INF

INFCIRC/254/Rev.2/Part 1*
Octubre de 1995

Distr. GENERAL

ESPAÑOL
Original: FRANCES e INGLES

Organismo Internacional de Energía Atómica

CIRCULAR INFORMATIVA

COMUNICACIONES RECIBIDAS DE DIVERSOS ESTADOS MIEMBROS RELATIVAS A LAS DIRECTRICES PARA LA EXPORTACION DE MATERIALES, EQUIPO Y TECNOLOGIA NUCLEARES

Transferencias nucleares

1. El Director General ha recibido notas verbales de fecha 30 de junio de 1995 de los Representantes Permanentes ante el Organismo de Alemania, Argentina, Australia, Austria, Bélgica, Bulgaria, Canadá, Dinamarca, España, Estados Unidos de América, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Irlanda, Italia, Japón, Luxemburgo, Noruega, Nueva Zelandia, Países Bajos, Polonia, Portugal, Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte, República Checa, República Eslovaca, Rumania, Sudáfrica, Suecia y Suiza relativas a la exportación de materiales, equipo y tecnología nucleares.

2. El objetivo de estas notas verbales es facilitar más información sobre las Directrices de estos Gobiernos para las transferencias nucleares.

3. Atendiendo a los deseos expresados al final de cada nota verbal, se adjunta al presente documento el texto de las notas verbales. También se reproduce íntegramente en el Anexo el escrito adjunto a cada nota verbal.

---

* En el documento INFCIRC/254/Rev.1/Part 2 figuran Directrices para las transferencias de equipos y materiales de doble uso del ámbito nuclear y tecnología relacionada.

95-4500

- En el Anexo B de las Directrices se introducen modificaciones en el párrafo 2.2 de la Sección 2.

Se adjunta al presente documento el texto íntegro de las Directrices para las transferencias nucleares revisadas.

El Gobierno de [Estado Miembro] ha decidido actuar de conformidad con las Directrices para las transferencias nucleares revisadas.

Al adoptar esta decisión, el Gobierno de [Estado Miembro] es plenamente consciente de la necesidad de favorecer el desarrollo económico evitando contribuir en la forma que fuera a los peligros de proliferación de las armas nucleares u otros dispositivos nucleares explosivos, así como de la necesidad de excluir del campo de la competencia comercial las garantías de no proliferación.

[El Gobierno (Estado Miembro), en lo que respecta al comercio dentro de la Unión Europea, aplicará esta decisión teniendo en cuenta sus compromisos como Estado Miembro de la Unión.][1/]

El Gobierno de [Estado Miembro] agradecerá al Director General que se sirva señalar la presente nota a la atención de los Estados Miembros del OIEA.

La Misión Permanente de [Estado Miembro] aprovecha esta oportunidad para reiterar al Director General del Organismo Internacional de Energía Atómica la seguridad de su alta consideración.

1/ Este párrafo se incluye solo en las notas verbales remitidas por los miembros de la Unión Europea.

APENDICE

DIRECTRICES PARA LAS TRANSFERENCIAS NUCLEARES

1. A continuación se exponen los principios fundamentales relativos a salvaguardias y controles de exportación que deberán aplicarse a las transferencias nucleares con fines pacíficos a cualquier Estado no poseedor de armas nucleares y, en el caso de los controles sobre las retransferencias, a las transferencias a cualquier Estado. A este respecto, los suministradores han establecido una "lista inicial" de exportaciones.

Prohibición de explosivos nucleares

2. Los suministradores autorizarán la transferencia de los artículos o tecnología relacionada indicados en la "lista inicial" únicamente cuando reciban garantías formales de los gobiernos receptores que excluyan explícitamente las aplicaciones cuyo resultado sea un dispositivo nuclear explosivo.

Protección física

3. a) Todas las instalaciones y materiales nucleares indicados en la "lista inicial" que se ha redactado de mutuo acuerdo deberán someterse a medidas eficaces de protección física para impedir su empleo y manipulación no autorizados. Los suministradores han fijado de mutuo acuerdo, y teniendo en cuenta las recomendaciones internacionales, los grados de protección física que han de observarse según la clase de materiales, equipo e instalaciones de que se trate.

b) La responsabilidad de la aplicación de las medidas de protección física en el país receptor recae en el Gobierno de dicho país. Sin embargo, a fin de dar cumplimiento a lo acordado entre los suministradores, los grados de protección física en que deberán basarse estas medidas serán objeto de un acuerdo entre suministrador y receptor.

c) Se adoptarán disposiciones especiales en cada caso para definir claramente las responsabilidades en relación con el transporte de los artículos indicados en la "lista inicial".

Salvaguardias

4. a) Los suministradores transferirán los artículos o tecnología relacionada indicados en la lista inicial a un Estado no poseedor de armas nucleares solamente cuando el Estado receptor haya puesto en vigor un acuerdo con el OIEA que estipule la aplicación de salvaguardias a todos los materiales básicos y materiales fisionables especiales en sus actividades actuales y futuras con fines pacíficos.

b) Las transferencias objeto del apartado a) del presente párrafo a un Estado no poseedor de armas nucleares sin dicho acuerdo de salvaguardias se autorizarán solamente en casos excepcionales cuando se consideren esenciales para el funcionamiento seguro de instalaciones existentes y cuando se apliquen salvaguardias a dichas instalaciones. Los suministradores informarán y, si procede, consultarán en caso de que tengan el propósito de autorizar o de negar dichas transferencias.

c) La política a que se hace referencia en los apartados a) y b) del presente párrafo no es de aplicación a acuerdos o contratos concertados hasta el 3 de abril de 1992, inclusive. En el caso de países que se han adherido o se adherirán al INFCIRC/254/Rev.1/Part 1 con posterioridad al 3 de abril de 1992, la política solo se aplica a los acuerdos concertados después de su fecha de adhesión.

d) En el caso de acuerdos a los que no es de aplicación la política a que se hace referencia en el apartado a) del presente párrafo (véanse los apartados b) y c) del presente párrafo), los suministradores transferirán artículos o tecnología relacionada indicados en la lista inicial solamente cuando estén sometidos a las salvaguardias del OIEA con disposiciones de duración y cobertura de conformidad con el documento GOV/1621 del OIEA. No obstante, los suministradores se comprometen a esforzarse para que se aplique lo antes posible la política a que se hace referencia en el apartado a) de este párrafo en el marco de dichos acuerdos.

e) Los suministradores se reservan el derecho de aplicar condiciones adicionales de suministro como cuestión de política nacional.

5. Los suministradores reexaminarán conjuntamente sus requisitos comunes de salvaguardias, cuando proceda.

Salvaguardias que se aplicarán automáticamente como consecuencia de la transferencia de cierta tecnología

6. a) Los requisitos de los párrafos 2, 3 y 4 de este Apéndice se aplicarán también a las instalaciones de reelaboración, enriquecimiento o producción de agua pesada, que hagan uso de la tecnología transferida directamente por el suministrador o derivada de instalaciones transferidas o de los principales componentes críticos de las mismas.

b) La transferencia de dichas instalaciones o de los principales componentes críticos de las mismas, o de tecnología relacionada, exigirá el compromiso de que: 1) las salvaguardias del OIEA se apliquen a toda instalación del mismo tipo (o sea cuando el diseño, construcción o funcionamiento se basen en procesos físicos o químicos idénticos o similares, según se definen en la

"lista inicial") construida en el país receptor durante un período acordado, y 2) exista en todo momento un acuerdo de salvaguardias en vigor que permita que el OIEA aplique sus salvaguardias con respecto a las instalaciones señaladas por el receptor, o por el suministrador previa consulta con el receptor, que utilicen tecnología transferida.

Controles especiales sobre exportaciones de carácter delicado

7. Los suministradores darán prueba de moderación en la transferencia de instalaciones y tecnología de carácter delicado, así como de materiales utilizables para la fabricación de armas. Cuando hayan de transferirse instalaciones, equipo o tecnología para el enriquecimiento o la reelaboración, los suministradores invitarán a los receptores a aceptar, como alternativa a las plantas nacionales, la participación del suministrador y/u otra participación multinacional apropiada en las instalaciones resultantes. Los suministradores fomentarán también actividades internacionales (incluidas las del OIEA) relativas a los centros regionales multinacionales del ciclo del combustible.

Controles especiales sobre las exportaciones de tecnología, equipo e instalaciones de enriquecimiento

8. Para la transferencia de una instalación de enriquecimiento, o de la tecnología relativa a la misma, el país receptor deberá aceptar que ni la instalación transferida, ni cualquier otra instalación basada en la misma tecnología, puedan diseñarse ni explotarse con miras a la producción de uranio con un enriquecimiento superior al 20% sin consentimiento del país suministrador, consentimiento que deberá comunicarse al OIEA.

Controles sobre materiales suministrados, o producidos a partir de materiales suministrados, que sean utilizables para la fabricación de armas

9. Los suministradores reconocen que, para promover el logro de los objetivos de estas directrices y para brindar mayores oportunidades de reducir los riesgos de proliferación, es importante incluir en los acuerdos sobre el suministro de materiales nucleares o de instalaciones que puedan producir materiales utilizables para la fabricación de armas, disposiciones que exijan el acuerdo mutuo entre el suministrador y el receptor sobre los arreglos necesarios para la reelaboración, almacenamiento, modificación, empleo, transferencia o retransferencia de todo material utilizable para la fabricación de armas objeto de los mismos. Los suministradores se esforzarán por incluir dichas disposiciones cuando proceda y siempre que su aplicación sea factible.

Controles sobre las retransferencias

10. a) Los suministradores transferirán los artículos o tecnología relacionada indicados en la lista inicial, inclusive la tecnología definida en la párrafo 6, únicamente con la garantía del receptor de que en caso de:

1) retransferencia de dichos artículos o tecnología relacionada,

o

2) transferencia de artículos de la lista inicial obtenidos en instalaciones inicialmente transferidas por el suministrador o con ayuda de equipo o tecnología inicialmente transferida por el suministrador;

el receptor de la retransferencia o transferencia haya facilitado las mismas garantías que las exigidas por el suministrador para la transferencia inicial.

b) Además, será necesario el consentimiento del suministrador para: 1) toda retransferencia de artículos o tecnología relacionada de la lista inicial y toda transferencia mencionada en el apartado a) 2) del párrafo 10, desde cualquier Estado que no exija salvaguardias totales, conforme al apartado a) del párrafo 4 de estas Directrices, como condición de suministro; 2) toda retransferencia de las instalaciones, componentes críticos principales, o la tecnología descrita en el párrafo 6; 3) toda transferencia de instalaciones o componentes críticos principales obtenidos a partir de dichos artículos; 4) toda retransferencia de agua pesada o materiales utilizables para la fabricación de armas.

c) Para obtener el derecho de consentimiento definido en el apartado b) del presente párrafo se requerirán garantías de Gobierno a Gobierno referentes a todas las transferencia iniciales pertinentes.

Principio de la no proliferación

11. No obstante otras disposiciones de estas Directrices, los suministradores solo autorizarán la transferencia de artículos o tecnología relacionada de la lista inicial si están convencidos de que esas transferencias no contribuirán a la proliferación de las armas nucleares o de otros dispositivos nucleares explosivos.

ACTIVIDADES AUXILIARES

Seguridad física

12. Los suministradores fomentarán la cooperación internacional para el intercambio de información sobre seguridad física, protección de materiales nucleares en tránsito y recuperación de materiales y equipo nucleares robados.

Apoyo a la aplicación efectiva de las salvaguardias del OIEA

13. Los suministradores deberán poner especial empeño en apoyar la aplicación efectiva de las salvaguardias del OIEA. Los suministradores deberán apoyar igualmente la labor del Organismo para ayudar a los Estados Miembros a perfeccionar sus sistemas nacionales de contabilidad y control de materiales nucleares y a acrecentar la eficacia técnica de las salvaguardias.

Análogamente deberán hacer todo lo posible para apoyar la labor que realiza el OIEA para adaptar mejor aún las salvaguardias a los progresos técnicos y al rápido crecimiento del número de las instalaciones nucleares, así como para apoyar las iniciativas necesarias conducentes a perfeccionar la eficacia de las salvaguardias del OIEA.

Características delicadas del diseño de instalaciones

14. Los suministradores deberán estimular a los diseñadores y fabricantes de equipo de carácter delicado para que lo construyan de manera conveniente para facilitar la aplicación de salvaguardias.

Consultas

15. a) Los suministradores se mantendrán en contacto y se consultarán por conducto ordinario sobre los asuntos relacionados con la aplicación de estas Directrices.

b) Los suministradores consultarán a otros gobiernos interesados, en la forma en que cada uno considere apropiada, sobre casos concretos de carácter delicado a fin de velar por que ninguna transferencia favorezca los riesgos de conflicto o inestabilidad.

c) En caso de que uno o más suministradores opinen que se han vulnerado los acuerdos suministrador-receptor derivados de estas Directrices, especialmente en caso de explosión de un dispositivo nuclear o de que se haya producido el cese ilegal o la infracción de las salvaguardias del OIEA por parte de un receptor, los suministradores se consultarán inmediatamente por conducto diplomático a fin de determinar y evaluar la realidad y alcance de la infracción denunciada.

En espera del rápido resultado de dichas consultas, los suministradores no actuarán de modo que puedan perjudicar cualquier medida que pueda adoptarse por parte de otros suministradores con respecto a los contactos en curso con el receptor en cuestión.

De conformidad con los resultados de dichas consultas, los suministradores, teniendo en cuenta el artículo XII del Estatuto del OIEA, deberán convenir la respuesta apropiada y las posibles medidas a adoptar, entre las que pudiera incluirse la suspensión de las transferencias nucleares al receptor en cuestión.

16. Al considerar las transferencias, cada uno de los suministradores se mostrará prudente y tendrá en cuenta todas las circunstancias que concurran en cada caso, inclusive cualquier riesgo de que las transferencias de tecnología, o las retransferencias subsiguientes, puedan dar por resultado que haya materiales nucleares no salvaguardados.

17. Se requiere la aprobación unánime de cualquier modificación de estas Directrices, inclusive cualquier modificación que pudiera ser resultado de la reconsideración mencionada en el párrafo 5.

ANEXO A

LISTA INICIAL CITADA EN LAS DIRECTRICES

NOTA GENERAL

El objeto de estos controles no deberá quedar si efecto por la transferencia de piezas. Cada Gobierno tomará todas las medidas que estén en su mano para alcanzar este objetivo, y continuará buscando una definición práctica del término piezas, que puedan utilizar todos los proveedores.

CONTROLES DE TECNOLOGIA

La transferencia de "tecnología" directamente asociada a cualquier artículo de la lista se someterá al mismo grado de escrutinio y control que el propio artículo, en la medida en que lo permita la legislación nacional.

Los controles de transferencia de "tecnología" no se aplicarán a la información "de dominio público" o a la "investigación científica básica".

DEFINICIONES

"Tecnología" - Se entenderá por "tecnología", la información específica requerida para el "desarrollo", la "producción" o la "utilización" de cualquiera de los artículos que figuran en la lista, información que adoptará la forma de "datos técnicos" o "asistencia técnica".

"Investigación científica básica" - Trabajos experimentales o teóricos emprendidos principalmente para adquirir nuevos conocimientos acerca de los principios fundamentales de fenómenos o de hechos observables, que no están orientados esencialmente hacia un fin u objetivo práctico específico.

Por "desarrollo" se entenderán todas las fases previas a la "producción", tales como:

- El proyecto
- La investigación para el proyecto
- Los análisis del proyecto
- Conceptos básicos del proyecto
- El montaje y ensayo de prototipos
- Los esquemas de producción piloto
- Los datos del proyecto
- El proceso de convertir los datos del proyecto en un producto.
- La configuración del proyecto
- La integración del proyecto
- Planos y esquemas (en general)

"De dominio público" - por tecnología de "dominio público", tal como se emplea en el presente texto, se entenderá la "tecnología" que se ha puesto a

disposición sin restricciones respecto a su ulterior difusión (las restricciones dimanantes de la propiedad intelectual o industrial no excluyen a la tecnología de dominio público).

Por "producción" se entenderán todas las fases de producción, tales como:

- La construcción
- La ingeniería de producción
- La fabricación
- La integración
- El ensamblado (montaje)
- La inspección
- Los ensayos
- La garantía de calidad

La "asistencia técnica" - la "asistencia técnica" podrá asumir las formas de: instrucción, adiestramiento especializado, formación, conocimientos prácticos, servicios consultivos.

Nota: la "asistencia técnica" podrá entrañar la transferencia de "datos técnicos".

"Datos técnicos" - los "datos técnicos" podrán asumir la forma de copias heliográficas, planos, diagramas, modelos, fórmulas, diseño y especificaciones de ingeniería, manuales e instrucciones escritas o registradas en otros medios o ingenios tales como discos, cintas, memorias "ROM".

"Utilización" - por "utilización" se entenderá la operación, la instalación (incluida la instalación in situ), el mantenimiento (verificación), la reparación, la revisión general y la reconstrucción.

PARTE A

Materiales y equipo

1. Materiales básicos y materiales fisionables especiales

Según se define en el artículo XX del Estatuto del Organismo Internacional de Energía Atómica:

1.1. "Materiales básicos"

Se entiende por "materiales básicos" el uranio constituido por la mezcla de isótopos que contiene en su estado natural; el uranio en que la proporción de isótopo 235 es inferior a la normal; el torio; cualquiera de los elementos citados en forma de metal, aleación, compuesto químico o concentrado; cualquier otro material que contenga uno o más de los elementos citados en la concentración que la Junta de Gobernadores determine en su oportunidad; y los demás materiales que la Junta de Gobernadores determine en su oportunidad.

1.2. "Materiales fisionables especiales"

i) Se entiende por "materiales fisionables especiales" el plutonio 239; el uranio 233; el uranio enriquecido en los isótopos 235 o 233; cualquier material que contenga uno o varios de los elementos citados; y los demás materiales fisionables que la Junta de Gobernadores determine en su oportunidad; no obstante, la expresión "materiales fisionables especiales" no comprende los materiales básicos.

ii) Se entiende por "uranio enriquecido en los isótopos 235 o 233" el uranio que contiene los isótopos 235 o 233, o ambos, en tal cantidad que la relación entre la suma de las cantidades de estos isótopos y la de isótopo 238 sea mayor que la relación entre la cantidad de isótopo 235 y la de isótopo 238 en el uranio natural.

Ahora bien, para los fines de las presentes Directrices, los artículos especificados en el siguiente apartado a) y las exportaciones de materiales básicos o materiales fisionables especiales efectuadas dentro de un mismo período de 12 meses a un mismo país destinatario en cantidades inferiores a los límites especificados en el siguiente apartado b) no deberán incluirse:

a) Plutonio con una concentración isotópica de plutonio 238 superior al 80%;

Materiales fisionables especiales que se utilicen en cantidades del orden del gramo o menores como componentes sensibles en instrumentos; y

Materiales básicos que el Gobierno compruebe a su satisfacción que van a utilizarse únicamente en actividades no nucleares, tales como la producción de aleaciones o de materiales cerámicos.

b)	Materiales fisionables especiales	50 gramos efectivos;
	Uranio natural	500 kilogramos;
	Uranio empobrecido	1 000 kilogramos;
	Torio	1 000 kilogramos.

2. Materiales y equipo no nucleares

La designación de las partidas de equipo y materiales no nucleares aprobada por el Gobierno es la que figura a continuación (considerándose como insignificantes, para todos los fines prácticos, las cantidades inferiores a los valores indicados en el Anexo B):

2.1. Reactores y equipo para los mismos (véase la Sección 1 del Anexo B);

2.2. Materiales no nucleares para reactores (véase la Sección 2 del Anexo B);

2.3. Plantas para la reelaboración de elementos combustibles irradiados, y equipo especialmente concebido o preparado para dicha operación (véase la Sección 3 del Anexo B);

2.4. Plantas para la fabricación de elementos combustibles (véase la Sección 4 del Anexo B);

2.5. Plantas para la separación de isótopos del uranio y equipo, distinto de los instrumentos de análisis, especialmente concebido o preparado para ello (véase la Sección 5 del Anexo B);

2.6. Plantas para la producción de agua pesada, deuterio y compuestos de deuterio y equipo especialmente concebido o preparado para ello (véase la Sección 6 del Anexo B).

2.7. Plantas para la conversión de uranio y equipo especialmente concebido y preparado para ello (véase la Sección 7 del Anexo B).

PARTE B

Criterios comunes para las transferencias de tecnología a que se refiere el párrafo 6 de las directrices

1. Se entiende por "componentes críticos principales":

   a) en el caso de una planta de separación de isótopos del tipo de centrifugación gaseosa: los conjuntos de la centrifugadora de gas, resistentes a la corrosión del UF_6;

   b) en el caso de una planta de separación de isótopos del tipo de difusión gaseosa: la barrera de difusión;

   c) en el caso de una planta de separación de isótopos del tipo de separación por inyectores de chorros: las unidades de inyección de chorros;

   d) en el caso de una planta de separación de isótopos de tipo vorticial: las unidades vorticiales.

2. Con respecto a las instalaciones a que se refiere el párrafo 6 de las directrices, cuyos componentes críticos principales no se describen en el anterior párrafo 2, si una nación suministradora debe transferir dentro del total una fracción significativa de los artículos que sean esenciales al funcionamiento de dicha instalación, junto con los conocimientos técnicos para la construcción y operación de dicha instalación, dicha transferencia debe considerarse como transferencia de "instalaciones o componentes críticos principales de las mismas".

3. A los efectos de la aplicación del párrafo 6 de las Directrices, las siguientes instalaciones se considerarán como "del mismo tipo (es decir, si su diseño, construcción o funcionamiento se basan en procesos físicos o químicos idénticos o similares)":

Cuando la tecnología transferida permite la construcción en el Estado receptor de una instalación del tipo siguiente, o de componentes críticos principales de la misma:	Las instalaciones siguientes se se considerarán instalaciones del mismo tipo:
a) una planta de separación de isótopos del tipo de difusión gaseosa	cualquier otra planta de separación de isótopos que utilice la difusión gaseosa.
b) una planta de separación de isótopos del tipo de centrifugación gaseosa	cualquier otra planta de separación de isótopos que utilice el proceso de centrifugación gaseosa.

c)	una planta de separación de isótopos del tipo de inyección de chorros	cualquier otra planta de separación de isótopos que utilice el proceso de inyección de chorros.
d)	una planta de separación de isótopos del tipo vorticial	cualquier otra planta de separación de isótopos que utilice el proceso vorticial.
e)	una planta de reelaboración de combustible que utilice el proceso de extracción de solventes	cualquier otra planta de reelaboración de combustible que utilice el proceso de extracción de solventes.
f)	una planta de agua pesada que utilice el proceso de intercambio	cualquier otra planta de agua pesada que utilice el proceso de intercambio.
g)	una planta de agua pesada que utilice el proceso electrolítico	cualquier otra planta de agua pesada que utilice el proceso electrolítico.
h)	una planta de agua pesada que utilice el proceso de destilación de hidrógeno ...	cualquier otra planta de agua pesada que utilice el proceso de ladestilación de hidrógeno.

Nota: En el caso de las instalaciones de reelaboración, enriquecimiento, y de agua pesada, cuyo diseño, construcción o funcionamiento se basen en procesos físicos o químicos distintos de los indicados anteriormente, se aplicará un método similar para definir las instalaciones "del mismo tipo", pudiendo surgir la necesidad de definir componentes críticos principales de dichas instalaciones.

4. La referencia en el apartado b) del párrafo 6 de las Directrices a "cualesquiera instalaciones del mismo tipo construidas durante un período aprobado en el país receptor" se entiende que es de aplicación a aquellas instalaciones (o componentes críticos principales de las mismas), cuya primera operación comienza dentro de un período de 20 años por lo menos a partir de la fecha de la primera operación de: 1) una instalación que ha sido transferida o que contiene componentes críticos principales, o de 2) una instalación del mismo tipo construida después de la transferencia de tecnología. Se entiende que durante dicho período existirá la presunción concluyente de que toda instalación del mismo tipo ha utilizado tecnología transferida. El período convenido no está calculado para limitar la duración de las salvaguardias impuestas o la duración del derecho a considerar las instalaciones como instalaciones en construcción o en operación a base de tecnología transferida o mediante la utilización de tecnología transferida de conformidad con el párrafo 6 b) 2) de las Directrices.

ANEXO B

ACLARACIONES DE DIVERSOS CONCEPTOS QUE FIGURAN EN LA LISTA INICIAL

(Conforme a las denominaciones que figuran en la sección 2 de la Parte A del Anexo A)

1. Reactores y equipo para los mismos

1.1. Reactores nucleares completos

Reactores nucleares capaces de funcionar de manera que se pueda mantener y controlar una reacción de fisión en cadena autosostenida, excluidos los reactores de energía nula, quedando definidos estos últimos como aquellos reactores con un índice teórico máximo de producción de plutonio no superior a 100 gramos al año.

NOTA EXPLICATIVA

Un "reactor nuclear" comprende fundamentalmente todos los dispositivos que se encuentran en el interior de la vasija del reactor o que están conectados directamente con ella, el equipo que regula el nivel de potencia en el núcleo, y los componentes que normalmente contienen el refrigerante primario del núcleo del reactor o que están directamente en contacto con dicho refrigerante o lo regulan.

No se pretende excluir a los reactores que podrían razonablemente ser susceptibles de modificación para producir cantidades considerablemente superiores a 100 gramos de plutonio al año. Los reactores diseñados para funcionar en régimen continuo a niveles considerables de potencia no se considerarán como "reactores de energía nula" cualquiera que sea su capacidad de producción de plutonio.

EXPORTACIONES

La exportación del conjunto completo de partidas principales de equipo comprendidas dentro de este concepto tendrá lugar únicamente de conformidad con los procedimientos expuestos en las Directrices. Las partidas individuales de equipo comprendidas dentro de este concepto funcionalmente definido que habrán de exportarse únicamente de conformidad con los procedimientos expuestos en las Directrices se enumeran en los párrafos 1.2 a 1.7. El Gobierno se reserva el derecho de aplicar los procedimientos expuestos en las Directrices a otros elementos de equipo comprendidos dentro de este concepto funcionalmente definido.

1.2. Vasijas de presión de reactores

Vasijas metálicas, bien como unidades completas o bien en forma de piezas importantes fabricadas en taller para las mismas, que estén especialmente concebidas o preparadas para contener el núcleo de un reactor nuclear conforme se le define en el anterior párrafo 1.1 y sean capaces de resistir la presión de trabajo del refrigerante primario.

NOTA EXPLICATIVA

Una placa que recubre la parte superior de una vasija de presión de un reactor queda comprendida en el concepto indicado en el párrafo 1.2 como pieza importante fabricada en taller para una vasija de presión.

Los dispositivos interiores del reactor (por ejemplo: columnas y placas de apoyo del núcleo y otros dispositivos interiores de la vasija, tubos-guía para las barras de control, blindajes térmicos, placas deflectoras, placas para el reticulado del núcleo, placas difusoras, etc.) los suministra normalmente el propio proveedor del reactor. En algunos casos, determinados componentes auxiliares internos quedan incluidos en la fabricación de la vasija de presión. Estos componentes son de importancia suficientemente crítica para la seguridad y la fiabilidad del funcionamiento del reactor (y, por lo tanto, para la garantía y responsabilidad del proveedor de éste) de manera que su suministro al margen del contrato básico para la entrega del reactor propiamente dicho no constituiría una práctica usual. Por lo tanto, aunque el suministro por separado de estos componentes únicos especialmente concebidos y preparados, de importancia crítica, de gran tamaño y elevado costo no habría necesariamente de considerarse como una operación fuera del ámbito de la prevista respecto de este concepto, tal modalidad de suministro se considera improbable.

1.3. Máquinas para la carga y descarga del combustible en los reactores

Equipo de manipulación especialmente concebido o preparado para insertar o extraer el combustible en un reactor nuclear conforme se le define en el anterior párrafo 1.1, con el que sea posible cargar el combustible con el reactor en funcionamiento o que incluya características de disposición o alineación técnicamente complejas que permitan realizar operaciones complicadas de carga de combustible con el reactor parado tales como aquéllas en las que normalmente no es posible la visión directa del combustible o el acceso a éste.

1.4. Barras de control para reactores

Barras especialmente concebidas o preparadas para el control de la velocidad de reacción en un reactor nuclear conforme se le define en el anterior párrafo 1.1.

NOTA EXPLICATIVA

Esta partida de equipo comprende, además de aquella parte de la barra de control consistente en el material absorbedor de neutrones, las estructuras de apoyo o suspensión de la misma si se las suministra por separado.

1.5. Tubos de presión para reactores

Tubos especialmente concebidos o preparados para contener los elementos combustibles y el refrigerante primario en un reactor nuclear conforme se le define en el anterior párrafo 1.1, a una presión de trabajo superior a (5,1 MPa) (740 psi).

1.6. Tubos de circonio

Circonio metálico y aleaciones de circonio en forma de tubos o conjuntos de tubos, y en cantidades que excedan de 500 kg en cualquier período de 12 meses, especialmente concebidos o preparados para su utilización en un reactor nuclear conforme se le define en el anterior párrafo 1.1, y en los que la razón hafnio/circonio sea inferior a 1 : 500 partes en peso.

1.7. Bombas del refrigerante primario

Bombas especialmente concebidas o preparadas para hacer circular metal líquido como refrigerante primario de reactores nucleares conforme se les define en el anterior párrafo 1.1.

NOTA EXPLICATIVA

Las bombas especialmente diseñadas o preparadas pueden comprender sistemas complejos de estanqueidad sencilla o múltiple para impedir las fugas del refrigerante primario, bombas de rotor blindado y bombas con sistemas de masa inercial. Esta definición abarca las bombas conformes a la norma NC-1 o normas equivalentes.

2. Materiales no nucleares para reactores

2.1. Deuterio y agua pesada

Deuterio, agua pesada (óxido de deuterio) y cualquier otro compuesto de deuterio en el que la razón deuterio/átomos de hidrógeno exceda de 1 : 5 000, para su utilización en un reactor nuclear conforme se le define en el anterior párrafo 1.1, en cantidades que excedan de 200 kg de átomos de deuterio, para un mismo país destinatario dentro de un mismo período de 12 meses.

2.2. Grafito de pureza nuclear

Grafito con un nivel de pureza superior a 5 partes por millón de boro equivalente y con una densidad superior a 1,50 g/cm^3, para su utilización en un reactor nuclear conforme se le define en el anterior párrafo 1.1, en cantidades que excedan de 3.10^4 kg (30 toneladas métricas) para un mismo país destinatario dentro de un mismo período de 12 meses.

NOTA

Al efecto de controlar las exportaciones, el Gobierno determinará si las exportaciones de grafito que cumpla las especificaciones anteriores son o no para su utilización en un reactor nuclear.

3. Plantas para la reelaboración de elementos combustibles irradiados, y equipo especialmente concebido o preparado para dicha operación

NOTA INTRODUCTORIA

En la reelaboración del combustible nuclear irradiado, el plutonio y el uranio se separan de los productos de fisión intensamente radiactivos y de otros elementos transuránicos. Esta separación puede lograrse mediante diferentes procesos técnicos. Sin embargo, al cabo de cierto número de años el proceso Purex se ha acreditado y extendido más que los demás. Entraña este proceso la disolución del combustible nuclear irradiado en ácido nítrico, seguida de la separación del uranio, el plutonio y los productos de la fisión mediante la extracción con disolventes empleando una mezcla de fosfato de tributilo en un diluyente orgánico.

Las instalaciones Purex tienen funciones de proceso similares entre sí, incluyendo las siguientes: troceado de los elementos combustibles irradiados, lixiviación del combustible, extracción con disolventes y almacenamiento de licores de proceso. Puede haber asimismo equipo para otras operaciones, tales como la desnitrificación térmica del nitrato de uranio, la conversión del nitrato de plutonio en óxido o metal, y el tratamiento del licor de desecho de los productos de fisión para darle forma que se preste al almacenamiento o a la evacuación por largo plazo. No obstante, el tipo y la configuración específicos del equipo destinado a estas operaciones pueden diferir entre unas instalaciones Purex y otras, y ello por varias razones, incluidos el tipo y cantidad del combustible nuclear irradiado a reelaborar y el destino que se quiera dar a los materiales recuperados, además de las consideraciones de seguridad y de mantenimiento que hayan orientado el diseño de cada instalación.

Una "planta para la reelaboración de elementos combustibles irradiados" comprende el equipo y los componentes que normalmente están en contacto directo con las principales corrientes de tratamiento de

los materiales nucleares y productos de fisión y las controlan directamente.

Estos procesos, incluidos los sistemas completos para la conversión de plutonio y la producción de plutonio metal, pueden identificarse mediante las medidas tomadas para evitar la criticidad (p. ej. mediante la geometría), la exposición a las radiaciones (p. ej. mediante el blindaje) y los riesgos de toxicidad (p. ej. mediante la contención).

EXPORTACIONES

La exportación del conjunto completo de equipo y componentes principales comprendidos dentro de este concepto tendrá lugar únicamente de conformidad con los procedimientos expuestos en las Directrices.

El Gobierno se reserva el derecho de aplicar los procedimientos expuestos en las Directrices a otros artículos comprendidos dentro de este concepto funcionalmente definido, que se enumeran a continuación.

Las partidas de equipo que se consideran incluidas en la frase "y equipo especialmente concebido o preparado" para la reelaboración de elementos combustibles irradiados comprenden:

3.1. Troceadores de elementos combustibles irradiados

NOTA INTRODUCTORIA

Este equipo rompe la vaina del elemento combustible y expone así a la acción lixiviadora el material nuclear irradiado. Para esta operación suelen emplearse cizallas metálicas de diseño especial, aunque puede utilizarse equipo avanzado, como los láser, por ejemplo.

Equipo teleaccionado especialmente concebido o preparado para su utilización en una planta de reelaboración conforme se la describe anteriormente y destinado al troceo, corte o cizallamiento de conjuntos, haces o barras o varillas de combustible.

3.2. Recipientes de lixiviación

NOTA INTRODUCTORIA

Estos recipientes suelen recibir el combustible gastado troceado. En estos recipientes, a prueba de criticidad, el material nuclear irradiado se lixivia con ácido nítrico, y los fragmentos de vainas remanentes se eliminan del circuito del proceso.

Tanques a prueba del riesgo de criticidad (por ejemplo: tanques de pequeño diámetro, anulares o de placas) especialmente concebidos o preparados para su utilización en una planta de reelaboración conforme

se la describe anteriormente, destinados a la operación de disolución de combustible nuclear irradiado, capaces de resistir la presencia de un líquido a alta temperatura y muy corrosivo, y que pueden ser teleaccionados para su carga y mantenimiento.

3.3. Extractores mediante disolvente y equipo para la extracción con disolventes

NOTA INTRODUCTORIA

Estos extractores reciben la solución de combustible irradiado proveniente de los recipientes de lixiviación y también la solución orgánica que separa el uranio, el plutonio y los productos de fisión. El equipo para la extracción con disolventes suele diseñarse para cumplir parámetros de operación rigurosos, tales como prolongada vida útil sin necesidad de mantenimiento, o bien gran sustituibilidad, sencillez de funcionamiento y de regulación, y flexibilidad frente a las variaciones de las condiciones del proceso.

Son extractores por disolvente especialmente diseñados o preparados, como por ejemplo las columnas pulsantes o de relleno, mezcladores - sedimentadores, o contactadores centrífugos para el empleo en una planta de reelaboración de combustible irradiado. Los extractores por disolvente deben ser resistentes a los efectos corrosivos del ácido nítrico. Los extractores por disolvente suelen construirse con arreglo a normas sumamente estrictas (incluidas soldaduras especiales y técnicas especiales de inspección, control de calidad y garantía de calidad) con aceros inoxidables al carbono, titanio, circonio u otros materiales de alta calidad.

3.4. Recipientes de retención o almacenamiento químico

NOTA INTRODUCTORIA

De la etapa de extracción mediante disolvente se derivan tres circuitos principales de licor de proceso. Para el tratamiento ulterior de estos tres circuitos se emplean recipientes de retención o almacenamiento, de la manera siguiente:

a) La solución de nitrato de uranio puro se concentra por evaporación y se hace pasar a un proceso de desnitrificación en el que se convierte en óxido de uranio. Este óxido se reutiliza en el ciclo del combustible nuclear.

b) La solución de productos de fisión intensamente radiactivos suele concentrarse por evaporación y almacenarse como concentrado líquido. Este concentrado puede luego ser evaporado y convertido a una forma adecuada para el almacenamiento o la evacuación.

c) La solución de nitrato de plutonio puro se concentra y se almacena en espera de su transferencia a etapas ulteriores del proceso. En particular, los recipientes de retención o almacenamiento destinados a las soluciones de plutonio están diseñados para evitar problemas de criticidad resultantes de cambios en la concentración y en la forma de este circuito.

Recipientes de retención o de almacenamiento especialmente diseñados o preparados para su utilización en plantas de reelaboración de combustible irradiado. Los recipientes de retención o almacenamiento deben ser resistentes al efecto corrosivo del ácido nítrico. Suelen construirse con materiales tales como aceros inoxidables bajos en carbono, titanio, circonio, u otros materiales de alta calidad. Los recipientes de retención o almacenamiento pueden diseñarse para la manipulación y el mantenimiento por control remoto, y pueden tener las siguientes características para el control de la criticidad nuclear:

1) paredes o estructuras internas con un equivalente de boro de por lo menos el 2%, o bien

2) un diámetro máximo de 175 mm (7 pulgadas) en el caso de recipientes cilíndricos, o bien

3) un ancho máximo de 75 mm (3 pulgadas) en el caso de recipientes anulares o planos.

3.5. Sistema de conversión del nitrato de plutonio en óxido

NOTA INTRODUCTORIA

En la mayoría de las instalaciones de reelaboración, este proceso final entraña la conversión de la solución de nitrato de plutonio en dióxido de plutonio. Las operaciones principales de este proceso son las siguientes: ajuste, con posibilidad de almacenamiento, de la disolución de alimentación del proceso, precipitación y separación sólido/licor, calcinación, manipulación del producto, ventilación, gestión de desechos, y control del proceso.

Se trata de sistemas completos especialmente diseñados o preparados para la conversión de nitrato de plutonio en óxido de plutonio, especialmente adaptados para evitar los efectos de la criticidad y de las radiaciones, y para minimizar los riesgos de toxicidad.

3.6. Sistema de conversión de óxido de plutonio en metal

NOTA INTRODUCTORIA

Este proceso, que puede vincularse a una instalación de reelaboración, entraña la fluoración del dióxido de plutonio, que suele efectuarse con fluoruro de hidrógeno sumamente corrosivo, para obtener

fluoruro de plutonio, que luego se reduce empleando calcio metal de gran pureza a fin de obtener plutonio metálico y escoria de fluoruro de calcio. Las principales operaciones de este proceso son las siguientes: fluoración (p. ej. mediante equipo construido o revestido interiormente con un metal precioso), reducción con metales (p. ej. empleando crisoles de material cerámico), recuperación de escoria, manipulación del producto, ventilación, gestión de desechos, y control del proceso.

Son sistemas completos especialmente diseñados o preparados para la producción de plutonio metal, adaptados a los fines de evitar los efectos de la criticidad y de las radiaciones, y de minimizar los riesgos de toxicidad.

4. Plantas para la fabricación de elementos combustibles

Una "planta para la fabricación de elementos combustibles" comprende:

a) El equipo que normalmente está en contacto directo con la corriente de producción de materiales nucleares o que se emplea directamente para el tratamiento o control de dicha corriente, o bien,

b) El equipo empleado para encerrar el combustible nuclear dentro de su revestimiento.

EXPORTACIONES

La exportación del conjunto completo de partidas de equipo para las operaciones anteriormente indicadas tendrá lugar únicamente de conformidad con los procedimientos expuestos en las Directrices. El Gobierno también tendrá en cuenta la aplicación de los procedimientos expuestos en las Directrices a partidas individuales de equipo destinadas a cualquiera de las antedichas operaciones, así como a otras operaciones de fabricación de combustible tales como la verificación de la integridad del revestimiento o del dispositivo de cierre y las operaciones de acabado del combustible sellado.

5. Plantas para la separación de isótopos del uranio y equipo, distinto de los instrumentos de análisis, especialmente concebido o preparado para ello

Las partidas de equipo que se consideran incluidas en la frase "equipo, distinto de los instrumentos de análisis, especialmente concebido o preparado" para la separación de isótopos del uranio comprenden:

5.1. Centrifugadoras de gas y conjuntos y componentes especialmente diseñados o preparados para su uso en centrifugadoras de gas

NOTA INTRODUCTORIA

Una centrifugadora de gas consiste normalmente en un cilindro o cilindros de paredes delgadas, de un diámetro de 75 mm (3 pulgadas) a 400 mm (16 pulgadas), contenidos en un vacío y sometidos a un movimiento rotatorio que produce elevada velocidad periférica del orden de 300 m/s o más; el eje central del cilindro es vertical. A fin de conseguir una elevada velocidad de rotación, los materiales de construcción de los componentes rotatorios deben poseer una elevada razón resistencia/densidad, y el conjunto rotor, y por consiguiente sus componentes individuales deben construirse con tolerancias muy ajustadas con objeto de minimizar los desequilibrios. A diferencia de otras centrifugadoras, la de gas usada para el enriquecimiento del uranio se caracteriza por tener dentro de la cámara rotatoria una o varias pantallas rotatorias y en forma de disco y un sistema de tubo estacionario para alimentar y extraer el gas UF_6, consistente en tres canales separados por lo menos, dos de los cuales se hallan conectados a paletas que se extienden desde el eje del rotor hacia la periferia de la cámara del mismo. También contenidos en el medio vacío se encuentra un número de elementos importantes no rotatorios los que, aunque de diseño especial, no son difíciles de fabricar ni emplean materiales muy especiales. Sin embargo, una instalación de centrifugación necesita un gran número de dichos componentes, de modo que las cantidades de los mismos pueden constituir una importante indicación del uso a que se destinan.

5.1.1. Componentes rotatorios

a) Conjuntos rotores completos:

Cilindros de paredes delgadas, o un número de tales cilindros interconectados, construidos con uno de los materiales de elevada razón resistencia/densidad descritos en la NOTA EXPLICATIVA de esta Sección. Cuando se hallan interconectados, los cilindros están unidos por fuelles flexibles o anillos según se describe en la Sección 5.1.1 c) infra. El rotor está provisto de una o varias pantallas internas y tapas terminales según se describe en la Sección 5.1.1 d) y e), en su forma final. Sin embargo, el conjunto completo se puede también entregar solo parcialmente montado.

b) Tubos rotores:

Cilindros de paredes delgadas especialmente diseñados o preparados, con su espesor de 12 mm (0,5 pulgadas) o menos, un diámetro de 75 mm (3 pulgadas) a 400 mm (16 pulgadas), construidos con uno de los materiales de elevada razón resistencia/densidad descritos en la NOTA EXPLICATIVA de esta Sección.

c) Anillos o fuelles:

Componentes especialmente diseñados o preparados para reforzar localmente el tubo rotor o unir varios tubos rotores. Los fuelles son cilindros cortos de un espesor de pared de 3 mm (0,12 pulgadas) o menos, un diámetro de 75 mm (3 pulgadas) a 400 mm (16 pulgadas), de forma convolutiva, construidos con uno de los materiales de elevada razón resistencia/densidad descritos en la NOTA EXPLICATIVA de esta Sección.

d) Pantallas:

Componentes en forma de disco de 75 mm (3 pulgadas) a 400 mm (16 pulgadas) de diámetro especialmente diseñados o preparados para ser montados dentro del tubo rotor de la centrifugadora a fin de aislar la cámara de toma de la cámara principal de separación y, en algunos casos, de facilitar la circulación del gas de UF_6 dentro de la cámara principal de separación del tubo rotor; están construidos con uno de los materiales de elevada razón resistencia/densidad descritos en la NOTA EXPLICATIVA de esta Sección.

e) Tapas superiores/tapas inferiores:

Componentes en forma de disco de 75 mm (3 pulgadas) a 400 mm (16 pulgadas) de diámetro especialmente diseñados o preparados para ajustarse a los extremos del tubo rotor y contener así el UF_6 dentro de dicho tubo, y, en algunos casos, apoyar, retener o contener como una parte integrada un elemento de soporte superior (tapa superior) o sostener los elementos rotatorios del motor y del soporte inferior (tapa inferior); están construidos con uno de los materiales de elevada razón resistencia/densidad descritos en la NOTA EXPLICATIVA de esta Sección.

NOTA EXPLICATIVA

Los materiales usados para los componentes rotatorios de la centrifugadora son:

a) Acero martensítico capaz de una resistencia límite a la tracción de $2,05.10^9$ N/m^2 (300 000 psi) o más;

b) Aleaciones de aluminio capaces de una resistencia límite a la tracción de $0,46.10^9$ N/m^2 (67 000 psi) o más;

c) Materiales filamentosos apropiados para su uso en estructuras compuestas y que poseen un módulo específico de $12,3.10^6$ m o mayor, y una resistencia límite a la tracción de $0,3.10^6$ m o más ("Módulo específico" es el Módulo de Young en N/m^2 dividido por el peso específico en N/m^3; "Resistencia límite a la tracción

específica" es la resistencia límite a la tracción en N/m^2 dividida por el peso específico en N/m^3).

5.1.2. Componentes estáticos

a) Soportes magnéticos de suspensión:

Conjuntos de suspensión especialmente diseñados o preparados consistentes en un electroimán anular suspendido en un marco que contiene un medio amortiguador. El marco se construye con un material resistente al UF_6 (véase la NOTA EXPLICATIVA de la Sección 5.2). El imán se acopla con una pieza polo o con un segundo imán ajustado a la tapa superior descrita en la Sección 5.1.1 e). El imán puede tener forma anular con una relación menor o igual a 1,6 : 1 entre el diámetro exterior y el interior. El imán puede presentar una forma con una permeabilidad inicial de 0,15 H/m (120 000 en unidades CGS) o más, o una remanencia de 98,5% o más, o un producto de energía de más de 80 kJ/m^3 (10^7 gauss-oersteds). Además de las propiedades usuales de los materiales, es requisito esencial que la desviación de los ejes magnéticos respecto de los geométricos no exceda de muy pequeñas tolerancias (menos de 0,1 mm o 0,004 pulgadas) y que la homogeneidad del material del imán sea muy elevada.

b) Soportes amortiguadores:

Soportes especialmente diseñados o preparados que comprenden un conjunto pivote/copa montado en un amortiguador. El pivote es generalmente una barra de acero templado pulimentado en un extremo en forma de semiesfera y provista en el otro extremo de un medio de encaje en la tapa inferior descrita en la Sección 5.1.1 e). Este pivote también puede tener un soporte hidrodinámico. La copa es una pastilla configurada con una indentación semiesférica en una de sus superficies. Esos dos componentes se acomodan a menudo separadamente en el amortiguador.

c) Bombas moleculares:

Cilindros especialmente preparados o diseñados con surcos helicoidales maquinados o extruidos y paredes interiores maquinadas. Las dimensiones típicas son las siguientes: de 75 mm (3 pulgadas) a 400 mm (16 pulgadas) de diámetro interno; 10 mm (0,4 pulgadas) más de espesor de pared; razón longitud/diámetro 1 : 1. Los surcos tienen generalmente sección rectangular y 2 mm (0,08 pulgadas) o más de profundidad.

d) Estatores de motores:

Estatores de forma anular especialmente diseñados o preparados para motores multifásicos de alta velocidad de corriente alterna por histéresis (o reluctancia) para su funcionamiento sincrónico en un vacío en la gama de frecuencias de 600-2 000 Hz y un intervalo de potencia de 50-1 000 VA. Los estatores consisten en embobinados

multifásicos sobre un núcleo de hierro de baja pérdida compuesto de finas capas de un espesor típico de 2,0 mm (0,08 pulgadas) o menos.

e) Recipientes/cajas de centrifugadoras

Componentes especialmente diseñados o preparados para alojar un conjunto de tubos rotores de una centrifugadora de gas. La caja está formada por un cilindro rígido, siendo el espesor de la pared de hasta 30 mm (1,2 pulgadas), con los extremos maquinados con precisión para contener los soportes y con una o varias bridas para el montaje. Los extremos maquinados son paralelos entre sí y perpendiculares al eje longitudinal del cilindro con una desviación de 0,05 grados o menos. La caja puede ser también una estructura alveolar para contener varios tubos o rotores. Las cajas están construidas o revestidas con materiales resistentes a la corrosión por el UF_6.

f) Paletas:

Tubos especialmente diseñados o preparados de hasta 12 mm (0,5 pulgadas) de diámetro interno para la extracción del UF_6 gaseoso del tubo rotor por acción de un tubo de Pitot (es decir, su abertura desemboca en el flujo de gas periférico situado dentro del tubo rotor, se obtiene por ejemplo doblando el extremo de un tubo dispuesto radialmente) y capaz de conectarse al sistema central de extracción de gas. Los tubos están fabricados o protegidos con materiales resistentes a la corrosión por el UF_6.

5.2. Sistemas, equipo y componentes auxiliares especialmente diseñados o preparados para plantas de enriquecimiento por centrifugación gaseosa

NOTA INTRODUCTORIA

Los sistemas, equipo y componentes auxiliares para una planta de enriquecimiento por centrifugación gaseosa son los que se necesitan en una instalación para alimentar UF_6 a las centrifugadoras, conectar entre sí las centrifugadoras individuales para que formen cascadas (o etapas) que conduzcan a valores progresivamente elevados de enriquecimiento y para extraer el "producto" y las "colas" del UF_6 de las centrifugadoras; también se incluye en esta categoría el equipo necesario para propulsar las centrifugadoras y para el control de la maquinaria.

Normalmente, el UF_6 se evapora a partir de su fase sólida mediante la utilización de autoclaves y se distribuye en forma gaseosa a las centrifugadoras por medio de un sistema de tuberías provisto de cabezales y configurado en cascadas. El "producto" y las "colas" pasan también por un tal sistema a trampas frías (que funcionan a unos 203 K (-70°C)), donde se condensan antes de ser transferidas a recipientes apropiados para su transporte o almacenamiento. Como una planta de enriquecimiento consiste en muchos miles de centrifugadoras conectadas

en cascadas, hay también muchos kilómetros de tuberías con millares de soldaduras y una considerable repetición de configuraciones. El equipo, componentes y sistemas de tuberías deben construirse de modo que se obtenga un muy elevado grado de vacío y de limpieza de trabajo.

5.2.1. Sistemas de alimentación y de extracción del producto y de las colas

Sistemas especialmente diseñados o preparados para el proceso, en particular:

Autoclaves de alimentación (o estaciones) utilizadas para pasar el UF_6 a las cascadas de centrifugadoras a presiones de hasta 100 kPa (15 psi) y a una tasa de 1 kg/h o más;

Desublimadores (o trampas frías) utilizados para extraer el UF_6 de las cascadas a hasta 3 kPa (0,5 psi) de presión. Los desublimadores pueden enfriarse hasta 203 K (-70°C) y calentarse hasta 343 K (70°C);

Estaciones para el "producto" y las "colas", utilizadas para introducir el UF_6 en recipientes.

Estos componentes, equipo y tuberías están enteramente construidos o recubiertos de materiales resistentes al UF_6 (véase la NOTA EXPLICATIVA de esta Sección) y deben fabricarse de modo que se obtenga un muy elevado grado de vacío y de limpieza de trabajo.

5.2.2. Sistemas de tuberías con cabezales configurados en cascadas

Sistemas de tuberías y cabezales especialmente diseñados o preparados para dirigir el UF_6 en las centrifugadoras en cascada. Esta red de tuberías es normalmente del tipo de cabezal "triple" y cada centrifugadora se halla conectada a cada uno de los cabezales. Por lo tanto, su configuración se repite considerablemente. Está enteramente construida con materiales resistentes al UF_6 (véase la NOTA EXPLICATIVA de esta Sección) y debe fabricarse de modo que se obtenga un muy elevado grado de vacío y de limpieza de trabajo.

5.2.3. Espectrómetros de masa para UF_6/fuentes iónicas

Espectrómetros de masa magnéticos o cuadripolares especialmente diseñados o preparados, capaces de tomar "en línea" muestras de material de alimentación, del producto o de las colas, a partir de la corriente del gas UF_6, y que posean todas las características siguientes:

1. Resolución unitaria para masas superior a 320;

2. Fuentes iónicas construidas o recubiertas con cromoníquel, metal monel o galvanoniquelado;

3. Fuentes de ionización de bombardeo electrónico;

4. Se hallan provistos de un sistema colector apropiado para el análisis isotópico.

5.2.4. Cambiadores de frecuencia

Cambiadores de frecuencia (denominados también convertidores o invertidores) especialmente diseñados o preparados para alimentar los estatores de motores según se definen en la Sección 5.1.2 d); o partes componentes y subconjuntos de tales cambiadores de frecuencia que posean todas las características siguientes:

1. Una potencia multifásica de 600 a 2 000 Hz;

2. Elevada estabilidad (con control de frecuencia superior a 0,1%);

3. Baja distorsión armónica (menos de 2%);

4. Eficiencia superior a 80%.

NOTA EXPLICATIVA

Los artículos enumerados anteriormente se encuentran en contacto directo con el gas UF_6 del proceso o se utilizan directamente para el control de las centrifugadoras y el paso del gas de unas a otras y de cascada a cascada.

Los materiales resistentes a la corrosión por el UF_6 incluyen el acero inoxidable, el aluminio, las aleaciones de aluminio, el níquel y las aleaciones que contengan 60% o más de níquel.

5.3. Unidades especialmente diseñadas o preparadas y partes componentes para ser usadas en procesos de enriquecimiento por difusión gaseosa

NOTA INTRODUCTORIA

En el método de difusión gaseosa para la separación de los isótopos de uranio, la principal unidad tecnológica consiste en una barrera porosa especial para la difusión gaseosa, un intercambiador de calor para enfriar el gas (que ha sido calentado por el proceso de compresión), válvulas de estanqueidad y de control, y tuberías. Puesto que la tecnología de difusión gaseosa utiliza el hexafluoruro de uranio (UF_6), todo el equipo, tuberías y superficies de instrumentos (que

entran en contacto con el gas) deben manufacturarse en base a materiales que permanecen estables al contacto con el UF_6. Una instalación de difusión gaseosa requiere determinado número de unidades de este tipo, de modo que dicho número puede proporcionar indicaciones importantes respecto del uso final.

5.3.1. Barreras de difusión gaseosa

a) Filtros finos, especialmente diseñados o preparados, porosos, cuyos poros tengan un diámetro del orden de los 100 a 1 000 Å (angstroms), un espesor de 5 mm (0,2 pulgadas) o menos, y para aquellos de forma tubular, un diámetro de 25 mm (1 pulgada) o menos, fabricados con metales, polímeros o materiales cerámicos resistentes a la acción corrosiva del UF_6, y

b) compuestos sólidos o en polvo especialmente preparados para la manufactura de tales filtros. Estos compuestos y polvos incluyen el níquel o aleaciones que contengan un 60% o más de níquel, óxido de aluminio, o polímeros de hidrocarburos totalmente fluorados resistentes al UF_6, cuya pureza sea del 99,9% o más, y con un tamaño de partículas inferior a 10 micrómetros y un alto grado de uniformidad en cuanto al tamaño de las partículas, especialmente preparados para la manufactura de barreras de difusión gaseosa.

5.3.2. Cajas de difusores gaseosos

Vasijas cilíndricas especialmente diseñadas o preparadas, herméticamente cerradas, con un diámetro superior a 300 mm (12 pulgadas) y una longitud superior a 900 mm (35 pulgadas), o vasijas rectangulares de dimensiones comparables, dotadas de una conexión de entrada y dos conexiones de salida, todas éstas con un diámetro superior a 50 mm (2 pulgadas), para contener una barrera de difusión gaseosa, hecha o recubierta con un metal resistente al UF_6 y diseñada para ser instalada en posición horizontal o vertical.

5.3.3. Compresores y sopladores de gas

Compresores axiales, centrífugos o volumétricos, o sopladores de gas especialmente diseñados o preparados, con un volumen de capacidad de succión de 1 m^3/min, o más, de UF_6, y con una presión de descarga de hasta varios centenares de kPa (100 psi), diseñados para operaciones a largo plazo en contacto con UF_6 gaseoso con o sin un motor eléctrico de potencia apropiada, así como unidades autónomas de compresión o soplado de gas. Estos compresores y sopladores de gas presentan una relación de presión de entre 2 : 1 y 6 : 1 y están hechos o recubiertos de materiales resistentes al UF_6 gaseoso.

5.3.4. Obturadores para ejes de rotación

Obturadores de vacío especialmente diseñados o preparados, con conexiones selladas de entrada y de salida para asegurar la estanqueidad de los ejes que conectan los rotores de los compresores o de los sopladores de gas con los motores de propulsión para asegurar que el sistema disponga de un sellado fiable a fin de evitar que se infiltre aire en la cámara interior del compresor o del soplador de gas que está llena de UF_6. Normalmente tales obturadores están diseñados para una tasa de infiltración de gas separador inferior a 1 000 cm^3/min (60 pulgadas^3/min).

5.3.5. Intercambiadores de calor para enfriamiento del UF_6

Intercambiadores de calor especialmente diseñados o preparados, fabricados con o recubiertos con materiales resistentes al UF_6 (excepto el acero inoxidable) o con cobre o cualquier combinación de dichos metales, y concebidos para una tasa de cambio de presión por pérdida inferior a 10 Pa (0,0015 psi) por hora con una diferencia de presión de 100 kPa (15 psi).

5.4. Sistemas auxiliares, equipo y componentes especialmente diseñados o preparados para ser usados en procesos de enriquecimiento por difusión gaseosa

NOTA INTRODUCTORIA

Los sistemas auxiliares, equipo y componentes para plantas de enriquecimiento por difusión gaseosa son los sistemas necesarios para introducir el UF_6 en los elementos de difusión gaseosa y unir entre sí cada elemento para formar cascadas (o etapas) que permitan el progresivo enriquecimiento y la extracción, de dichas cascadas, del "producto" y las "colas" de UF_6. Debido al elevado carácter inercial de las cascadas de difusión, cualquier interrupción en su funcionamiento y especialmente su parada trae consigo graves consecuencias. Por lo tanto, el mantenimiento estricto y constante del vacío en todos los sistemas tecnológicos, la protección automática contra accidentes y una muy precisa regulación automática del flujo de gas revisten la mayor importancia en una planta de difusión gaseosa. Todo ello tiene por consecuencia la necesidad de equipar la planta con un gran número de sistemas especiales de medición, regulación y control.

Normalmente el UF_6 se evapora en cilindros colocados dentro de autoclaves y se distribuye en forma gaseosa al punto de entrada por medio de tuberías de alimentación en cascada. Las corrientes gaseosas de UF_6 "producto" y "colas", que fluyen de los puntos de salida de las unidades, son conducidas por medio de tuberías hacia trampas frías o hacia unidades de compresión, donde el gas de UF_6 es licuado antes de ser introducido dentro de contenedores apropiados para su transporte o

almacenamiento. Dado que una planta de enriquecimiento por difusión gaseosa se compone de un gran número de unidades de difusión gaseosa dispuestas en cascadas, éstas presentan muchos kilómetros de tubos de alimentación de cascada que a su vez presentan miles de soldaduras con un número considerable de repeticiones en su disposición. El equipo, los componentes y los sistemas de tubería se fabrican de manera que satisfagan normas muy estrictas en cuanto a vacío y limpieza.

5.4.1. Sistemas de alimentación/sistemas de extracción de producto y colas

Sistemas de operaciones especialmente diseñados o preparados, capaces de funcionar a presiones de 300 kPa (45 psi) o inferiores, incluyendo:

Autoclaves de alimentación (o sistemas), que se usan para introducir el UF_6 a la cascada de difusión gaseosa;

Desublimadores (o trampas frías) utilizados para extraer el UF_6 de las cascadas de difusión;

Estaciones de licuefacción en las que el UF_6 gaseoso procedente de la cascada es comprimido y enfriado para obtener UF_6 líquido;

Estaciones de "producto" o "colas" usadas para el traspaso del UF_6 hacia los contenedores.

5.4.2. Sistemas de tubería de cabecera

Sistemas de tubería y sistema de cabecera especialmente diseñados o preparados para transportar el UF_6 dentro de las cascadas de difusión gaseosa. Normalmente, dicha red de tuberías forma parte del sistema de "doble" cabecera en el que cada unidad está conectada a cada una de las cabeceras.

5.4.3. Sistemas de vacío

a) Distribuidores grandes de vacío, colectores de vacío y bombas de vacío, especialmente diseñados o preparados, cuya capacidad mínima de succión sea de 5 m^3/min (175 $pies^3$/min);

b) Bombas de vacío especialmente diseñadas para funcionar en medios de UF_6, fabricadas o recubiertas de aluminio, níquel o aleaciones cuyo componente en níquel sea superior al 60%. Dichas bombas pueden ser rotativas o impelentes, pueden tener desplazamiento y obturadores de fluorocarbono y pueden tener fluidos especiales activos.

5.4.4. Válvulas especiales de cierre y control

Válvulas especiales de fuelle de cierre y de control, manuales o automáticas, especialmente diseñadas o preparadas, fabricadas con materiales resistentes al UF_6, con diámetros de 40 mm a 1 500 mm (1,5 a 59 pulgadas) para su instalación en los sistemas principal y auxiliares de plantas de enriquecimiento por difusión gaseosa.

5.4.5. Espectrómetros de masa para UF_6/fuentes de iones

Espectrómetros de masas magnéticos o cuadrípolos, especialmente diseñados o preparados, capaces de tomar muestras "en línea" de material de alimentación, producto o colas, de flujos de UF_6 gaseoso y que presenten todas las características siguientes:

1. Resolución unitaria para masa mayor de 320;

2. Fuentes iónicas construidas o recubiertas de cromoníquel o metal monel o niqueladas;

3. Fuentes de ionización por bombardeo de electrones;

4. Sistema colector apropiado de análisis isotópico.

NOTA EXPLICATIVA

Los artículos que se enumeran supra entran en contacto directo con el UF_6 gaseoso o controlan de manera directa el flujo dentro de la cascada. Todas las superficies que entran en contacto directo con el gas de trabajo están fabricadas o recubiertas con materiales resistentes al UF_6. Por lo que toca a las secciones relativas a los elementos de equipo para difusión gaseosa, los materiales resistentes al efecto corrosivo del UF_6 incluyen el acero inoxidable, el aluminio, las aleaciones de aluminio, la alúmina, el níquel o las aleaciones que comprenden un 60% o más de níquel, y los polímeros de hidrocarburos totalmente fluorados resistentes al UF_6.

5.5. Sistemas, equipo y componentes especialmente diseñados o preparados para su utilización en plantas de enriquecimiento aerodinámico

NOTA INTRODUCTORIA

En los procesos de enriquecimiento aerodinámico, una mezcla de UF_6 gaseoso y de un gas ligero (hidrógeno o helio) después de ser comprimida se hace pasar a través de elementos de separación en los que tiene lugar la separación isotópica por generación de elevadas fuerzas centrífugas en una pared curva. Se han desarrollado con éxito dos procesos de este tipo: el proceso de toberas y el de tubos vorticiales. En ambos procesos los principales componentes de la etapa de

separación comprenden recipientes cilíndricos que contienen los elementos especiales de separación (toberas o tubos vorticiales), compresores de gas e intercambiadores de calor para eliminar el calor de compresión. Una planta aerodinámica requiere varias de estas etapas, de modo que las cantidades pueden facilitar una indicación importante acerca del uso final. Como los procesos aerodinámicos emplean UF_6, todo el equipo, tuberías y superficies de instrumentos (que entran en contacto con el gas) deben estar construidos con materiales que permanezcan estables en contacto con el UF_6.

NOTA EXPLICATIVA

Los artículos enumerados en esta sección entran en contacto directo con el UF_6 gaseoso o controlan directamente el flujo en la cascada. Todas las superficies que entran en contacto con el gas del proceso están totalmente fabricadas o protegidas con materiales resistentes al UF_6. A los fines de la sección relativa a los artículos de enriquecimiento aerodinámico, los materiales resistentes a la corrosión por el UF_6 comprenden el cobre, el acero inoxidable, el aluminio, aleaciones de aluminio, níquel o aleaciones que contienen el 60% o más de níquel y polímeros de hidrocarburos totalmente fluorados resistentes al UF_6.

5.5.1. Toberas de separación

Toberas de separación y sus conjuntos especialmente diseñados o preparados. Las toberas de separación están formadas por canales curvos, con una hendidura, y un radio de curvatura inferior a 1 mm (normalmente comprendido entre 0,1 y 0,05 mm), resistentes a la corrosión por el UF_6 y en cuyo interior hay una cuchilla que separa en dos fracciones el gas que circula por la tobera.

5.5.2. Tubos vorticiales

Tubos vorticiales y sus conjuntos especialmente diseñados o preparados. Los tubos vorticiales, de forma cilíndrica o cónica, están fabricados o protegidos con materiales resistentes a la corrosión por el UF_6 su diámetro está comprendido entre 0,5 cm y 4 cm, tienen una relación longitud-diámetro de 20:1 o menos, y poseen una o varias entradas tangenciales. Los tubos pueden estar equipados con dispositivos tipo tobera en uno de sus extremos o en ambos.

NOTA EXPLICATIVA

El gas de alimentación penetra tangencialmente en el tubo vorticial por uno de sus extremos, o con ayuda de deflectores ciclónicos, o tangencialmente por numerosos orificios situados a lo largo de la periferia del tubo.

5.5.3. Compresores y sopladores de gas

Compresores axiales, centrífugos o impelentes, o sopladores de gas especialmente diseñados o preparados, fabricados o protegidos con materiales resistentes a la corrosión por el UF_6 y con una capacidad de aspiración de la mezcla de UF_6/gas portador (hidrógeno o helio) de 2 m^3/min o más.

NOTA EXPLICATIVA

Estos compresores y sopladores de gas normalmente tienen una relación de compresión comprendida entre 1,2:1 y 6:1.

5.5.4. Obturadores para ejes de rotación

Obturadores para ejes de rotación especialmente diseñados o preparados, con conexiones selladas de entrada y de salida para asegurar la estanqueidad del eje que conecta el rotor del compresor o el rotor del soplador de gas con el motor de propulsión a fin de asegurar un sellado fiable para evitar las fugas del gas de trabajo o la penetración de aire o del gas de sellado en la cámara interior del compresor o del soplador de gas llena con una mezcla de UF_6/gas portador.

5.5.5. Intercambiadores de calor para enfriamiento del gas

Intercambiadores de calor especialmente diseñados o preparados, fabricados o protegidos con materiales resistentes a la corrosión por el UF_6.

5.5.6. Cajas de los elementos de separación

Cajas de los elementos de separación especialmente diseñadas o preparadas, fabricadas o protegidas con materiales resistentes a la corrosión por el UF_6, para alojar los tubos vorticiales o las toberas de separación.

NOTA EXPLICATIVA

Estas cajas pueden ser recipientes cilíndricos de más de 300 mm de diámetro y de más de 900 mm de longitud, recipientes rectangulares de dimensiones comparables, y pueden haber sido diseñadas para su instalación horizontal o vertical.

5.5.7. Sistemas de alimentación/extracción del producto y de las colas

Sistemas o equipos especialmente diseñados o preparados para plantas de enriquecimiento, fabricados o protegidos con materiales resistentes a la corrosión por el UF_6, en particular:

a) Autoclaves, hornos o sistemas de alimentación utilizados para introducir el UF_6 en el proceso de enriquecimiento;

b) Desublimadores (o trampas frías) utilizados para extraer el UF_6 del proceso de enriquecimiento para su posterior transferencia después del calentamiento;

c) Estaciones de solidificación o de licuefacción utilizadas para extraer el UF_6 del proceso de enriquecimiento por compresión y conversión del UF_6 al estado líquido o al sólido;

d) Estaciones de "productos" o "colas" utilizadas para transferir el UF_6 a los contenedores.

5.5.8. Sistemas colectores

Tuberías y colectores, fabricados o protegidos con materiales resistentes a la corrosión por el UF_6, especialmente diseñados o preparados para manipular el UF_6 en el interior de las cascadas aerodinámicas. Normalmente, las tuberías forman parte de un sistema colector "doble" en el que cada etapa o grupo de etapas está conectado a cada uno de los colectores.

5.5.9. Bombas y sistemas de vacío

a) Sistemas de vacío especialmente diseñados o preparados, con una capacidad de aspiración de 5 m^3/min o más, y que comprenden distribuidores de vacío, colectores de vacío y bombas de vacío, y que han sido diseñados para trabajar en una atmósfera de UF_6;

b) Bombas de vacío especialmente diseñadas o preparadas para trabajar en una atmósfera de UF_6, fabricadas o revestidas con materiales resistentes a la corrosión por el UF_6. Estas bombas pueden estar dotadas de juntas de fluorocarburo y tener fluidos especiales de trabajo.

5.5.10. Válvulas especiales de parada y control

Válvulas de fuelle de parada y de control, manuales o automáticas, especialmente diseñadas o preparadas, fabricadas con materiales resistentes a la corrosión por el UF_6, con un diámetro de 40 mm a 1 500 mm, para su instalación en los sistemas principal y auxiliares de plantas de enriquecimiento aerodinámico.

5.5.11. Espectrómetros de masa para UF_6/fuentes de iones

Espectrómetros de masa magnéticos o cuadripolares especialmente diseñados o preparados, capaces de tomar "en línea" de la corriente de

UF_6 gaseoso, muestras del material de alimentación, del "producto" o de las "colas", y que posean todos las características siguientes:

1. Resolución unitaria para la unidad de masa superior a 320;

2. Fuentes de iones fabricadas o revestidas con cromoníquel, metal monel o galvanoniquelado;

3. Fuentes de ionización por bombardeo electrónico;

4. Presencia de un colector adaptado al análisis isotópico.

5.5.12. Sistemas de separación UF_6/gas portador

Sistemas especialmente diseñados o preparados para separar el UF_6 del gas portador (hidrógeno o helio).

NOTA EXPLICATIVA

Estos sistemas han sido diseñados para reducir el contenido de UF_6 del gas portador a 1 ppm o menos y pueden comprender el equipo siguiente:

a) Intercambiadores de calor criogénicos y crioseparadores capaces de alcanzar temperaturas de -120° C o inferiores,

b) Unidades de refrigeración criogénicas capaces de alcanzar temperaturas de -120° C o inferiores,

c) Toberas de separación o tubos vorticiales para separar el UF_6 del gas portador, o

d) Trampas frías para el UF_6 capaces de alcanzar temperaturas de -20° C o inferiores.

5.6. Sistemas, equipo y componentes especialmente diseñados o preparados para su utilización en plantas de enriquecimiento por intercambio químico o por intercambio iónico

NOTA INTRODUCTORIA

Las diferencias mínimas de masa entre los isótopos de uranio ocasiona pequeños cambios en los equilibrios de las reacciones químicas, fenómeno que puede aprovecharse para la separación de los isótopos. Se han desarrollado con éxito dos procesos: intercambio químico líquido-líquido e intercambio iónico sólido-líquido.

En el proceso de intercambio químico líquido-líquido, las fases líquidas inmiscibles (acuosa y orgánica) se ponen en contacto por circulación en contracorriente para obtener un efecto de cascada correspondiente a miles de etapas de separación. La fase acuosa está compuesta por cloruro de uranio en solución en ácido clorhídrico; la fase orgánica está constituida por un agente de extracción que contiene cloruro de uranio en un solvente orgánico. Los contactores empleados en la cascada de separación pueden ser columnas de intercambio líquido - líquido (por ejemplo, columnas pulsadas dotadas de placas-tamiz) o contactores centrífugos líquido-líquido. En cada uno de ambos extremos de la cascada de separación se necesita una conversión química (oxidación y reducción) para permitir el reflujo. Una importante preocupación con respecto al diseño es evitar la contaminación de las corrientes de trabajo por ciertos iones metálicos. Por tanto, se utilizan tuberías y columnas de plástico, revestidas de plástico (comprendidos fluorocarburos polímeros) y/o revestidas de vidrio.

En el proceso de intercambio iónico sólido-líquido, el enriquecimiento se consigue por adsorción/desorción del uranio en un adsorbente o resina de intercambio iónico y de acción muy rápida. Se hace pasar una solución de uranio contenida en ácido clorhídrico y otros agentes químicos a través de columnas cilíndricas de enriquecimiento que contienen lechos de relleno formado por el adsorbente. Para conseguir un proceso continuo es necesario un sistema de reflujo para liberar el uranio del adsorbente y reinyectarlo en el flujo líquido de modo que puedan recogerse el "producto" y las "colas". Esto se realiza con ayuda de agentes químicos adecuados de reducción/oxidación que son regenerados por completo en circuitos externos independientes y que pueden ser regenerados parcialmente dentro de las propias columnas de separación isotópica. La presencia de soluciones de ácido clorhídrico concentrado caliente obliga a fabricar o proteger el equipo con materiales especiales resistentes a la corrosión.

5.6.1. Columnas de intercambio líquido-líquido (intercambio químico)

Columnas de intercambio líquido-líquido en contracorriente con aportación de energía mecánica (es decir, columnas pulsadas de placas - tamiz, columnas de placas de movimiento alternativo y columnas dotadas de turbomezcladores internos), especialmente diseñadas o preparadas para el enriquecimiento del uranio utilizando el proceso de intercambio químico. Para que sean resistentes a la corrosión por las soluciones de ácido clorhídrico concentrado, estas columnas y su interior se fabrican o se revisten con materiales plásticos adecuados (por ejemplo, fluorocarburos polímeros) o vidrio. Las columnas han sido diseñadas para que el tiempo de residencia correspondiente a una etapa sea corto (30 segundos o menos).

5.6.2. Contactores centrífugos líquido-líquido (intercambio químico)

Contactores centrífugos líquido-líquido especialmente diseñados o preparados para el enriquecimiento del uranio utilizando procesos de intercambio químico. En estos contactores, la dispersión de las corrientes orgánica y acuosa se consigue por rotación y la separación de las fases con ayuda de una fuerza centrífuga. Para hacerlos resistentes a la corrosión por las soluciones de ácido clorhídrico concentrado, los contactores se fabrican o se revisten con materiales plásticos adecuados (por ejemplo fluorocarburos polímeros) o se revisten con vidrio. Los contactores centrífugos han sido diseñados para que el tiempo de residencia correspondiente a una etapa sea corto (30 segundos o menos).

5.6.3. Equipo y sistemas de reducción del uranio (intercambio químico)

a) Celdas de reducción electroquímica especialmente diseñadas o preparadas para reducir el uranio de un estado de valencia a otro inferior para su enriquecimiento por el proceso de intercambio químico. Los materiales de las celdas en contacto con las soluciones de trabajo deben ser resistentes a la corrosión por soluciones de ácido clorhídrico concentrado.

NOTA EXPLICATIVA

El compartimiento catódico de la celda debe ser diseñado de modo que el uranio no pase a un estado de valencia más elevado por reoxidación. Para mantener el uranio en el compartimiento catódico, la celda debe poseer una membrana de diafragma inatacable fabricada con un material especial de intercambio catiónico. El cátodo consiste en un conductor sólido adecuado, por ejemplo, grafito.

b) Sistemas situados en el extremo de la cascada donde se recupera el producto especialmente diseñados o preparados para separar el U^{4+} de la corriente orgánica, ajustar la concentración de ácido y alimentar las celdas de reducción electroquímica.

NOTA EXPLICATIVA

Estos sistemas están formados por equipo de extracción por solvente para separar el U^{4+} de la corriente orgánica a fin de introducirlo en la solución acuosa, equipo de evaporación y/o de otra índole para ajustar y controlar el pH de la solución y bombas u otros dispositivos de transferencia para alimentar las celdas de reducción electroquímica. Una de las principales preocupaciones en cuanto al diseño es evitar la contaminación de la corriente acuosa por ciertos iones metálicos. En consecuencia, aquellas partes del sistema que están en contacto con la corriente de trabajo se fabrican o protegen con materiales adecuados (por ejemplo, vidrio, fluorocarburos polímeros, sulfato de polifenilo, poliéter sulfone y grafito impregnado con resina).

5.6.4. Sistemas de preparación de la alimentación (intercambio químico)

Sistemas especialmente diseñados o preparados para producir soluciones de cloruro de uranio de elevada pureza destinadas a las plantas de separación de los isótopos de uranio por intercambio químico.

NOTA EXPLICATIVA

Estos sistemas comprenden equipo de purificación por disolución, extracción por solvente y/o intercambio iónico, y celdas electrolíticas para reducir el uranio U^{6+} o U^{4+} a U^{3+}. Estos sistemas producen soluciones de cloruro de uranio que solo contienen algunas partes por millón de impurezas metálicas, por ejemplo, cromo, hierro, vanadio, molibdeno y otros cationes bivalentes o de valencia más elevada. Entre los materiales de fabricación de partes del sistema de tratamiento del U^{3+} de elevada pureza figuran el vidrio, los fluorocarburos polímeros, el sulfato de polifenilo o el poliéter sulfone y el grafito impregnado con resina y con un revestimiento de plástico.

5.6.5. Sistemas de oxidación del uranio (intercambio químico)

Sistemas especialmente diseñados o preparados para oxidar el U^{3+} en U^{4+} a fin de reintroducirlo en la cascada de separación isotópica en el proceso de enriquecimiento por intercambio químico.

NOTA EXPLICATIVA

Estos sistemas pueden contener equipo del tipo siguiente:

a) Equipo para poner en contacto el cloro y el oxígeno con el efluente acuoso procedente del equipo de separación isotópica y extraer el U^{4+} resultante a fin de introducirlo en la corriente orgánica empobrecida procedente de la extremidad de la cascada;

b) Equipo para separar el agua del ácido clorhídrico de modo que el agua y el ácido clorhídrico concentrado puedan ser reintroducidos en el proceso en lugares adecuados.

5.6.6. Resinas de intercambio iónico/adsorbentes de reacción rápida (intercambio iónico)

Resinas de intercambio iónico o adsorbentes de reacción rápida especialmente diseñados o preparados para el enriquecimiento del uranio por el proceso de intercambio iónico, en particular resinas macrorreticulares porosas y/o estructuras peliculares en las que los grupos de intercambio químico activos están limitados a un revestimiento superficial en un soporte poroso inactivo, y otras estructuras compuestas en forma adecuada, sobre todo partículas o fibras. Estas resinas de intercambio iónico/adsorbentes tienen un diámetro de 0,2 mm o menor y deben ser quimiorresistentes a soluciones de ácido clorhídrico concentrado y

lo bastante fisicorresistentes para no experimentar una degradación en las columnas de intercambio. Las resinas/adsorbentes han sido diseñados especialmente para conseguir una cinética de intercambio de los isótopos del uranio muy rápida (el tiempo de semirreacción es inferior a 10 segundos) y pueden trabajar a temperaturas comprendidas entre 100° C y 200° C.

5.6.7. Columnas de intercambio iónico (intercambio iónico)

Columnas cilíndricas de más de 1 000 mm de diámetro que contienen lechos de relleno de resina de intercambio iónico/adsorbente, especialmente diseñadas o preparadas para el enriquecimiento del uranio por intercambio iónico. Estas columnas están fabricadas o protegidas con materiales (por ejemplo, titanio o plásticos de fluorocarburo) resistentes a la corrosión por soluciones de ácido clorhídrico concentrado y pueden trabajar a temperaturas comprendidas entre 100° C y 200° C y presiones superiores a 0,7 MPa (102 psia).

5.6.8. Sistemas de reflujo (intercambio iónico)

a) Sistemas de reducción química o electroquímica especialmente diseñados o preparados para regenerar el agente o los agentes de reducción química ucilizado o utilizados en las cascadas de enriquecimiento del uranio por intercambio iónico;

b) Sistemas de oxidación química o electroquímica especialmente diseñados o preparados para regenerar el agente o agentes de oxidación química utilizado o utilizados en las cascadas de enriquecimiento del uranio por intercambio iónico.

NOTA EXPLICATIVA

El proceso de enriquecimiento por intercambio iónico puede utilizar, por ejemplo, el titanio trivalente (Ti^{3+}) como catión reductor, en cuyo caso el sistema de reducción regeneraría el Ti^{3+} por reducción del Ti^{4+}.

El proceso puede utilizar, por ejemplo, hierro trivalente (Fe^{3+}) como oxidante en cuyo caso el sistema de oxidación regeneraría el Fe^{3+} por oxidación del Fe^{2+}.

5.7. Sistemas, equipo y componentes especialmente diseñados o preparados para su utilización en plantas de enriquecimiento por láser

NOTA INTRODUCTORIA

Los actuales sistemas de enriquecimiento por láser se clasifican en dos categorías: aquél en el que el medio en el que se aplica el proceso es vapor atómico de uranio y aquél en el que es vapor de un compuesto de uranio. La nomenclatura corriente de los procesos es la

siguiente: primera categoría - separación isotópica por láser en vapor atómico (AVLIS o SILVA); segunda categoría - separación isotópica por láser de moléculas (MLIS o MOLIS-SILMO) y reacción química por activación láser isotópicamente selectiva (CRISLA). Los sistemas, equipo y componentes de las plantas de enriquecimiento por láser comprenden: a) dispositivos de alimentación de vapor de uranio metálico (para la fotoionización selectiva) o dispositivos de alimentación de vapor de un compuesto del uranio (para la fotodisociación o activación química); b) dispositivos para recoger el uranio metálico enriquecido o empobrecido como "producto" y "colas" en la primera categoría, y dispositivos para recoger los compuestos disociados o activos como "producto" y material no modificado como "colas" en la segunda categoría; c) sistemas láser del proceso para excitar selectivamente la especie uranio 235; y d) equipo para la preparación de la alimentación y la conversión del producto. Debido a la complejidad de la espectroscopia de los átomos y compuestos del uranio podrá tal vez ser necesario combinar cierto número de tecnologías disponibles por láser.

NOTA EXPLICATIVA

Muchos de los artículos enumerados en esta sección entran directamente en contacto con el uranio metálico vaporizado o líquido, ya sea con un gas del proceso formado por UF_6 o por una mezcla de UF_6 con otros gases. Todas las superficies que entran en contacto con el uranio o con el UF_6 están totalmente fabricadas o protegidas con materiales resistentes a la corrosión. A los fines de la sección relativa a los artículos para el enriquecimiento por láser, los materiales resistentes a la corrosión por el uranio metálico o las aleaciones de uranio vaporizados o líquidos son el tántalo y el grafito revestido con itrio; entre los materiales resistentes a la corrosión por el UF_6 figuran el cobre, el acero inoxidable, el aluminio, las aleaciones de aluminio, el níquel o las aleaciones que contengan el 60% o más de níquel y los polímeros de hidrocarburos totalmente fluorados resistentes al UF_6.

5.7.1. Sistemas de vaporización del uranio (SILVA)

Sistemas de vaporización del uranio especialmente diseñados o preparados que contienen cañones de haz electrónico de elevada potencia en franja o barrido, y que proporcionan una potencia en el blanco de más de 2,5 kW/cm.

5.7.2. Sistemas de manipulación del uranio metálico líquido (SILVA)

Sistemas de manipulación de metales líquidos especialmente diseñados o preparados para aleaciones de uranio o uranio fundidos, formados por crisoles y su equipo de enfriamiento.

NOTA EXPLICATIVA

Los crisoles y otras partes de este sistema que están en contacto con aleaciones de uranio o uranio fundidos están fabricados o protegidos con materiales de resistencia adecuada al calor y a la corrosión. Entre los materiales adecuados figura el tántalo, el grafito revestido con itrio, el grafito revestido con otros óxidos de tierras raras (véase el documento INFCIRC/254/Rev.1/Part 2, artículo 2.7) o mezclas de los mismos.

5.7.3. Conjuntos colectores del "producto" y "colas" del uranio metálico (SILVA)

Conjuntos colectores del "producto" y "colas" especialmente diseñados o preparados para el uranio metálico en estado líquido o sólido.

NOTA EXPLICATIVA

Los componentes de estos conjuntos se fabrican o protegen con materiales resistentes al calor y a la corrosión por el uranio metálico vaporizado o líquido (por ejemplo, tántalo o grafito revestido con itrio) y pueden comprender tuberías, válvulas, accesorios, "canalones", alimentadores directos intercambiadores de calor y placas colectoras utilizadas en los métodos de separación magnética, electrostática y de otra índole.

5.7.4. Cajas de módulo separador (SILVA)

Recipientes rectangulares o cilíndricos especialmente diseñados o preparados para contener la fuente de vapor de uranio metálico, el cañón de haz electrónico y los colectores del "producto" y de las "colas".

NOTA EXPLICATIVA

Estas cajas poseen numerosos orificios para la alimentación eléctrica y de agua, ventanas para los haces de láser, conexiones de las bombas de vacío y el instrumental de diagnóstico y vigilancia. Están dotadas de medios de abertura y cierre para poder reajustar los componentes internos.

5.7.5. Toberas de expansión supersónica (SILMO)

Toberas de expansión supersónica, resistentes a la corrosión por el UF_6, especialmente diseñadas o preparadas para enfriar mezclas de UF_6 y el gas portador a 150 K o menos.

5.7.6. Colectores del producto (pentafluoruro de uranio) (SILMO)

Colectores de pentafluoruro de uranio (UF_5) sólido especialmente diseñados o preparados y formados por colectores de filtro, impacto o ciclón, o sus combinaciones, y que son resistentes a la corrosión en un medio de UF_5/UF_6.

5.7.7. Compresores de UF_6/gas portador (SILMO)

Compresores especialmente diseñados o preparados para mezclas de UF_6/gas portador, destinados a un funcionamiento de larga duración en un medio de UF_6. Los componentes de estos protectores que entran en contacto con el gas del proceso están fabricados o protegidos con materiales resistentes a la corrosión por el UF_6.

5.7.8. Obturadores para ejes de rotación (SILMO)

Obturadores para ejes de rotación especialmente diseñados o preparados, con conexiones selladas de entrada y salida, para asegurar la estanqueidad de los ejes que conectan los rotores de los compresores con los motores de propulsión para asegurar que el sistema disponga de un sellado fiable a fin de evitar los escapes del gas de trabajo o la penetración de aire o de gas de estanqueidad en la cámara interior del compresor llena con una mezcla de UF_6/gas portador.

5.7.9. Sistemas de fluoración (SILMO)

Sistemas especialmente diseñados o preparados para fluorar el UF_5 (sólido) en UF_6 (gaseoso).

NOTA EXPLICATIVA

Estos sistemas han sido diseñados para fluorar el polvo de UF_5 y recoger el UF_6 en contenedores o reintroducirlo en las unidades SILMO para su enriquecimiento más elevado. En un método, la fluoración puede realizarse dentro del sistema de separación isotópica, y la reacción y la recuperación se hacen directamente en los colectores del "producto". En el otro método, el polvo de UF_5 puede ser retirado de los colectores del "producto" para introducirlo en una vasija adecuada de reacción (por ejemplo, un reactor de lecho fluidizado, un reactor helicoidal o torre de llama) para la fluoración. En ambos métodos, se utiliza equipo de almacenamiento y transferencia del flúor (u otros agentes adecuados de fluoración), y de recogida y transferencia del UF_6.

5.7.10. Espectrómetros de masa para UF_6/fuentes de iones (SILMO)

Espectrómetros de masas magnéticos o cuadripolares especialmente diseñados o preparados, capaces de tomar "en línea" de las corrientes

de UF_6 gaseoso, muestras de material de alimentación, del "producto" o de las "colas", y que poseen todos las siguientes características:

1. Resolución unitaria para la unidad de masa superior a 320;

2. Fuentes de iones fabricadas o revestidas con cromoníquel, metal monel o galvanoniquelado;

3. Fuentes de ionización por bombardeo electrónico;

4. Presencia de un colector adaptado al análisis isotópico.

5.7.11. Sistemas de alimentación/sistemas de retirada del producto y de las colas (SILMO)

Sistemas o equipo especialmente diseñados o preparados para plantas de enriquecimiento, fabricados o protegidos con materiales resistentes a la corrosión por el UF_6, en particular:

a) Autoclaves, hornos o sistemas de alimentación utilizados para introducir el UF_6 en el proceso de enriquecimiento;

b) Desublimadores (o trampas frías) utilizados para extraer el UF_6 del proceso de enriquecimiento para su transferencia subsiguiente después del calentamiento;

c) Estaciones de solidificación o licuefacción para extraer el UF_6 del proceso de enriquecimiento por compresión y conversión del UF_6 al estado líquido o sólido;

d) Estaciones del "producto" o de las "colas" utilizadas para transferir el UF_6 a contenedores.

5.7.12. Sistemas de separación UF_6/gas portador (SILMO)

Sistemas especialmente diseñados o preparados para separar el UF_6 del gas portador. El gas portador puede ser nitrógeno, argón u otro gas.

NOTA EXPLICATIVA

Estos sistemas pueden comprender el equipo siguiente:

a) Intercambiadores de calor criogénicos o crioseparadores capaces de alcanzar temperaturas de -120° C o inferiores;

b) Unidades de refrigeración criogénicas capaces de alcanzar temperaturas de -120° C o inferiores; o

c) Trampas frías para el UF_6 capaces de alcanzar temperaturas de -20° C o inferiores.

5.7.13. Sistemas por láser (SILVA, SILMO y CRISLA)

Láseres o sistemas laséricos especialmente diseñados o preparados para la separación de los isótopos del uranio.

NOTA EXPLICATIVA

Los láseres y los componentes laséricos de importancia en procesos de enriquecimiento por láser comprenden los enumerados en el artículo 3.6 del documento INFCIRC/254/Rev.1/Part 2. El sistema lasérico para el proceso SILVA está formado normalmente por dos láseres: un láser de vapor de cobre y un láser de colorante. El sistema lasérico para SILMO está formado normalmente por un láser de CO_2 o un láser de excímero y una celda óptica de multipasos con espejos giratorios en ambos extremos. En ambos procesos los láseres o sistemas laséricos deben estar dotados de un estabilizador de frecuencia espectral para poder funcionar durante prolongados períodos de tiempo.

5.8. Sistemas, equipos y componentes especialmente diseñados o preparados para su utilización en plantas de enriquecimiento por separación en un plasma

NOTA INTRODUCTORIA

En el proceso de separación en un plasma, un plasma de iones de uranio atraviesa un campo eléctrico acordado a la frecuencia de resonancia de los iones ^{235}U, de modo que estos últimos absorban preferentemente la energía y aumente el diámetro de sus órbitas helicoidales. Los iones que recorren una trayectoria de gran diámetro son atrapados obteniéndose un producto enriquecido en ^{235}U. El plasma, creado por ionización del vapor de uranio, está contenido en una cámara de vacío sometida a un campo magnético de elevada intensidad producido por un imán supraconductor. Los principales sistemas tecnológicos del proceso comprenden el sistema de generación del plasma de uranio, el módulo separador con el imán superconductor (véase el artículo 3.10 del documento INFCIRC/254/Rev.1/Part 2), y los sistemas de extracción del metal para recoger el "producto" y las "colas".

5.8.1. Fuentes de energía de hiperfrecuencia y antenas

Fuentes de energía de hiperfrecuencia y antenas especialmente diseñadas o preparadas para producir o acelerar iones y que poseen las siguientes características: frecuencia superior a 30 GHz y potencia media a la salida superior a 50 kW para la producción de iones.

5.8.2. Bobinas excitadoras de iones

Bobinas excitadoras de iones de radiofrecuencia especialmente diseñadas o preparadas para frecuencias superiores a 100 kHz y capaces de soportar una potencia media superior a 40 kW.

5.8.3. Sistemas generadores de plasma de uranio

Sistemas especialmente diseñados o preparados para generar plasma de uranio, que pueden contener cañones de electrones de gran potencia en barrido o en franja, y que proporcionan una potencia en el blanco superior a 2,5 kW/cm.

5.8.4. Sistemas de manipulación del uranio metálico líquido

Sistemas de manipulación de metales líquidos especialmente diseñados o preparados para el uranio o las aleaciones de uranio fundidos, que comprenden crisoles y equipos de enfriamiento de los crisoles.

NOTA EXPLICATIVA

Los crisoles y otras partes del sistema que puedan entrar en contacto con el uranio o aleaciones de uranio fundidos están fabricados o protegidos con materiales de resistencia adecuada a la corrosión y al calor. Entre estos materiales cabe citar el tántalo, el grafito revestido con itrio, el grafito revestido con otros óxidos de tierras raras (véase el documento INFCIRC/254/Rev.1/Part 2, artículo 2.7) o mezclas de estas sustancias.

5.8.5. Conjuntos colectores del "producto" y de las "colas" de uranio metálico

Conjuntos colectores del "producto" y de las "colas" especialmente diseñados o preparados para el uranio metálico en estado sólido. Estos conjuntos colectores están fabricados o protegidos con materiales resistentes al calor y a la corrosión por el vapor de uranio metálico, por ejemplo, tántalo o grafito revestido con itrio.

5.8.6. Cajas de módulos separadores

Recipientes cilíndricos especialmente diseñados o preparados para su utilización en plantas de enriquecimiento por separación en un plasma y destinadas a alojar una fuente de plasma de uranio, una bobina excitadora de radiofrecuencia y los colectores del "producto" y de las "colas".

NOTA EXPLICATIVA

Estas cajas poseen numerosos orificios para la entrada de las barras eléctricas, conexiones de las bombas de difusión e instrumental de diagnóstico y vigilancia. Están dotadas de medios de abertura y cierre para poder reajustar los componentes internos y están fabricadas con un material no magnético adecuado, por ejemplo, acero inoxidable.

5.9. Sistemas, equipo y componentes especialmente diseñados o preparados para su utilización en plantas de enriquecimiento electromagnético

NOTA INTRODUCTORIA

En el proceso electromagnético, los iones de uranio metálico producidos por ionización de una sal (normalmente UCl_4) después de ser acelerados atraviesan un campo electromagnético, que hace que los iones de los diferentes isótopos sigan trayectorias diferentes. Los principales componentes de un separador electromagnético de isótopos son: un campo magnético causante de la desviación del haz iónico y de la separación de los isótopos, una fuente de iones con su sistema de aceleración y un sistema colector para recoger los iones separados. Los sistemas auxiliares del proceso comprenden la alimentación del imán, la alimentación de alta tensión de la fuente de iones, la instalación de vacío e importantes sistemas de manipulación química para la recuperación del producto y la depuración/reciclado de los componentes.

5.9.1. Separadores electromagnéticos de isótopos

Separadores electromagnéticos de isótopos especialmente diseñados o preparados para la separación de los isótopos de uranio, y equipo y componentes para esta actividad, en particular:

a) Fuentes de iones

Fuentes de iones de uranio, únicas o múltiples, especialmente diseñadas o preparadas, que comprenden una fuente de vapor, un ionizador y un acelerador de haz, fabricadas con materiales adecuados, como el grafito, el acero inoxidable o el cobre, y capaces de proporcionar una corriente de ionización total de 50 mA o superior.

b) Colectores de iones

Placas colectoras formadas por dos o más ranuras y bolsas especialmente diseñadas o preparadas para recoger haces de iones de uranio enriquecidos y empobrecidos, y fabricadas con materiales adecuados, como el grafito o el acero inoxidable.

c) Cajas de vacío

Cajas de vacío especialmente diseñadas o preparadas para los separadores electromagnéticos del uranio, fabricadas con materiales no magnéticos adecuados, como el acero inoxidable, y capaces de trabajar a presiones de 0,1 Pa o inferiores.

NOTA EXPLICATIVA

Las cajas, diseñadas para contener las fuentes de iones, las placas colectoras y las camisas de agua, están dotadas de medios para conectar las bombas de difusión, los dispositivos de abertura y cierre, y la reinstalación de estos componentes.

d) Piezas polares de los imanes

Piezas polares de los imanes especialmente diseñadas o preparadas, de diámetro superior a 2 m, utilizadas para mantener un campo magnético constante en el interior del separador electromagnético de isótopos y transferir el campo magnético entre separadores contiguos.

5.9.2. Alimentación de alta tensión

Alimentación de alta tensión especialmente diseñada o preparada para las fuentes de iones y que tiene siempre todas las características siguientes: capaz de proporcionar de modo continuo, durante un período de 8 horas, una tensión a la salida de 20 000 V o superior, con una intensidad a la salida de 1 A o superior y una variación de tensión inferior a 0,01%.

5.9.3. Alimentación eléctrica de los imanes

Alimentación con corriente continua de los imanes especialmente diseñada o preparada y que tiene siempre todas las características siguientes: capaz de producir de modo continuo, durante un período de ocho horas, una corriente a la salida de intensidad de 500 A o superior a una tensión de 100 V o superior, con variaciones de intensidad y de tensión inferiores a 0,01%.

6. Plantas de producción de agua pesada, deuterio y compuestos de deuterio y equipo especialmente diseñado o preparado para dicha producción

NOTA INTRODUCTORIA

El agua pesada puede producirse por varios procesos. No obstante, los dos procesos que han demostrado ser viables desde el punto de vista comercial son el proceso de intercambio agua-sulfuro de hidrógeno (proceso GS) y el proceso de intercambio amoniaco-hidrógeno.

El proceso GS se basa en el intercambio de hidrógeno y deuterio entre el agua y el sulfuro de hidrógeno en una serie de torres que funcionan con su sección superior en frío y su sección inferior en caliente. En las torres, el agua baja mientras el sulfuro de hidrógeno gaseoso circula en sentido ascendente. Se utiliza una serie de bandejas perforadas para favorecer la mezcla entre el gas y el agua. El deuterio pasa al agua a baja temperatura y al sulfuro de hidrógeno a alta temperatura. El gas o el agua, enriquecido en deuterio, se extrae de las torres de la primera etapa en la confluencia de las secciones caliente y fría y se repite el proceso en torres de etapas subsiguientes. El producto de la última etapa, o sea el agua enriquecida hasta un 30% en deuterio, se envía a una unidad de destilación para producir agua pesada utilizable en reactores, es decir, óxido de deuterio al 99,75%.

El proceso de un intercambio amoniaco-hidrógeno permite extraer deuterio a partir de un gas de síntesis por contacto con amoniaco líquido en presencia de un catalizador. El gas de síntesis se envía a las torres de intercambio y posteriormente al convertidor de amoniaco. Dentro de las torres el gas circula en sentido ascendente mientras que el amoniaco líquido lo hace en sentido inverso. El deuterio se extrae del hidrógeno del gas de síntesis y se concentra en el amoniaco. El amoniaco pasa entonces a un fraccionador de amoniaco en la parte inferior de la torre mientras que el gas sube a un convertidor de amoniaco en la parte superior. El enriquecimiento tiene lugar en etapas subsiguientes y, mediante destilación final, se obtiene agua pesada para uso en reactores. El gas de síntesis de alimentación puede obtenerse en una planta de amoniaco que, a su vez, puede construirse asociada a una planta de agua pesada por intercambio amoniaco-hidrógeno. El proceso de intercambio amoniaco-hidrógeno también puede utilizar agua común como fuente de alimentación de deuterio.

Gran parte de los artículos del equipo esencial de las plantas de producción de agua pesada por el proceso GS o el proceso de intercambio amoniaco-hidrógeno es de uso común en varios sectores de las industrias química y petrolera. Esto sucede en particular en las pequeñas plantas que utilizan el proceso GS. Ahora bien, solo algunos de estos artículos pueden obtenerse en el comercio normal. Los procesos GS y de intercambio amoniaco-hidrógeno exigen la manipulación de grandes cantidades de fluidos inflamables, corrosivos y tóxicos a presiones elevadas. Por consiguiente, cuando se establece el diseño y las normas de funcionamiento de plantas y equipo que utilizan estos procesos, es necesario prestar cuidadosa atención a la selección de materiales y a las especificaciones de los mismos para asegurar una prolongada vida útil con elevados niveles de seguridad y fiabilidad. La elección de la escala es, principalmente, función de los aspectos económicos y de las necesidades. Así pues, gran parte del equipo se preparará como solicite el cliente.

Finalmente, cabe señalar que, tanto en el proceso GS como en el de intercambio amoniaco-hidrógeno, artículos de equipo que, individualmente, no están diseñados o preparados especialmente para la producción de agua pesada pueden montarse en sistemas que sí lo están especialmente para producir agua pesada. A título de ejemplo cabe citar el sistema de producción con catalizador que se utiliza en el proceso de intercambio amoniaco-hidrógeno y los sistemas de destilación de agua empleados para la concentración final del agua pesada utilizable en reactores.

Los artículos de equipo que son especialmente diseñados o preparados para producción de agua pesada ya sea por el proceso de intercambio agua-sulfuro de hidrógeno o por el proceso de intercambio amoniaco-hidrógeno comprenden los siguientes elementos:

6.1. Torres de intercambio agua-sulfuro de hidrógeno

Torres de intercambio fabricadas con acero al carbono fino (por ejemplo ASTM A516) con diámetros de 6 m (20 pies) a 9 m (30 pies), capaces de funcionar a presiones superiores o iguales a 2 MPa (300 psi) y con un sobreespesor de corrosión de 6 mm o superior, especialmente diseñadas o preparadas para producción de agua pesada por el proceso de intercambio agua-sulfuro de hidrógeno.

6.2. Sopladores y compresores

Sopladores o compresores centrífugos, de etapa única y baja presión (es decir, 0,2 MPa o 30 psi), para la circulación del sulfuro de hidrógeno gaseoso (es decir, gas que contiene más de 70% de H_2S) especialmente diseñados o preparados para producción de agua pesada por el proceso de intercambio agua-sulfuro de hidrógeno. Estos sopladores o compresores tienen una capacidad de caudal superior o igual a 56 m^3/segundo (120 000 SCFM) al funcionar a presiones de aspiración superiores o iguales a 1,8 MPa (260 psi), y tienen juntas diseñadas para trabajar en un medio húmedo con H_2S.

6.3. Torres de intercambio amoniaco-hidrógeno

Torres de intercambio amoniaco-hidrógeno de altura superior o igual a 35 m (114,3 pies) y diámetro de 1,5 m (4,9 pies) a 2,5 m (8,2 pies), capaces de funcionar a presiones mayores de 15 MPa (2 225 psi), especialmente diseñadas o preparadas para producción de agua pesada por el proceso de intercambio amoniaco-hidrógeno. Estas torres también tienen al menos una abertura axial, de tipo pestaña, del mismo diámetro que la parte cilíndrica, a través de la cual pueden insertarse o extraerse las partes internas.

6.4. Partes internas de la torre y bombas de etapa

Partes internas de la torre y bombas de etapa especialmente diseñadas o preparadas para torres de producción de agua pesada por el proceso de intercambio amoniaco-hidrógeno. Las partes internas de la torre comprenden contactores de etapa especialmente diseñados para favorecer un contacto íntimo entre el gas y el líquido. Las bombas de etapa comprenden bombas sumergibles especialmente diseñadas para la circulación del amoniaco líquido en una etapa de contacto dentro de las torres.

6.5. Fraccionadores de amoniaco

Fraccionadores de amoniaco con una presión de funcionamiento superiores o igual a 3 MPa (450 psi) especialmente diseñados o preparados para producción de agua pesada por el proceso de intercambio amoniaco-hidrógeno.

6.6. Analizadores de absorción infrarroja

Analizadores de absorción infrarroja capaces de realizar análisis en línea de la razón hidrógeno/deuterio cuando las concentraciones de deuterio son superiores o iguales a 90%.

6.7. Quemadores catalíticos

Quemadores catalíticos para la conversión en agua pesada del deuterio gaseoso enriquecido especialmente diseñados o preparados para la producción de agua pesada por el proceso de intercambio amoniaco-hidrógeno.

7. Plantas de conversión del uranio y equipo especialmente diseñado o preparado para esta actividad

NOTA INTRODUCTORIA

Los diferentes sistemas y plantas de conversión del uranio permiten realizar una o varias transformaciones de una de las especies químicas del uranio en otra, en particular: conversión de concentrados de mineral uranífero en UO_3, conversión de UO_3 en UO_2, conversión de óxidos de uranio en UF_4 o UF_6, conversión de UF_6 en UF_4, conversión de UF_4 en uranio metálico y conversión de fluoruros de uranio en UO_2. Muchos de los artículos del equipo esencial de las plantas de conversión del uranio son comunes a varios sectores de la industria química. Por ejemplo, entre los tipos de equipo empleados en estos procesos cabe citar: hornos, hornos rotatorios, reactores de lecho fluidizado, torres de llama, centrifugadoras en fase líquida, columnas de destilación y columnas de extracción líquido-líquido. Sin embargo, solo algunos de los artículos se pueden adquirir en el "comercio"; la mayoría se preparará según las necesidades y especificaciones del cliente. En algunos casos, son necesarias consideraciones especiales

acerca del diseño y construcción para tener en cuenta las propiedades corrosivas de ciertos productos químicos manejados (HF, F_2, ClF_3 y fluoruros de uranio). Por último, cabe señalar que en todos los procesos de conversión del uranio, los artículos del equipo que por separado no han sido diseñados o preparados para esta conversión pueden montarse en sistemas especialmente diseñados o preparados con esa finalidad.

7.1. Sistemas especialmente diseñados o preparados para la conversión de los concentrados de mineral uranífero en UO_3

NOTA EXPLICATIVA

La conversión de los concentrados de mineral uranífero en UO_3 puede realizarse disolviendo primero el mineral en ácido nítrico y extrayendo el nitrato de uranilo purificado con ayuda de un solvente como el fosfato de tributilo. A continuación, el nitrato de uranilo es convertido en UO_3 ya sea por concentración y desnitrificación o por neutralización con gas amoniaco para producir un diuranato de amonio que después es sometido a filtración, secado y calcinación.

7.2. Sistemas especialmente diseñados o preparados para la conversión del UO_3 en UF_6

NOTA EXPLICATIVA

La conversión del UO_3 en UF_6 puede realizarse directamente por fluoración. Este proceso necesita una fuente de fluoro gaseoso o de trifluoruro de cloro.

7.3. Sistemas especialmente diseñados o preparados para la conversión del UO_3 en UO_2

NOTA EXPLICATIVA

La conversión del UO_3 en UO_2 puede realizarse por reducción del UO_3 por medio de hidrógeno o gas amoniaco craqueado.

7.4. Sistemas especialmente diseñados o preparados para la conversión del UO_2 en UF_4

NOTA EXPLICATIVA

La conversión del UO_2 en UF_4 puede realizarse haciendo reaccionar el UO_2 con ácido fluorhídrico gaseoso (HF) a 300-500°C.

7.5. Sistemas especialmente diseñados o preparados para la conversión del UF_4 en UF_6

NOTA EXPLICATIVA

La conversión del UF_4 en UF_6 se realiza por reacción exotérmica con flúor en un reactor de torre. El UF_6 es condensado a partir de los efluentes gaseosos calientes haciendo pasar los efluentes por una trampa fría enfriada a -10°C. El proceso necesita una fuente de flúor gaseoso.

7.6. Sistemas especialmente diseñados o preparados para la conversión del UF_4 en U metálico

NOTA EXPLICATIVA

La conversión del UF_4 en U metálico se realiza por reducción con magnesio (grandes cantidades) o calcio (pequeñas cantidades). La reacción se efectúa a una temperatura superior al punto de fusión del uranio (1 130°C).

7.7. Sistemas especialmente diseñados o preparados para la conversión del UF_6 en UO_2

NOTA EXPLICATIVA

La conversión del UF_6 en UO_2 puede realizarse por tres procesos diferentes. En el primero, el UF_6 es reducido e hidrolizado en UO_2 con ayuda de hidrógeno y vapor. En el segundo, el UF_6 es hidrolizado por disolución en agua; la adición de amoniaco precipita el diuranato de amonio que es reducido a UO_2 por el hidrógeno a una temperatura de 820°C. En el tercer proceso, el NH_3, el CO_2 y el UF_6 gaseosos se combinan en el agua, lo que ocasiona la precipitación del carbonato de uranilo y de amonio. Este carbonato se combina con el vapor y el hidrógeno a 500-600°C para producir el UO_2.

La conversión del UF_6 en UO_2 constituye a menudo la primera etapa que se realiza en una planta de fabricación de combustible.

7.8. Sistemas especialmente diseñados o preparados para la conversión del UF_6 en UF_4

NOTA EXPLICATIVA

La conversión del UF_6 en UF_4 se realiza por reducción con hidrógeno.

ANEXO C

CRITERIOS RELATIVOS A LOS GRADOS DE PROTECCION FISICA

1. La finalidad de la protección física de los materiales nucleares es evitar su empleo y manipulación no autorizados. El apartado a) del párrafo 3 del documento de las Directrices exige que haya acuerdo entre suministradores sobre los grados de protección física que han de observarse en relación con el tipo de materiales y de las instalaciones y equipo que contengan dichos materiales, teniendo en cuenta las recomendaciones internacionales.

2. El apartado b) del párrafo 3 del documento de las Directrices declara que la responsabilidad de la aplicación de las medidas de protección física en el país receptor recae en el Gobierno de dicho país; sin embargo, los grados de protección física en que habrán de basarse estas medidas se ajustarán a un acuerdo entre suministrador y receptor. Estos requisitos se aplican a todos los Estados.

3. El documento INFCIRC/225 del Organismo Internacional de Energía Atómica titulado "Protección física de los materiales nucleares" y documentos análogos, preparados por grupos internacionales de expertos y actualizados en la medida necesaria para tener en cuenta los cambios que se han producido en el estado de la tecnología y de los conocimientos con respecto a la protección física de los materiales nucleares, constituyen una base útil de orientación para los Estados receptores que vayan a establecer un sistema de medida y procedimientos de protección física.

4. La clasificación en categorías de los materiales nucleares que figuran en el cuadro adjunto, o la que pueda ser resultado de la actualización efectuada de vez en cuando mediante acuerdo mutuo entre los suministradores, servirá como base aceptada para señalar grados específicos de protección física en relación con el tipo de materiales y el equipo e instalaciones que contengan dichos materiales, de conformidad con los apartados a) y b) del párrafo 3 del documento de las Directrices.

5. Entre los grados de protección física que las autoridades nacionales competentes han aceptado asegurar en relación con el empleo, almacenamiento y transporte de los materiales que se relacionan en el cuadro adjunto, se incluirán, por lo menos, las características de protección siguientes:

CATEGORIA III

<u>Utilización y almacenamiento</u> dentro de una zona cuyo acceso está controlado.

<u>Transporte</u> bajo precauciones especiales, entre ellas arreglos previos entre expedidor, receptor y transportista, y acuerdo previo entre entidades sometidas a la jurisdicción y reglamentación de los Estados suministrador y receptor respectivamente, en los casos de transporte internacional en que se especifique fecha, lugar y procedimientos para la transferencia de la responsabilidad del transporte.

CATEGORIA II

Utilización y almacenamiento dentro de una zona protegida cuyo acceso está controlado, es decir, una zona vigilada constantemente por guardianes o dispositivos electrónicos, rodeada de una barrera física con un número limitado de puntos de entrada bajo control apropiado, o cualquier zona con un grado equivalente de protección física.

Transporte bajo precauciones especiales, entre ellas arreglos previos entre expedidor, receptor y transportista, y acuerdo previo entre entidades sometidas a la jurisdicción y reglamentación de los Estados suministrador y receptor respectivamente, en los casos de transporte internacional en que se especifique fecha, lugar y procedimientos para la transferencia de la responsabilidad del transporte.

CATEGORIA I

Los materiales de esta Categoría se protegerán contra la utilización no autorizada mediante sistemas sumamente fiables, como sigue:

Empleo y almacenamiento dentro de una zona sumamente protegida, es decir, una zona protegida en la forma definida para la Categoría II, cuyo acceso queda limitado, además, a las personas cuya probidad haya sido determinada y que está vigilada por personal de guarda que se mantiene en estrecho contacto con equipos armados de intervención. Las medidas específicas tomadas a este respecto deberán perseguir el objetivo de detectar y evitar todo asalto, acceso no autorizado o retirada no autorizada de materiales.

Transporte bajo precauciones especiales en la forma anteriormente descrita para el transporte de materiales de las Categorías II y III, vigilado constantemente, además, por personal de escolta y en condiciones que aseguren un estrecho contacto con los correspondientes equipos armados de intervención.

6. Los suministradores exigirán que los receptores identifiquen los organismos o autoridades en quienes recaiga la responsabilidad de asegurar el cumplimiento adecuado de los grados de protección y las operaciones de coordinación interna respuesta/recuperación en caso de utilización o manipulación no autorizados de materiales protegidos. Los suministradores y los receptores designarán también puntos de contacto dentro de sus organismos oficiales competentes en relación con la cooperación sobre cuestiones de transporte fuera del país y demás asuntos de interés mutuo.

CUADRO: CLASIFICACION DE LOS MATERIALES NUCLEARES EN CATEGORIAS

Material	Forma	Categoría I	Categoría II	Categoría III
1. Plutonio*[a]	No irradiado*[b]	2 kg o más	Menos de 2 kg pero más de 500 g	500 g o menos*[c]
2. Uranio 235	No irradiado*[b]			
	- uranio con un enriquecimiento del 20% o superior en ^{235}U	5 kg o más	Menos de 5 kg pero más de 1 kg	1 kg o menos*[c]
	- uranio con un enriquecimiento del 10% como mínimo pero inferior al 20% en ^{235}U	-	10 kg o más	Menos de 10 kg*[c]
	- uranio con un enriquecimiento superior al del uranio natural pero inferior al 10% en ^{235}U*[d]	-	-	10 kg o más
3. Uranio 233	No irradiado*[b]	2 kg o más	Menos de 2 kg pero más de 500 g	500 g o menos*[c]
4. Combustible irradiado			Uranio natural o empobrecido, torio, o combustible poco enriquecido (menos del 10% en contenido fisionable)*[e][f]	

[a] En la forma indicada en la lista inicial.

[b] Material no irradiado en un reactor o material irradiado en un reactor pero con una intensidad de radiación igual o inferior a 100 rads/hora a 1 metro de distancia sin mediar blindaje.

[c] Deben excluirse de esta clasificación los materiales nucleares que no representen una cantidad radiológicamente significativa.

[d] El uranio natural, el uranio empobrecido y el torio, así como aquellas cantidades de uranio con un enriquecimiento inferior al 10% en ^{235}U que no hayan de quedar incluidas en la Categoría III, deberían protegerse de conformidad con las prácticas de gestión prudente.

[e] Aunque se recomienda este grado de protección, queda al arbitrio de los Estados el asignar una Categoría diferente de protección física, teniendo en cuenta las circunstancias que concurran en cada caso.

[f] Puede pasarse a la categoría inmediatamente inferior cualquier otro combustible que en razón de su contenido original en material fisionable hubiera quedado incluido en las Categorías I o II antes de la irradiación, cuando la intensidad de radiación de ese combustible exceda de 100 rads/hora a 1 metro de distancia sin mediar blindaje.