas a una fuga de vapor que se produjo en la tapa de la caja de válvulas de parada de la turbina y a un vertido inadvertido al exterior de agua ligeramente contaminada, son el origen del aumento en la actividad de los efluentes líquidos y en la actividad de partículas en los efluentes gaseosos de la planta. En 1987, como consecuencia de una fuga de agua ligeramente contaminada, se observa un nuevo aumento en la actividad total salvo tritio.

En relación con el tritio, hay que considerar que su mayor o menor presencia en los efluentes está condicionada por las variaciones de potencia y por la existencia de defectos en el combustible, pero en una central del tipo BWR también está influida por el estado de las barras de control.

Respecto a los efluentes gaseosos (figura SMG-7.2), los gases nobles presentan una tendencia muy estable hasta 1993, produciéndose un descenso progresivo en el período







Figura SMG-7.2. Central nuclear de Santa María de Garoña. Actividad de efluentes gaseosos (GBq)

1994-97 atribuido a un cambio en la metodología de medida. Por otra parte, mientras que el I-131 y las partículas presentan algunas variaciones asociadas en general a la existencia de defectos en el combustible, el tritio se mantiene bastante estable, no existiendo variaciones remarcables.

Entorno nacional e internacional

Las variaciones en la actividad normalizada de los efluentes radiactivos de la central nuclear de Santa María de Garoña son similares a las variaciones en la actividad real vertida por lo que, como ya se ha indicado anteriormente, la causa de las mismas radica en incidencias operativas, no estando asociadas a la falta de producción de energía eléctrica como consecuencia de una parada prolongada.

Actividad total salvo tritio

La actividad total salvo tritio en los efluentes líquidos (figura SMG-7.4) presenta oscilaciones pero en conjunto se puede considerar que existe una cierta tendencia decreciente. Sus valores son más bajos que los de las centrales BWR de USA y de la UE en casi todos los años, mientras que son superiores a los de España desde la entrada en operación de la central nuclear de Cofrentes.

La actividad media total salvo tritio en los efluentes de la central (2,40 E-03 GBq/GWh) es menor que la de USA y que la de la UE, y mayor que la de España.

Tritio

La actividad de tritio en los efluentes líquidos (figura SMG-7.5) también presenta oscilaciones a lo largo de los distintos años, lo



Figura SMG-7.4. Efluentes líquidos de Santa María de Garoña. Actividad total salvo tritio

Figura SMG-7.5. Efluentes líquidos de Santa María de Garoña. Actividad tritio



que da lugar a que sus valores en unos momentos sean menores que los de los grupos de referencia y en otros los superen. La actividad media de tritio en los efluentes líquidos (8,10 E-02 GBq/GWh) es mayor que la de España y menor que la de los dos grupos de referencia internacionales.

Gases nobles

La actividad de gases nobles en los efluentes gaseosos (figura SMG-7.6) se mantiene muy estable hasta que en 1994 se inicia un descenso, que continua hasta 1997. Sus valores corren paralelos a los de los grupos de referencia, estando situados entre ellos hasta 1994 en que siguen una evolución muy próxima a la de España.

La actividad media de gases nobles (4,12 E + 01 GBq/GWh) es mayor que la de España pero es inferior a la de la UE y a la de USA.

I-131

La actividad de I-131 en los efluentes gaseosos (figura SMG-7.7) presenta diversas variaciones a los largo de los distintos años con una tendencia global más o menos estable. Sus valores, que son inferiores a los de USA y a los de la UE, se sitúan entorno a los valores más bajos de España.

La actividad media (2,10 E-05 GBq/GWh) es menor que la de los tres grupos de referencia.

Partículas

La actividad de partículas en los efluentes gaseosos de la central (figura SMG-7.8) muestra una tendencia bastante estable con variaciones poco significativas, siendo sus valores similares a los de los grupos de referencia.

La actividad media (1,15 E-04 GBq/GWh) es superior a la de España e inferior a la de USA y a la de la UE.

Figura SMG-7.6. Efluentes gaseosos de Santa María de Garoña. Gases nobles





Figura SMG-7.7. Efluentes gaseosos de Santa María de Garoña. I-131





Tritio

La actividad de tritio en los efluentes gaseosos de la central (figura SMG-7.9) no muestra variaciones significativas a lo largo de todos los años y en conjunto se puede considerar que existe una tendencia estable. Los valores de actividad son mayores que los de la UE y que los de España. Respecto a los valores de USA, son en general más bajos, superándolos únicamente durante los años 1989, 1990 y 1991.



Figura SMG-7.9. Efluentes gaseosos de Santa María de Garoña. Tritio

La actividad media de tritio en los efluentes gaseosos (1,23 E-01 GBq/GWh) es mayor que la de España y que la de la UE, si bien está dentro de su rango de valores, siendo menor que la de USA.

Dosis estimadas a partir de los vertidos

En la gráfica de la figura SMG-7.3 se representa la evolución de la dosis equivalente efectiva total (efluentes líquidos + efluentes gaseosos) en el período considerado y en la tabla 5.9 su porcentaje respecto a la restricción operacional de dosis y al límite del Reglamento de Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes. El valor medio de dicha dosis es 3,04E-03 mSv, con un intervalo comprendido entre 1,30E-02 y 1,01E-04 mSv; dicho valor medio representa un 3% de la restricción operacional de dosis.





Tabla 5.9. Porcentaje respecto a la restricción operacional y al límite reglamentario de dosis al público

	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
Restricción operacional	3,95%	13,02%	6,17%	8,46%	3,56%	2,66%	2,47%	2,01%	2,05%
Límite reglamentario	0,08%	0,26%	0,12%	0,17%	0,07%	0,05%	0,05%	0,04%	0,04%
	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Restricción operacional	2,26%	1,90%	2,58%	2,25%	0,45%	0,39%	0,10%	0,33%	0,15%
Límite reglamentario	0,05%	0,04%	0,05%	0,04%	0,01%	0,01%	0,002%	0,01%	0,003%

V.3.2. Central nuclear de Cofrentes

Evolución de los vertidos y las dosis

Los efluentes líquidos de la central nuclear de Cofrentes (figura COF-8.1) muestran una evolución bastante estable, con pocas variaciones significativas. Este es el caso de la actividad total salvo tritio que presenta incrementos en 1988 y 1997. El primero de ellos debido a unas operaciones de descontaminación llevadas a cabo en el taller de equipos, una vez que hubo finalizado la recarga, mientras que el segundo está asociado a la existencia de fallos en los elementos combustibles. En relación con el tritio cabe indicar que la subida que se aprecia a partir de 1991, tanto en los efluentes líquidos como en lo gaseosos, se debe a la existencia de una serie de defectos importantes en el combustible, unido al envejecimiento de las barras de control.

En cuanto a los efluentes gaseosos (figura COF-8.2), los incrementos que se producen en la actividad vertida de los distintos grupos de radionucleidos están asociados a fallos en el combustible y a problemas en el sistema del Off-Gas. La disminución progresiva durante los últimos años se debe a modificaciones de diseño del sistema del Off-Gas realizadas para mejorar su funcionamiento. En 1996 se alcanza un mínimo en la actividad de los gases nobles, radioyodos y partículas como consecuencia del buen estado del combustible, produciéndose a continuación un nuevo aumento debido, en gran parte, a la existencia de nuevos defectos.

Entorno nacional e internacional

Las variaciones en la actividad normalizada de los efluentes radiactivos de la central nuclear de Cofrentes son similares a las







Figura COF-8.2. Central nuclear de Cofrentes. Actividad de efluentes gaseosos (GBq)

variaciones en la actividad real vertida por lo que, como ya se ha indicado anteriormente, la causa de las mismas radica en incidencias operativas, no estando asociadas en ningún caso a la falta de producción de energía eléctrica como consecuencia de una parada prolongada.

Actividad total salvo tritio

El aspecto más destacable de la evolución de la actividad total salvo tritio en los efluentes líquidos de la central nuclear de Cofrentes (figura COF-8.4) es la disminución continuada que se produce en el período 1985-87, teniendo a partir de entonces pocas fluctuaciones, salvo las dos subidas que se producen en 1988 y 1997. Sus valores son inferiores a los de las centrales de los tres grupos de referencia. La actividad media total salvo tritio de esta central (5,23 E-05 GBq/GWh) es inferior a la de los tres grupos de referencia.

(101)

Tritio

La actividad de tritio en los efluentes líquidos (figura COF-8.5) muestra ciertas oscilaciones a lo largo del periodo considerado. Sus valores son similares a los de España e inferiores a los de los grupos de referencia internacionales.

La actividad media de tritio (3,46E-02GBq/GWh) es menor que la de los tres grupos de referencia.

Gases nobles

Las gráficas de la figura COF-8.6 muestran que los gases nobles en los efluentes gaseosos siguen una evolución muy parecida a la de la central nuclear de Santa María de Garoña, si bien en este caso se producen algunas variaciones a lo



Figura COF-8.4. Efluentes líquidos de Cofrentes. Actividad total salvo tritio

Figura COF-8.5. Efluentes líquidos de Cofrentes. Actividad tritio



largo de los distintos años. Sus valores están situados entre los valores de los grupos de referencia hasta que en 1994 empiezan a disminuir apreciablemente, manteniéndose muy próximos a los de España. La actividad media de gases nobles (8,08 GBq/GWh) es menor que la de los tres grupos de referencia.



Figura COF-8.6. Efluentes gaseosos de Cofrentes. Gases nobles

I-131

En el caso de la central nuclear de Cofrentes, la actividad de I-131 en los efluentes gaseosos (figura COF-8.7) coincide prácticamente con la de España como consecuencia de su mayor contribución a la actividad total vertida y de que sólo dos centrales constituyen el grupo de centrales BWR de España.

Laactividad media de I-131 (1,06E-04GBq/GWh) es mayor que la de España pero menor que la de la UE y que la de USA.

Partículas

La actividad de partículas en los efluentes gaseosos de la central (figura COF-8.8) presenta una tendencia bastante estable con variaciones poco importantes. Sus valores son en la mayoría de los casos menores que los valores de los tres grupos de referencia. La actividad media de partículas (2,59 E-05 GBq/GWh) es menor que la de los tres grupos de referencia.

Tritio

En las gráficas de la figura COF-8.9 se observa que la actividad de tritio en los efluentes gaseosos sufre oscilaciones en el período considerado, teniendo en conjunto una tendencia global creciente como consecuencia de los vertidos correspondientes a los años posteriores a 1991. Sus valores, que inicialmente son similares a los de la UE, los superan desde 1993, llegando a ser equivalentes a los de España. Sin embargo en todo momento son menores que los valores de USA.

La actividad media de tritio en los efluentes gaseosos (4,01 E-02 GBq/GWh) es menor que la de los tres grupos de referencia.



Figura COF-8.7. Efluentes gaseosos de Cofrentes. I-131







Figura COF-8.9. Efluentes gaseosos de Cofrentes. Tritio

Dosis estimadas a partir de los vertidos.

En la gráfica de la figura COF-8.3 se representa la evolución de la dosis equivalente efectiva total (efluentes líquidos + efluentes gaseosos) en el período considerado y en la tabla 5.10 su porcentaje respecto a la restricción operacional de dosis y al límite del Reglamento de Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes. El valor medio de dicha dosis es 1,01E-03 mSv, con un intervalo comprendido entre 2,17E-03 y 3,61E-04 mSv; dicho valor medio representa un 1% de la restricción operacional de dosis.



Figura COF-8.3. Central nuclear de Cofrentes. Dosis equivalente efectiva total (mSv/a)

Tabla 5.10. Porcentaje respecto a la restricción operacional y al límite reglamentario de dosis al público

	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
Restricción operacional		0,65%	0,96%	1,09%	1,54%	0,57%	0,36%
Límite reglamentario		0,01%	0,02%	0,02%	0,03%	0,01%	0,01%
	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Restricción operacional	1,89%	0,92%	2,17%	1,09%	0,51%	0,39%	1,04%
Límite reglamentario	0,04%	0,02%	0,04%	0,02%	0,01%	0,01%	0,02%
VI. Referencias





VI. Referencias

- [1] Reglamento de protección sanitaria contra las radiaciones ionizantes.
- [2] Directiva 96/29/Euratom del Consejo, 13 de mayo de 1996, por la que se establecen las normas básicas relativas a la protección sanitaria de los trabajadores y de la población contra los riesgos que resultan de las radiaciones ionizantes. L159/1 Diario Oficial de las Comunidades Europeas. 29 junio 1996.
- [3] Radiation Protection 72: Methodology for assessing the radiological consequences of routine releases of radionuclides to the environment. Report EUR 15760 EN. Directorate-General Environment, Nuclear Safety and Civil Protection. European Commission.
- [4] Guía de Seguridad 1.7: Información a remitir al CSN por los titulares sobre la explotación de las centrales nucleares. Consejo de Seguridad Nuclear, 1997.
- [5] Radiation Protection 77: Radioactive effluents from nuclear power stations and fuel reprocessing plants in the European Community, 1977-86. Report EUR 15928 EN. Directorate-General Environment, Nuclear Safety and Civil Protection. European Commission.
- [6] Radiation Protection 84: Radioactive effluents from nuclear power stations and

fuel reprocessing plants in the European Community, 1987-91. Report EUR 16901 EN. Directorate-General Environment, Nuclear Safety and Civil Protection. European Commission.

- [7] Exposures from man-made sources of radiation. A/AC.82/R.568. 6 March 1997.
 United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR).
- [8] Radioactive materials released from nuclear power plants. NUREG/CR-2907. Vol. 10. USA NRC.
- [9] Radioactive materials released from nuclear power plants. NUREG/CR-2907. Vol. 13. USA NRC
- [10] Sources, effects and risks of ionizing radiation.
 United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR).
 1988 Report to the Genarl Assembly, with annexes.
- [11] Sources, effects and risks of ionizing radiation.
 United Nations Scientific Committee on the
 Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR).
 1993 Report to the Genarl Assembly, with annexes.
- [12] Dose commitments due to radioactive releases from nuclear power plant sites in 1991. NUREG/CR2850. Vol.13. USA, NRC.







Los efluentes radiactivos en las centrales nucleares españolas (1980-1997)

Fe de erratas

- Página 33, tabla 4.3:
 - Columna izquierda, fecha de inicio de la central Bugey 3, donde dice 1979, debería decir 1978.
 - Columna derecha, a partir de la tercera línea debajo de Alemania (después de Brokdorf) debería decir:

Emsland	1270	1988
Grafenrheinfeld	1235	1981
Greifswald 1	440	1973/90

- Página 40, figura 5.1:
 - En el eje de ordenadas no debería figurar el texto "Actividad (GBq/GWh)".
- Página 42, tabla 5.2:
 - En el tercer dato de la primera columna (dosis total a 0,5 km en 1977), donde dice 8,0E-04, debería decir 8,9E-04.
- Página 43, figura PWR-1:
 - En los datos de USA de la cartela, donde dice que el valor máximo es 1,84E-02, debería decir 1,64E-02.
- Página 55, figura JCA-1.4:
 Falta rótulo "UE" en la línea gris clara.
- Página 66, figura ALM-2.3:
 En el eje de ordenadas no debería figurar el texto "Actividad (GBq/GWh)".
- Página 67, figura ASI-3.1:
 En el eje de ordenadas no debería figurar el texto "Actividad (GBq/GWh)".
- Página 86, figura VANII-5.3:
 En el eje de ordenadas no debería figurar el texto "Actividad (GBq/GWh)".
- Página 89, figura TRI-6.5:
 - Falta la gráfica con los datos de USA, que sería equivalente a la que aparece en la figura VANII-5.5 (línea de color negro).
- Página 90, figura TRI-6.6:
 - Falta la gráfica con los datos de USA, que sería equivalente a la que aparece en la figura VANII-5.6 (línea de color negro).
- Página 92, figura TRI-6.3:
 - En el eje de ordenadas no debería figurar el texto "Actividad (GBq/GWh)".

Los efluentes radiactivos en las centrales nucleares españolas (1980-1997)

Situación en el marco internacional

Colección Documentos Nº 5. 1999

