

TERCER EJERCICIO

GRUPO B. PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

TEMA 18: Efluentes radiactivos en instalaciones nucleares e instalaciones radiactivas del ciclo del combustible. Sistemas de tratamiento. Limitación, vigilancia y control. Efluentes radiactivos en instalaciones radiactivas. Sistemas de tratamiento. Limitación, vigilancia y control

ÍNDICE

1. RESUMEN EJECUTIVO Y RELACIÓN CON OTROS TEMAS
2. MARCO LEGAL
3. EFLUENTES RADIATIVOS EN INSTALACIONES NUCLEARES
 - 3.1. Marco legal.
 - 3.2. Origen de los efluentes radiactivos en centrales nucleares
 - 3.3. Sistemas de tratamiento.
 - 3.3.1. Efluentes gaseosos.
 - 3.3.2. Efluentes líquidos.
 - 3.4. Límites de emisión de efluentes.
 - 3.5. Programa de control y vigilancia de efluentes radiactivos.
 - 3.5.1. Programa de control y vigilancia de efluentes gaseosos.
 - 3.5.2. Programa de control y vigilancia de efluentes líquidos.
4. EFLUENTES RADIATIVOS EN INSTALACIONES RADIATIVAS DEL CICLO DEL COMBUSTIBLE
 - 4.1. Instalación de almacenamiento de residuos de muy baja (RBBA), baja y media actividad (RBMA). Centro de almacenamiento de El Cabril.
 - 4.1.1. Limitación, vigilancia y control.
 - 4.1.1.1. Sistemas de tratamiento, vigilancia y control de los gases.
 - 4.1.1.2. Sistemas de tratamiento, vigilancia y control de los líquidos.
 - 4.2. Instalaciones mineras de extracción de uranio y plantas de concentrados de uranio. Instalación minera de Saelices El Chico y planta Quercus de obtención de uranio.
 - 4.2.1. Limitación, vigilancia y control.
 - 4.2.2. Sistemas de tratamiento, vigilancia y control de los líquidos generados.
 - 4.2.3. Sistemas de tratamiento, vigilancia y control de los gases generados.
 - 4.3. Fábrica de elementos combustibles (Juzbado-Salamanca).
 - 4.3.1. Limitación, vigilancia y control.
 - 4.3.2. Sistema de tratamiento, vigilancia y control de efluentes radiactivos gaseosos.
 - 4.3.3. Sistema de tratamiento, vigilancia y control de efluentes radiactivos líquidos.

5. EFLUENTES RADIATIVOS GENERADOS EN INSTALACIONES RADIATIVAS

5.1.Sistemas de tratamiento de efluentes en instalaciones radiactivas.

5.2.Limitación, vigilancia y control.

6. PAPEL DEL CSN EN LA VIGILANCIA Y CONTROL DE LOS EFLUENTES GENERADOS EN LAS INSTALACIONES NUCLEARES Y RADIATIVAS

7. BIBLIOGRAFÍA

1. RESUMEN EJECUTIVO Y RELACIÓN CON OTROS TEMAS

En este tema se desarrollan los aspectos relativos a la generación de efluentes radiactivos, su tratamiento, vigilancia y control.

En las propias centrales nucleares, así como en las instalaciones del ciclo, ya sea en la fabricación de elementos combustibles, como en su almacenamiento, se generan efluentes líquidos y gaseosos que requieren de un programa de control y vigilancia. Las centrales han de disponer de sistemas para el tratamiento de desechos radiactivos y para la vigilancia y control de la actividad en los efluentes, con el fin de limitar la actividad vertida al exterior y garantizar que se cumplen los límites de vertido establecidos en los documentos oficiales de explotación, en las especificaciones técnicas de funcionamiento (ETFs) y en el Manual de Cálculo de Dosis al Exterior (MCDE).

Respecto a las instalaciones nucleares y radiactivas del ciclo, la vigilancia de la emisión de los efluentes radiactivos se realiza mediante equipos de medida de la radiación y mediante la toma de muestras de los efluentes. El diseño de los sistemas de tratamiento, vigilancia y control en las instalaciones del ciclo de combustible también tiene como objetivo el cumplimiento con los criterios radiológicos establecidos en la instalación y difiere en función del tipo de instalación del que se trate y, por tanto, de la naturaleza de los residuos radiactivos que se generen en la misma, así como de los criterios que se hayan establecido a priori para el diseño de dichos sistemas.

En cuanto a las instalaciones radiactivas, tales como instalaciones médicas e instalaciones de investigación, también se generan efluentes, que, tras su tratamiento y vigilancia, son vertidos al medio ambiente. En la normativa española se establece la limitación a dicha descarga.

El Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) lleva a cabo la vigilancia y control de los efluentes radiactivos emitidos al medio ambiente desde estas instalaciones mediante el análisis de los informes que las instalaciones deben enviar periódicamente, así como mediante la realización de inspecciones.

Este tema se relaciona con los siguientes:

PRIMER EJERCICIO

Grupo A.2. Derecho nuclear:

TEMA 12. Directivas de la Unión Europea en materia de Seguridad Nuclear y Protección Radiológica y su transposición al ordenamiento nacional.

TEMA 14. La Ley 25/1964, de 29 de abril, sobre Energía Nuclear. Reglamento sobre Instalaciones Nucleares y Radiactivas. Régimen de autorizaciones de estas instalaciones: Instrucciones Técnicas Complementarias. Reglamento sobre Protección Sanitaria contra las Radiaciones Ionizantes. Instrucciones del Consejo de Seguridad Nuclear. El Plan Básico de Emergencia Nuclear. Directriz básica de protección civil ante el riesgo radiológico. La protección física de las instalaciones, los materiales nucleares y las fuentes radiactivas.

Grupo B. Física y tecnología nucleares

Tema 8. Residuos radiactivos. Tipos. Origen. Gestión.

Tema 9. Reactores nucleares. Componentes. Tipos.

TERCER EJERCICIO

Grupo B. Protección Radiológica

Tema 14: Definición, clasificación y gestión de los residuos radiactivos sólidos. Gestión de los residuos radiactivos producidos en las instalaciones nucleares. Gestión de residuos radiactivos producidos en instalaciones radiactivas médicas, industriales y de investigación. Acondicionamiento y almacenamiento.

Tema 19. Comportamiento de los radionucleidos en el medio ambiente. Vigilancia radiológica ambiental.

Tema 20. Protección radiológica del público en circunstancias normales.

Tema 21. Redes nacionales de vigilancia radiológica ambiental.

2. MARCO LEGAL

El Reglamento sobre protección de la salud contra los riesgos derivados de la exposición a las radiaciones ionizantes (Real Decreto 1029/2022) en su Título V aborda la protección radiológica de la población en circunstancias normales. En el artículo 60 se establecen los principios generales de la protección radiológica de los miembros del público en condiciones normales, como son:

1. La protección de los miembros del público en condiciones normales se basará en los principios siguientes:

a) La contribución de las prácticas a la exposición de los miembros del público deberá mantenerse en el valor más bajo que sea razonablemente posible, teniendo en cuenta factores económicos y sociales.

b) El titular de la práctica realizará los estudios adecuados a cada caso conducentes a confirmar que el riesgo de exposición a que pudieran estar sometidos los miembros del público como consecuencia de sus actividades no es significativo desde el punto de vista de la protección radiológica, teniendo en cuenta sus efectos a largo plazo.

c) Las prácticas deberán ser proyectadas y ejecutadas convenientemente a fin de evitar o reducir hasta el mínimo razonablemente posible la evacuación al medio ambiente de efluentes radiactivos y la generación de residuos, a lo largo de todo el ciclo de vida de la instalación, así como las posibles dosis producidas por exposición a la radiación externa.

d) Sobre la base de los estudios mencionados en el apartado b), en la correspondiente autorización administrativa se especificará si debe disponerse de un sistema específico de vigilancia para evaluar y controlar, durante el ejercicio de la actividad, las dosis que pudieran ser recibidas por los miembros del público.

2. La vigilancia se basará fundamentalmente en las dosis que pudieran ser recibidas por los miembros del público, incluyendo la protección de la salud a largo plazo y, cuando esté justificado por el riesgo asociado, en la realización de un programa de vigilancia radiológica ambiental adecuado a dicho riesgo y a los medios potencialmente impactados.

Asimismo, el artículo 62 establece que “Toda evacuación de efluentes radiactivos y residuos radiactivos sólidos al medio ambiente requerirá autorización expresa, previo informe del Consejo de Seguridad Nuclear.” “La evacuación se ajustará a los límites y condiciones que en la citada autorización se establezcan atendiendo a las características de la práctica. A este objeto, el solicitante de la autorización adjuntará los estudios adecuados en cada caso, relativos al vertido de efluentes radiactivos al medio ambiente y a la capacidad de recepción de contaminantes radiactivos de la zona en función de sus características.”

El artículo 64 refleja la metodología a seguir para la realización del cálculo de dosis recibidas por la población:

1. El titular de cada práctica autorizada realizará una estimación de las dosis recibidas por los miembros del público que será proporcional al riesgo de exposición derivado de la práctica.
2. El Consejo de Seguridad Nuclear determinará las prácticas para las que se deba proceder a una evaluación de las dosis para los miembros del público y aquellas para las que sea suficiente una evaluación exploratoria.
3. En el caso de las instalaciones nucleares e instalaciones radiactivas del ciclo del combustible nuclear, dicha estimación se realizará al menos anualmente considerando:
 - a) La información disponible para identificar a la **persona representativa** de los miembros del público teniendo en cuenta las vías efectivas de transmisión de las sustancias radiactivas.
 - b) La **evaluación de las exposiciones externas**, indicando, según los casos, el tipo y la calidad de la radiación de que se trate.
 - c) La **evaluación de la incorporación de radionucleidos**, indicando la naturaleza y los estados físico y químico de los radionucleidos, así como la determinación de las concentraciones de actividad de dichos radionucleidos en los alimentos y en el agua potable u otros componentes del medio ambiente pertinentes.
4. El titular de cada práctica remitirá los resultados de las estimaciones de dosis al Consejo de Seguridad Nuclear.

Durante la explotación de las centrales nucleares e instalaciones radiactivas del ciclo del combustible nuclear se establecen unos controles administrativos sobre las descargas de efluentes al medioambiente, mediante límites y condiciones de emisión incorporados en las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento (ETFs), en un apartado de “normas administrativas”, que constituye el Programa de Control de Efluentes Radiactivos (PROCER).

En el PROCER se establecen los aspectos fundamentales aplicables a la limitación de los vertidos radiactivos, el programa de muestreo y análisis de los efluentes, los requisitos exigibles a la instrumentación de vigilancia y control de los mismos y las condiciones de operación de los sistemas de tratamiento de efluentes.

Los objetivos básicos del Programa de Control de Efluentes Radiactivos (PROCER) de una central nuclear, tal como se detalla en la Guía de Seguridad 1.4 del CSN, son:

- 1) Asegurar que la instrumentación de vigilancia y control de los efluentes tiene la capacidad funcional necesaria para medir y analizar las descargas de material radiactivo.
- 2) Asegurar que los sistemas de tratamiento de los efluentes se utilizan para reducir las descargas de material radiactivo de modo que la actividad de los radionucleidos presentes en las mismas y las dosis susceptibles de ser recibidas por la población a la

que potencialmente pudieran afectar sean las más bajas razonablemente posibles, teniendo en cuenta factores económicos y sociales (Principio ALARA).

3) Establecer límites instantáneos para la tasa de emisión de material radiactivo cuya superación active sistemas de alarma e impida el vertido si se dispone de interrupción automática de la descarga, y restaurar la tasa de emisión dentro de los valores indicados en el Control.

4) Limitar la dosis efectiva y equivalente a la piel para los miembros del público, debida a los materiales radiactivos líquidos liberados al área no restringida y a los materiales radiactivos gaseosos liberados en puntos situados en o más allá del límite del emplazamiento.

5) Medir, evaluar e informar sobre las cantidades de radiactividad en los efluentes radiactivos líquidos y gaseosos.

6) Evaluar las dosis a los miembros del público.

Los resultados de la aplicación del PROCER permiten:

a) Verificar que los vertidos se planifican de acuerdo con el principio ALARA (*As Low As Reasonably Achievable*).

b) Verificar el cumplimiento de los límites autorizados, de las ET y del MCDE.

c) Evaluar el comportamiento operacional de la central, especialmente de los sistemas de tratamiento de desechos radiactivos.

d) Estimar las dosis al público derivadas de la emisión de efluentes.

e) Disponer de información rápida y precisa sobre la identidad y actividad de radionucleidos contenidos en los efluentes emitidos.

f) Activar sistemas de alarma y respuesta, para impedir el vertido, cuando se superan los límites establecidos.

Todos los aspectos contenidos en el PROCER se desarrollan en profundidad en el Manual de Cálculo de Dosis al Exterior (MCDE), el cual contiene además la metodología y parámetros utilizados en el cálculo de las dosis en el exterior de la instalación debida a los efluentes líquidos y gaseosos emitidos, y el cálculo de los puntos de tarado de alarma y disparo de los monitores de vigilancia de los efluentes.

El MCDE contiene un resumen de las vías de vertido y las estructuras de descarga de la instalación, un listado de los procedimientos usados por la planta en relación con los vertidos y las acciones a emprender si se exceden los límites y condiciones establecidos en el mismo.

3. EFLUENTES RADIATIVOS EN INSTALACIONES NUCLEARES

3.1. Origen de los efluentes radiactivos en centrales nucleares

La principal fuente de materiales radiactivos líquidos y gaseosos en una central nuclear la constituye la actividad presente en el circuito refrigerante primario como consecuencia de las fugas de productos de fisión contenidos en la matriz combustible y la activación de productos (fundamentalmente, de corrosión).

- Los productos de fisión son los nucleidos resultantes de la fisión del combustible nuclear. Pueden producirse del orden de 90 productos de fisión distintos, de números másicos entre 70 y 160. Algunos de ellos encabezan cadenas radiactivas, contabilizando así un total de unos 320 nucleidos distintos, 200 de ellos radiactivos. Aunque la mayoría de los productos de fisión permanecen en la matriz combustible, una fracción de éstos puede ir a parar al sistema refrigerante del reactor debido a procesos de difusión y deterioro de las pastillas de combustible y de las vainas. También puede darse la presencia directa de productos de fisión en el refrigerante por una posible contaminación externa de las vainas durante la fabricación del combustible. Los más importantes desde el punto de vista radiológico son el H-3, los isótopos de yodo, Cs, Sr y los gases nobles Kr y Xe.
- Los productos de activación derivan de isótopos no radiactivos que pueden ser activados en el seno del núcleo del reactor al verse allí sometidos a intensa radiación neutrónica, pasando así a convertirse en elementos radiactivos. Estos isótopos proceden del propio refrigerante/moderador en circulación, bien de las propias moléculas de agua o de aditivos químicos. El O-16 del agua puede sufrir reacciones (n, p) que acaben generando N-16 radiactivo. Por otro lado, el refrigerante contiene aditivos para el control del pH (LiOH), la reactividad (ácido bórico) y la corrosión, de los que se pueden generar nucleidos radiactivos por activación, como el H-3. Otras sustancias contenidas en el refrigerante primario y que pueden activarse a su paso por el núcleo, son los productos de corrosión desprendidos por el ataque del refrigerante sobre materiales, principalmente metálicos, que forman parte del circuito primario. Así se generan los radioisótopos

del Co, Mn, Cr, Ni y Fe que constituyen el “crud”, de importante implicación radiológica.

La principal contribución a los desechos radiactivos líquidos proviene de la purificación del agua de refrigeración del reactor. Esta operación se hace necesaria ya que la actividad contenida en este circuito viene limitada, por razones de seguridad, en operación normal y en condiciones de accidente. Por otro lado, la actividad presente en el primario puede fugar del mismo por distintos caminos, a través de componentes específicos o de puntos singulares que dependen del tipo de reactor, incluso se considera la posibilidad de un escape masivo del circuito por causas de rotura de tuberías. Hay que tener en cuenta que, dadas las temperaturas y presiones de operación del reactor, una parte de este líquido se evaporaría, llegando a formar parte de la corriente de desechos radiactivos gaseosos.

En general los principales caminos identificados de salida de efluentes radiactivos en centrales nucleares de agua ligera se encuentran en:

- Sistemas de purificación: En los sistemas de limpieza de los circuitos de refrigeración del reactor y de la piscina de combustible y en el sistema de condensado del vapor de accionamiento de turbinas se usan resinas de intercambio iónico.
- Fugas de vapor: se producen a través de juntas y prensaestopas de válvulas y bombas a causa de la alta presión del vapor de turbina.
- Eyectores de aire del condensador: estos dispositivos mantienen el vacío en el condensador, succionando el vapor y los gases incondensables para mantener en él la depresión. En reactores tipo BWR estos gases son radiactivos y deben pasar al sistema de tratamiento off-gas. En PWR, la presencia de radiactividad en esta corriente puede ser signo de la rotura de tubos de generador de vapor.
- Puntos de muestreo: En ellos se toman muestras, continuas o esporádicas, de fluidos y de gases de los distintos sistemas que componen el reactor para la determinación de ciertos parámetros físico-químicos, importantes para la operación. Tanto las muestras como las estaciones de muestreo son fuente de contaminación y de residuos radiactivos y efluentes.
- Residuos de lavandería: las prendas y material de limpieza se lavan generando efluentes radiactivos líquidos que se recogen en los drenajes de lavandería.
- Residuos radiactivos de tareas de descontaminación de componentes, sistemas y herramientas. En estas tareas se producen efluentes radiactivos líquidos y gaseosos.

- Drenajes de equipos y suelos: procedentes de los sistemas de purga y recogida de fugas de los equipos que se localizan en los circuitos potencialmente contaminados. Estas fugas son recogidas y enviadas a los sistemas de tratamiento de los efluentes radiactivos líquidos.

3.2. Sistemas de tratamiento

3.2.1. Efluentes gaseosos

Los residuos gaseosos constan de gases radiactivos (H-3, N-16, C-14, gases nobles, etc.), elementos radiactivos volátiles como el yodo y partículas sólidas.

El primer tratamiento consiste en la recolección de las corrientes de gases en depósitos que facilitan el decaimiento de la radiactividad (gases nobles de vida corta y N-16), y posteriormente se aplican métodos físicos y químicos capaces de retener los elementos de vida larga reduciendo su liberación a la atmósfera.

La retención de partículas sólidas se realiza mediante filtros, que pueden estar constituidos de una gran variedad de materiales (fibra de vidrio, trapo, acero...), adoptando formas muy diferentes. La elección del tipo de filtro dependerá de la eficiencia de retención de las partículas que se requiera y de las condiciones de operación. Los filtros de mayor poder de retención de partículas son los filtros HEPA ("High Efficiency Particulate Air"). Las moléculas de H₂ se fijan mediante recombinación con oxígeno O₂ de forma controlada en los llamados recombinadores. Se obtienen así vapor y agua tritiada que se tratarían como efluentes gaseosos y líquidos, respectivamente. La retención de materiales volátiles y el decaimiento de parte de los gases nobles se lleva a cabo mediante material adsorbente como los lechos de carbón activo. Para ello pueden utilizarse tanques o filtros de carbón activo.

Los tanques permiten proporcionar un periodo de decaimiento adicional. Estos tanques se encuentran presurizados por lo que, dependiendo del volumen, se suelen utilizar varios de ellos en batería para aumentar el tiempo de almacenamiento. Los métodos y equipos más usuales combinan filtros convencionales, HEPA y de carbón activo, recombinadores y tanques de almacenamiento a presión. Por ejemplo, un esquema típico es colocar un prefiltro convencional, un recombinador, un secador de humedad y, corriente abajo, filtros de partículas HEPA antes y después de los filtros de carbón activo.

Los filtros deben vigilarse periódicamente para hacer un seguimiento de su colmatación pues, una vez colmatados, dejan de ser eficaces para la retención y hay que proceder a

su retirada. La mayoría de estos filtros son no regenerables, por lo que se recogen y se tratan como residuos sólidos húmedos. La corriente gaseosa saliente del sistema de tratamiento es descargada a la atmósfera siempre que su actividad esté por debajo de los límites establecidos por la autoridad reguladora, el Consejo de Seguridad Nuclear. La actividad de la corriente descargada se vigila en continuo.

3.2.2. Efluentes líquidos

El sistema de tratamiento de residuos líquidos ha de disponer en primer lugar de tanques de recolección y almacenamiento. Estos tanques han de tener la capacidad suficiente para albergar los residuos que se generen durante la operación normal, el mantenimiento y en condiciones accidentales. Además, han de estar dotados de las conducciones y conexiones necesarias, con baja tasa de fugas, sistemas de colección y detección de fugas, control de niveles, así como estructuras de soporte, contención y blindaje necesarios. El tratamiento posterior a aplicar dependerá de factores como la presencia de partículas sólidas, el pH y la composición química, el tipo de radionucleidos y el nivel de actividad, y la posibilidad de reciclado. Los métodos más frecuentes de tratamiento de los desechos radiactivos líquidos combinan las siguientes técnicas:

a) Filtración: Está especialmente indicada para aguas con moderado o alto contenido de materia sólida en suspensión. Se utiliza para retener y eliminar esta materia, como un primer paso antes de que el líquido pase a desmineralizadores y evaporadores, o para el tratamiento de líquidos de muy baja actividad antes de su descarga al medio ambiente.

b) Desmineralización por intercambio iónico: El fundamento del intercambio iónico es la interacción de los iones disueltos en el agua con el material utilizado como intercambiador. Los materiales más usados son los basados en resinas sintéticas de polímeros orgánicos de alta masa molecular, las cuales pueden ser catiónicas (se intercambian iones positivos, metales) o aniónicas (iones negativos).

c) Evaporación: La corriente líquida se calienta y evapora. El vapor producido se lleva a un sistema de condensado, extrayendo así el líquido ya purificado. El vapor no condensado pasa al sistema de tratamiento de residuos gaseosos, mientras que el concentrado que queda en el tanque de evaporación se extrae de él y se trata como residuo sólido. Este método permite concentrar soluciones contaminadas con un alto contenido en sales (sólidos disueltos) y bajo contenido en partículas sólidas (insolubles).

d) Tratamiento químico: Se usa para la separación selectiva de determinados elementos, principalmente Co y Cd. Según la naturaleza de la disolución, puede utilizarse la coagulación o la precipitación selectiva, mediante la adición de sustancias químicas que favorezcan estos procesos.

e) Otros métodos, cada vez menos utilizados, son la ósmosis inversa (para aguas con elevado contenido en sólidos disueltos y moderado contenido en sólidos en suspensión), la absorción, la incineración y la decantación.

3.3. Límites de emisión de efluentes

La vigilancia y control de las dosis recibidas por la población como consecuencia de las emisiones de efluentes al medio ambiente se realiza controlando la emisión de la actividad y midiendo la actividad presente en el medioambiente en las vías por las que puede producirse la exposición del público, estimando, a partir de estas medidas, las dosis a la población. La exposición de la población a las radiaciones ionizantes está limitada por el Reglamento sobre protección de la salud contra los riesgos derivados de la exposición a las radiaciones ionizantes.

Se establecen tres tipos de límites: límites básicos (recogidos en la reglamentación), límites derivados de los primeros y restricciones de dosis, cuyo origen es la consideración del principio de optimización.

En relación a los límites básicos, el límite para la dosis efectiva se establece en 1 mSv por año oficial. Los límites básicos no pueden ser medidos o estimados directamente, por lo que se recurre a los límites secundarios, que se expresan en términos de límites de incorporación anual, límites de concentración derivada en aire, etc.

En relación a las restricciones de dosis, en España, el CSN tiene establecido un valor de restricción operacional de dosis de 0,1 mSv de dosis efectiva anual para las centrales nucleares. A efectos de control de los sistemas de tratamiento y dado el distinto comportamiento de los efluentes líquidos y gaseosos en el medioambiente, este valor se distribuye de una forma no equitativa entre ambos, con un reparto que suele ser del 20% para los efluentes líquidos y 80% para los gaseosos.

Estos serán los valores que determinarán las Condiciones Límites de Operación (CLO) de los sistemas de tratamiento de desechos radiactivos. Estas condiciones se incluyen dentro de las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento de la planta.

3.4. Programa de control y vigilancia de efluentes radiactivos

3.4.1. Programa de control y vigilancia de efluentes gaseosos

La vigilancia de los efluentes gaseosos tiene como objeto determinar y registrar en cada una de las principales vías de emisión la actividad total que se libera, la tasa de actividad vertida, el caudal de vertido, la concentración de actividad y la composición isotópica de los efluentes descargados al medio ambiente.

Por las características de la dispersión atmosférica de los gases será también necesario medir y registrar los parámetros que permitan caracterizar las condiciones de dicha dispersión, para poder analizar la evolución de la emisión y determinar así el impacto radiológico del vertido en el medio ambiente. Los principales radionucleidos controlados van a ser aquellos que resulten representativos de las emisiones al medio y del impacto ocasionado y se agrupan en: gases nobles, halógenos, partículas (incluidas partículas alfa y Sr-89 y Sr-90), tritio y C-14.

a) Gases nobles

Si su emisión se produce en continuo se deberá ejercer una vigilancia permanente de las emisiones gaseosas que contengan o puedan contener gases nobles, determinándose el caudal de emisión y la concentración de actividad instantánea global. Además, se ha de tomar una muestra del efluente gaseoso para identificar y cuantificar los radionucleidos emitidos con una periodicidad mínima semanal, y siempre que se produzca una variación de potencia que dé lugar a un cambio en la actividad global emitida. De esta forma se determina la actividad total vertida y la composición isotópica de la descarga. Si la emisión se produce por tandas, debe realizarse un análisis de una muestra representativa de cada tanda antes de su descarga. En esta muestra se han de identificar y cuantificar los principales radionucleidos emitidos.

b) Halógenos

Los principales radioisótopos a controlar son los radioyodos, especialmente los isótopos impares I-131, I-132 I-133 y I-135. Para su determinación se deberá recoger una muestra representativa del efluente en los principales caminos de descarga, mediante un muestreador, realizando su análisis con periodicidad.

c) Partículas

Se trata de estimar la actividad de los principales emisores gamma, así como de las emisiones alfa y beta. Se ha de analizar una muestra, que ha de ser recogida mediante

un filtro de partículas situado en el camino de descarga, para medir el contenido de radionucleidos cuyo período de semidesintegración sea superior a 8 días. La periodicidad en el cambio de estos filtros ha de ser semanal. En cuanto a la periodicidad de los análisis ésta debe ser como mínimo semanal para los principales emisores gamma como el Ba-140/La-140. La emisión alfa global se determinará una vez al mes analizando una muestra compuesta de todos los filtros recogidos en ese mes. Por último, cada trimestre deberá analizarse una muestra compuesta de filtros para los emisores beta Sr-89 y Sr-90.

d) Tritio y C-14

Se realiza el muestreo y análisis de H-3 y C-14, tanto de sus especies inorgánicas como orgánicas.

3.4.2. Programa de control y vigilancia de efluentes líquidos

Se debe determinar y registrar la composición isotópica y la actividad de los radionucleidos contenidos en el efluente. También debe registrarse el volumen de agua utilizada para diluir el efluente de forma que con todo ello pueda determinarse la concentración de actividad resultante en el punto de descarga.

- Si la emisión se produce por tandas, para cada una de ellas se han de analizar los principales emisores gamma. La periodicidad mínima ha de ser mensual para la medida del contenido en tritio, gases nobles disueltos y actividad alfa global y, al menos, trimestral para la medida del contenido en Sr-89 y Sr-90.
- Si la emisión es continua, además de una vigilancia continua, debe recogerse, como en el caso de las emisiones por tandas, una muestra representativa y analizarse al menos semanalmente para identificar y cuantificar los principales emisores gamma.

4. EFLUENTES RADIATIVOS EN INSTALACIONES RADIATIVAS DEL CICLO DEL COMBUSTIBLE

Se conoce como « ciclo de combustible nuclear » al conjunto de operaciones necesarias para la fabricación del combustible destinado a las centrales nucleares, así como al tratamiento del combustible gastado producido por la operación de las mismas.

En España se ha optado por el ciclo abierto, en el cual el combustible irradiado no se reelabora, y es considerado en su totalidad como residuo radiactivo. A continuación, se describen los sistemas de vigilancia y tratamiento de las instalaciones del ciclo del combustible en España, como son el centro de almacenamiento de El Cabril, las instalaciones mineras de extracción de uranio y plantas de concentrados de uranio, y la fábrica de elementos combustibles de Juzbado (Salamanca).

4.1. Instalación de almacenamiento de residuos de muy baja (RBBA), baja y media actividad (RBMA). Centro de almacenamiento de El Cabril.

En un centro de almacenamiento como El Cabril se pueden producir líquidos y gases radiactivos en las instalaciones de acondicionamiento de residuos (compactación, adición de mortero de solidificación para la preparación de los bultos a almacenar), en los laboratorios de verificación de la calidad de los residuos y en los edificios en los que se produce la recepción y descontaminación de los bultos con residuos.

Asimismo, la red de pluviales de la instalación, la red de control de infiltraciones (RCI) de las plataformas norte y sur en las que se localizan las celdas de almacenamiento de los residuos de baja y media actividad y la red de recogida de lixiviados (RRL) de la plataforma este en la que están las celdas de almacenamiento de los residuos de muy baja actividad también puede ser origen de líquidos potencialmente radiactivos.

4.1.1. Limitación, vigilancia y control.

El documento oficial de explotación en el que, entre otros aspectos, se recogen las condiciones generales de funcionamiento de la instalación, los valores límite de las variables que afectan a la protección radiológica y las condiciones de funcionamiento y requisitos de vigilancia a las que están sometidos los equipos y componentes relacionados con la limitación, vigilancia y control de los efluentes radiactivos, es el documento de las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento (ETF).

Este documento se requiere en el Reglamento de Instalaciones Nucleares y Radiactivas (Real Decreto 1836/1999, modificado por el Real Decreto 35/2008) como la documentación a presentar por los titulares para solicitar la autorización de explotación de las instalaciones.

En el caso de El Cabril en las ETF de la instalación se establece que las descargas gaseosas se limitarán de forma que la dosis efectiva comprometida al individuo más

expuesto fuera del área restringida y por todas las vías de exposición sea inferior a 1E-2 mSv/a durante doce meses consecutivos.

La autorización de El Cabril requiere, además, el vertido nulo de efluentes líquidos radiactivos, por lo que en las ETF se contempla que cualquier vertido al exterior deberá cumplir con los requisitos para el agua potable establecidos en la normativa.

4.1.1.1. Sistemas de tratamiento, vigilancia y control de los gases.

En los conductos de extracción y de ventilación de los distintos recintos y edificios se instalan cadenas de filtrado para retener las partículas en suspensión que pueda llevar la corriente gaseosa. En algunos casos se instala doble filtración constituida por filtros de alta eficacia (HEPA) y prefiltros, cuyo objetivo es retener las partículas de mayor tamaño e impedir así la colmatación de los filtros HEPA. Los filtros están formados por mallas de fibras (de celulosa, fibras sintéticas y/o fibras de vidrio) con una gran capacidad para atrapar micropartículas.

La eficacia de retención de los filtros se controla periódicamente mediante pruebas e «in situ» con manómetros de medida de presión diferencial. También se emplean filtros de mangas, dispositivo para la separación de partículas sólidas en suspensión de una corriente gaseosa.

En las chimeneas y salidas de los conductos de ventilación al exterior se instalan muestreadores de efluentes gaseosos constituidos por filtros de papel que, con la periodicidad establecida en las ETF, son analizados en el laboratorio para cuantificar la actividad vertida debida a partículas alfa, beta y emisores gamma. También se efectúan muestreos de tritio y carbono-14.

4.1.1.2. Sistemas de tratamiento, vigilancia y control de los líquidos.

El tratamiento radiológico que se realiza a los líquidos generados en este tipo de instalaciones, específicamente los líquidos recogidos en la red de control de infiltraciones de las celdas de los residuos de baja y media actividad (RBMA) y la red de pluviales de la zona de edificios, consiste fundamentalmente en el almacenamiento en estructuras (balsas) capaces de retener un volumen significativo de agua de los líquidos sobrantes. En estas balsas se recoge también agua de lluvia, por lo que se produce la dilución suficiente para cumplir los criterios radiológicos antes del vertido. El sistema de efluentes

radiactivos sirve para recoger y trasvasar, para su tratamiento, los efluentes líquidos potencialmente radiactivos producidos en la instalación.

En lo que respecta a las celdas de almacenamiento de muy baja actividad (RBBA), el agua recogida en la red de recogida de lixiviados de las mismas es cuantificada y analizada, almacenada en los tanques finales de la red o, en su mayor parte, gestionada en el interior de la instalación entre otras cosas para la fabricación del mortero de inmovilización de los residuos que van a ser acondicionados.

Para la vigilancia y control de los líquidos generados se emplean diversos sistemas y dispositivos, tales como:

- Colectores, sumideros, potes y tanques.
- Detectores de nivel en tanques y sumideros que impiden reboses accidentales.
- Válvulas de aislamiento para impedir vertidos incontrolados.

4.2. Instalaciones mineras de extracción de uranio y plantas de concentrados de uranio. Instalación minera de Saelices El Chico y planta Quercus de obtención de uranio.

Hasta el año 2000 estuvo en explotación en España el emplazamiento minero de Saelices El Chico en Salamanca y la Planta Quercus de obtención de concentrados de uranio, situada en el mismo emplazamiento. ENUSA, como titular de esta instalación, solicitó el cese de las actividades productivas a finales del año 2002, encontrándose actualmente en fase de cese definitivo de explotación a la espera de la Autorización de Desmantelamiento de la planta.

Desde la parada definitiva de las actividades de producción de concentrado de uranio, la emisión de partículas radiactivas gaseosas al exterior desde las secciones de clarificación, extracción, precipitación, secado y envasado cesó, por lo que la limitación, vigilancia y control de efluentes gaseosos desde dichas fuentes de emisión dejó de ser de aplicación. Por consiguiente, desde dicha parada definitiva de las actividades de producción, las únicas secciones en funcionamiento de la planta Quercus son las secciones de acondicionamiento de efluentes líquidos (sección de tratamiento de aguas del dique y sección de tratamiento de aguas de corta) y, ocasionalmente, la sección de neutralización.

4.2.1. Limitación, vigilancia y control.

Las especificaciones que se relacionan con la vigilancia y control de los efluentes están recogidas en las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento (ETF) de la instalación. Así, se incluyen:

- Criterios radiológicos relacionados con la vigilancia y control de efluentes radiactivos líquidos, como la limitación de la actividad total de Ra-226 vertida al río Águeda, la limitación al incremento de la concentración de actividad de Ra-226 en el río y la limitación de dosis efectiva y la dosis órgano al individuo más expuesto, fuera de la zona bajo control del explotador, por todos los caminos de exposición, que se fija en 300 μSv /doce meses consecutivos y 1.000 μSv /doce meses consecutivos, respectivamente.
- El tipo y frecuencia de muestreo requerido para cumplir con los límites anteriores.
- Se requiere la operabilidad de los muestreadores y caudalímetros.
- Se requiere la operabilidad del sistema de control de fugas y reboses de las balsas.

4.2.2. Sistemas de tratamiento, vigilancia y control de los líquidos generados.

Durante la fase de producción de la Planta Quercus todos los efluentes líquidos generados (pulpas de lavado contracorriente, refinados de extracción, aguas ácidas excedentes, etc.) se trataban en la sección de neutralización con lechada de cal antes de su envío al dique de estériles. En el dique, los sólidos se decantaban, sobrenadando las aguas claras junto con el agua de lluvia recogida en la cuenca del mismo. Estas aguas, junto con los líquidos estériles procedentes de la etapa de cambio de ion de la sección de Tratamiento de Aguas de Corta (TAC), se enviaban a la etapa de acondicionamiento de efluentes de esta sección, para conseguir la calidad química y radiológica requerida por los organismos competentes para su vertido al río Águeda.

En el año 2000 se puso en funcionamiento una sección para el acondicionamiento de las aguas sobrenadantes del dique de estériles, denominada sección de Tratamiento de Aguas del Dique (TAD), que permitiese reducir la concentración de amonio presente en los efluentes de proceso de la planta Quercus hasta valores inferiores al límite fijado para este parámetro. Actualmente, tanto en la sección de tratamiento de aguas del dique como en la de aguas de corta se lleva a cabo la neutralización para ajustar el pH y eliminar elementos pesados y la adición de cloruro bórico para favorecer la co-precipitación del radio disuelto, para, a continuación, pasar a una etapa de separación sólido-líquido en dos fases: la primera en un espesador y la segunda en un filtro prensa para conseguir que los lodos procedentes del espesador contengan la mínima cantidad de agua, mejorando así el rendimiento del proceso.

El filtro prensa es un separador de líquidos y sólidos a través de filtración por presión, que se utiliza en este tipo de instalaciones. Consiste en una serie de bastidores de acero que sostienen una tela o malla. Los filtros prensa son un método simple y confiable para lograr una alta compactación. Los sólidos se bombean entre cada par de bastidores y una vez llenos, mediante un tornillo se van oprimiendo unos contra otros expulsando el agua a través de la tela. Los filtros prensa pueden comprimir y deshidratar sólidos hasta obtener del 25% al 60% por peso de los lodos compactados.

Los lodos procedentes del filtro prensa, en forma de tortas de yesos, se depositan en el dique de estériles o en la era de lixiviación estática, hasta su disposición final. Las aguas claras procedentes de las secciones de acondicionamiento de efluentes son enviadas, previo ajuste del pH, al sistema de regulación de vertido. Este sistema está constituido por unas balsas de control, en las que se verifica la calidad química de los efluentes que contienen antes de su vertido controlado al río Águeda directamente o bien a través de la Balsa de Regulación de Vertido.

Con objeto de asegurar el cumplimiento de los límites radiológicos establecidos en las Condiciones Límite de Funcionamiento, previamente a la realización del vertido de los efluentes al río Águeda se efectúa, mediante cálculo con criterios conservadores, la estimación del caudal que se puede verter cada día, en función de la concentración de actividad de radio total estimada en los efluentes (fijada como una concentración envolvente de los valores habituales obtenidos) y del caudal estimado del río Águeda.

En la estructura de descarga se dispone de un equipo de toma de muestras asociado a un temporizador de forma que activa la recogida de muestra cada cierto tiempo.

4.2.3. Sistemas de tratamiento, vigilancia y control de los gases generados.

Debido al cese de la actividad productiva, en la actualidad no hay emisión de efluentes gaseosos desde fuentes de emisión localizadas en las secciones de clarificación, extracción, precipitación, secado y envasado.

No obstante, en esta fase se puede producir emisión de partículas radiactivas y radón desde las denominadas fuentes extensas (era de lixiviación y playas del dique de estériles). El impacto debido a la emisión de partículas y al radón desde dichas fuentes se cuantifica en los informes anuales que elabora la instalación.

4.3. Fábrica de elementos combustibles (Juzbado-Salamanca).

Esta fábrica se dedica a la fabricación de elementos combustibles de óxido de uranio con un enriquecimiento a peso no superior al 5% en U-235, para reactores de centrales nucleares de agua ligera a presión (PWR) y en ebullición (BWR).

Los procesos de fabricación de combustible a partir del polvo de óxido de uranio consisten básicamente en operaciones de prensado, sinterizado, carga de barras y montaje de los elementos combustibles. Por consiguiente, el manejo del polvo de óxido de uranio constituye la principal fuente de contaminación en los efluentes radiactivos líquidos y gaseosos de esta instalación.

En el caso de los líquidos, los desechos con mayor actividad son los procedentes de la limpieza de suelos contaminados, así como de la limpieza y descontaminación de equipos. Existen otros líquidos con menor actividad que tienen su origen en las duchas y lavabos de las zonas radiológicas, en la lavandería y en el laboratorio.

En el caso de los efluentes gaseosos, la contaminación está asociada a la presencia de polvo de óxido de uranio en suspensión en el ambiente en aquellas zonas de la instalación en las que se manipula material nuclear no encapsulado.

4.3.1. Limitación, vigilancia y control.

Como en los casos anteriores, el documento oficial de explotación en el que, entre otros aspectos, se recogen las condiciones generales de funcionamiento de la instalación, los valores límites de las variables que afectan a la protección radiológica y las condiciones de funcionamiento y requisitos de vigilancia a las que están sometidos los equipos y componentes relacionados con la limitación, vigilancia y control de los efluentes radiactivos, es el documento de las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento de la instalación.

Se establecen unos límites instantáneos de concentración de actividad alfa total por encima del fondo natural para los efluentes líquidos y unos límites semanales para los efluentes gaseosos, que se derivan de una dosis efectiva menor o igual que 5 mSv/a y de una dosis a piel menor o igual que 50 mSv/a para el individuo adulto.

Adicionalmente, la restricción operacional de dosis para los efluentes líquidos y gaseosos se fija en 0,1 mSv en 12 meses consecutivos para la dosis efectiva y 5 mSv en 12 meses consecutivos para la dosis equivalente a la piel.

4.3.2. Sistema de tratamiento, vigilancia y control de efluentes radiactivos gaseosos.

El tratamiento consiste en la filtración de la descarga de la ventilación de la fábrica a fin de retener las partículas de óxido de uranio en suspensión, mediante prefiltros y filtros HEPA de alta eficiencia.

Adicionalmente, las operaciones que requieran la manipulación de polvo de óxido de uranio se realizarán en el interior de cabinas o cajas de guantes, cuya extracción está provista de una etapa adicional de filtros HEPA.

El control de los efluentes radiactivos gaseosos se realiza mediante la toma de muestras representativas. Para ello, los conductos de descarga de las zonas en las que se maneja material nuclear no encapsulado disponen de sondas de muestreo isocinético que aspiran en continuo aire del conducto con una velocidad igual a la de la corriente de aire en el punto de muestreo. El aire aspirado se hace circular a través de un filtro de muestreo que está siendo vigilado en continuo por un monitor que mide la actividad alfa total debida al uranio que queda retenido en el mismo. Estos monitores están provistos de señales de alarma acústicas y visuales que se activan en caso de superación de los niveles de contaminación ambiental establecidos. Por otra parte, los filtros se retiran periódicamente y se analizan en el laboratorio para cuantificar la actividad alfa total vertida.

4.3.3. Sistema de tratamiento, vigilancia y control de efluentes radiactivos líquidos.

Como en las restantes instalaciones, la Fábrica de Juzbado dispone de depósitos para la recogida y almacenamiento de los desechos radiactivos líquidos que se generen durante la operación de la planta. En estos efluentes la actividad está asociada a la presencia de óxido de uranio en suspensión, lo que condiciona los métodos de tratamiento a emplear: centrifugación y filtración.

Las aguas procedentes de la limpieza de suelos y equipos se tratan en una centrifugadora que está optimizada para que su rotor gire a velocidades muy elevadas (ultracentrifugadora). La instalación dispone, además, de un filtro prensa que se utilizaría en caso de que la centrifugadora no estuviera operable. Las aguas así tratadas, junto con los desechos líquidos de menor actividad, son sometidas a otros procesos de filtración para reducir la actividad tanto como sea posible.

El vertido al medioambiente de los líquidos tratados se realiza a través de una estructura de descarga, que en Juzbado se denomina arqueta de mezcla, en donde, si es necesario para su dilución, se mezclan con aguas no contaminadas. El control de los efluentes radiactivos líquidos se realiza mediante la toma de muestras representativas que, posteriormente, se analizan en el laboratorio para cuantificar la actividad alfa total debida al uranio y otros parámetros radiológicos y no radiológicos. Para asegurar la representatividad de la muestra, los líquidos contenidos en la estructura de descarga se someten a un proceso de homogeneización previa.

Las condiciones de vertido (caudal de descarga) se establecen a partir del análisis de la muestra. En esta instalación se dispone, además, de una balsa, denominada laguna de regulación, que permite regular los vertidos al medioambiente en caso de estiaje.

5. EFLUENTES RADIATIVOS GENERADOS EN INSTALACIONES RADIATIVAS

Existen numerosas aplicaciones de las radiaciones ionizantes en campos tan diversos como la industria, medicina, agricultura, investigación, etc... por lo que dichas instalaciones radiactivas y, por consiguiente, los residuos que generan, son muy variables y heterogéneos, aunque, por lo general, son de baja y media actividad. Los efluentes generados dependerán de las actividades que se llevan a cabo en dichas instalaciones, en las que, además, se dispone de sistemas de tratamiento y acondicionamiento de dichos efluentes.

5.1. Sistemas de tratamiento de efluentes en instalaciones radiactivas.

Los ejemplos más relevantes de instalaciones radiactivas generadoras de efluentes radiactivos son las instalaciones radiactivas médicas y los ciclotrones. A continuación, se describen las principales características de su tratamiento.

- Instalaciones radiactivas médicas.

En estas instalaciones se utilizan elementos radiactivos no encapsulados, normalmente en estado líquido, con diferentes finalidades, tales como el diagnóstico mediante trazadores (por ejemplo, Tc-99) o el tratamiento de enfermedades (como el uso de I-131 para el tiroides).

En estas actividades se generan residuos radiactivos sólidos (guantes de goma, jeringuillas, etc.) y líquidos, siendo destacables los líquidos de centelleo.

Dado que los radionucleidos empleados en los hospitales son de vida corta o muy corta, la mayoría de los residuos generados pueden ser evacuados al medio ambiente tras un periodo de almacenamiento en la propia instalación, y únicamente una pequeña proporción serán retirados y gestionados como residuos radiactivos. Por lo tanto, los únicos tratamientos que se realizan en estas instalaciones son la segregación, identificación, almacenamiento y posterior vertido.

Dentro de las prácticas médicas que involucran el uso de radioisótopos, la terapia metabólica de tiroides con I-131 genera efluentes radiactivos constituidos fundamentalmente por las excretas de los pacientes sometidos a este tipo de tratamientos. Para controlar estos vertidos de efluentes a la red pública de alcantarillado y evitar que se viertan a la misma cantidades o concentraciones de actividad superiores a las permitidas por la reglamentación, los hospitales con servicios de medicina nuclear en los que se realizan este tipo de terapias metabólicas, deben disponer de un sistema de recogida de las excretas de los pacientes sometidos a tratamiento.

La recogida de las excretas (tanto orina como heces) puede realizarse mediante un sistema automático, que incluye desde los inodoros de las habitaciones hasta los depósitos de retención, pasando por una red de tuberías propias del sistema. En el caso de que el hospital no disponga de este sistema automático de recogida de excretas, éstas se deben recoger de forma manual. El objetivo fundamental de estos sistemas es la retención de las excretas para que tenga lugar su decaimiento radiactivo, de manera que cuando se liberen a la red pública de alcantarillado los efluentes tengan actividades y concentraciones de actividad inferiores a los límites establecidos. Es importante remarcar que la limitación en el vertido de efluentes se refiere tanto a las actividades como a las concentraciones de actividad, no limitándose el volumen de efluentes a liberar.

- **Ciclotrones.**

Los ciclotrones son aceleradores de partículas de tipo circular que se usan para la producción de radiósotopos mediante el bombardeo de núcleos con partículas aceleradas. Generan principalmente efluentes gaseosos.

En medicina nuclear, uno de los isótopos más usados es el F-18, en forma de fluordesoxiglucosa (FDG), empleado en la tomografía por emisión de positrones (PET). En su obtención se generan residuos que contienen N-13, ya sea en forma líquida o gaseosa. La vida media de este isótopo es de 9,97 minutos, por lo que tras un breve tiempo de decaimiento, será inofensivo desde el punto de vista de la protección radiológica. Así pues, las instalaciones generadoras de radionucleidos mediante

ciclotrones, deben disponer de medios adecuados para asegurar que la descarga de los efluentes que en ellas se generan sean inferiores, tanto en términos de actividad como en términos de concentración de actividad, a los límites establecidos.

Dado que este tipo de instalaciones son diversas, dependiendo del residuo generado y de la actividad y concentración de actividad del mismo, existen diversas opciones:

- Descarga directa de los efluentes generados en el proceso, monitorizando la salida de los mismos.
- Retención de los efluentes generados en el proceso para su decaimiento radiactivo y posterior evacuación a la atmósfera, respetando los límites de actividad y concentración de actividad establecidos.
- Retención de los efluentes generados en el proceso para su gestión por otras vías. La forma más común de retención de los gases es la condensación de los mismos, para posteriormente ser introducidos en recipientes de presión.

5.2 Limitación, vigilancia y control.

En la legislación, los límites de dosis establecidos en relación a las instalaciones radiactivas se traducen en los siguientes criterios específicos:

- Como criterio de dosis para establecer los límites de vertido se adopta un valor de 0,1 mSv/año.

La utilización de una fracción del límite de dosis al público para determinar los límites de vertido es una práctica habitual que obedece a la necesidad de considerar la posible exposición a otras fuentes de radiación y a la aplicación del principio de optimización.

Se considera adecuado fijar un valor equivalente al establecido para las instalaciones del ciclo del combustible, a fin de proporcionar el mismo nivel de protección al público potencialmente expuesto a las descargas de todas las instalaciones. Este valor se aplica exclusivamente a la exposición debida a los efluentes líquidos, ya que, en las instalaciones consideradas, los efluentes gaseosos, caso de existir, no son significativos.

- En la formulación de los límites se utilizarán magnitudes derivadas.

Como se ha indicado, el establecimiento de límites secundarios derivados de los límites básicos de dosis es una práctica habitual ya que, al ser de inmediata aplicación,

simplifican el proceso de vigilancia y control de los vertidos. Sin embargo, la aplicación del sistema empleado en las centrales nucleares a las instalaciones radiactivas no parece adecuada, ya que requeriría una infraestructura para el cálculo y una sistemática de control de los vertidos poco acorde con las características de las instalaciones radiactivas.

Se considera, por tanto, más adecuado establecer límites derivados, teniendo en cuenta todos los escenarios que darían lugar a la exposición de la población a los vertidos.

- Los límites incluirán valores máximos de actividad anual y de concentración de actividad.

Como límites anuales de actividad se fijarán valores derivados del criterio de dosis seleccionado (0,1 mSv/año). Los límites de concentración se establecen para facilitar la vigilancia y control de los efluentes, y en su determinación pueden aplicarse diferentes criterios, siempre que se garantice el cumplimiento del límite anual de actividad.

Ambos límites son complementarios: el límite de actividad supone una restricción al límite de concentración, ya que de otro modo podría descargarse una actividad ilimitada, en función de los volúmenes vertidos, con la única condición de que se respetase el límite de concentración. Por otra parte, el límite de concentración previene descargas puntuales muy elevadas, que supusieran el vertido de toda la actividad anual autorizada.

En la Instrucción IS-28, del CSN, sobre las especificaciones técnicas de funcionamiento que deben cumplir las instalaciones radiactivas de segunda y tercera categoría, se establecen los siguientes requisitos, respecto a las descargas controladas de efluentes radiactivos líquidos al sistema de alcantarillado público:

- El material liberado estará en forma soluble en agua, o se tratará de material biológico fácilmente dispersable.
- La concentración de actividad en el punto final de vertido a la red general de alcantarillado no superará, en cada descarga, los niveles de concentración obtenidos al dividir los límites de incorporación por ingestión para el grupo de edad «mayor que 17 años», entre la tasa de ingestión anual de agua para el individuo adulto (600 L).
- Si se descarga más de un radionucleido, la suma de las fracciones obtenidas al dividir el valor de concentración de cada radionucleido por el correspondiente nivel de concentración no superará la unidad.

- La actividad total de material radiactivo vertido al alcantarillado público en un año no superará 10 GBq de tritio, 1 GBq de carbono-14, y la suma de las actividades de los restantes radionucleidos será inferior a 1 GBq.

6. PAPEL DEL CSN EN LA VIGILANCIA Y CONTROL DE LOS EFLUENTES GENERADOS EN LAS INSTALACIONES NUCLEARES Y RADIATIVAS

Respecto a la vigilancia y control del cumplimiento de los límites establecidos generados en las instalaciones radiactivas en la Ley 33/2007, de reforma de la Ley 15/1980, de creación del Consejo de Seguridad Nuclear, atribuye estas funciones al CSN:

- Controlar las medidas de protección radiológica de los trabajadores profesionalmente expuestos, del público y del medio ambiente.
- Vigilar y controlar las dosis de radiación recibidas por el personal de operación y las descargas de materiales radiactivos al exterior de las instalaciones nucleares y radiactivas y su incidencia, particular o acumulativa, en las zonas de influencia de estas instalaciones.
- Evaluar el impacto radiológico ambiental de las instalaciones nucleares y radiactivas y de las actividades que impliquen el uso de radiaciones ionizantes, de acuerdo con lo establecido en la legislación aplicable.
- Controlar y vigilar la calidad radiológica del medio ambiente de todo el territorio nacional, en cumplimiento de las obligaciones internacionales del Estado español en la materia, y sin perjuicio de la competencia que las distintas administraciones públicas tengan atribuidas.
- De igual modo, colaborar con las autoridades competentes en materia de vigilancia radiológica ambiental fuera de las zonas de influencia de las instalaciones nucleares o radiactivas.

Por otra parte, el CSN tiene atribuidas las funciones de inspección y control de las instalaciones nucleares y radiactivas, al objeto de asegurar el cumplimiento de todas las normas y condicionados establecidos, con el fin de que el funcionamiento de las instalaciones no suponga riesgos indebidos ni para las personas ni para el medio ambiente.

Además, el Reglamento de Instalaciones Nucleares y Radiactivas obliga a los titulares de las instalaciones a disponer de un Diario de operación, en el que se debe reflejar de manera concreta toda la información relativa a la operación de la instalación, cuyo resumen debe ser enviado al CSN anualmente. Dentro de la información relativa a la operación de la instalación se incluyen las adquisiciones de material radiactivo, en el

caso de las instalaciones radiactivas no generadoras, la cantidad de material radiactivo generado, en el caso de las instalaciones generadoras de radionucleidos, y los residuos generados, así como su gestión, en cualquier caso. Mediante el análisis de esta información, así como mediante la realización de inspecciones periódicas a las instalaciones radiactivas, el CSN realiza la vigilancia y el control de la cantidad de efluentes radiactivos generados y evacuados a la atmósfera o a la red pública de alcantarillado.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Ley 33/2007, de 7 de noviembre, de reforma de la Ley 15/1980, de 22 de abril, de creación del Consejo de Seguridad Nuclear.
- Real Decreto 1029/2022, de 20 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento sobre protección de la salud contra los riesgos derivados de la exposición a las radiaciones ionizantes.
- Real Decreto 35/2008, de 18 de enero, por el que se modifica el Reglamento de Instalaciones Nucleares y Radiactivas, aprobado por Real Decreto 1836/1999, de 3 de diciembre.
- Guía de Seguridad 1.4 (rev. 1). Control y vigilancia radiológica de efluentes radiactivos líquidos y gaseosos emitidos por centrales nucleares. Consejo de Seguridad Nuclear.
- Instrucción IS-28, del Consejo de Seguridad Nuclear, sobre las especificaciones técnicas de funcionamiento que deben cumplir las instalaciones radiactivas de segunda y tercera categoría.