

**28.44 – ELEMENTOS QUÍMICOS RADIATIVOS E ISÓTOPOS RADIATIVOS (INCLUIDOS LOS ELEMENTOS QUÍMICOS E ISÓTOPOS FISIONABLES O FERTILES) Y SUS COMPUESTOS; MEZCLAS Y RESIDUOS QUE CONTENGAN ESTOS PRODUCTOS.**

- 2844.10 – **Uranio natural y sus compuestos; aleaciones, dispersiones (incluidos los «cermets»), productos cerámicos y mezclas, que contengan uranio natural o compuestos de uranio natural.**
- 2844.20 – **Uranio enriquecido en U235 y sus compuestos; plutonio y sus compuestos; aleaciones, dispersiones (incluidos los «cermets»), productos cerámicos y mezclas, que contengan uranio enriquecido en U235, plutonio o compuestos de estos productos.**
- 2844.30 – **Uranio empobrecido en U235 y sus compuestos; torio y sus compuestos; aleaciones, dispersiones (incluidos los «cermets»), productos cerámicos y mezclas, que contengan uranio empobrecido en U235, torio o compuestos de estos productos.**
- 2844.40 – **Elementos e isótopos y compuestos radiactivos, excepto los de las partidas 2844.10, 2844.20 ó 2844.30; aleaciones, dispersiones (incluidos los «cermets»), productos cerámicos y mezclas, que contengan estos elementos, isótopos o compuestos; residuos radiactivos.**

**Sección VI  
VI – 28.44<sub>2</sub>**

- 2844.50 – **Elementos combustibles (cartuchos) agotados (irradiados) de reactores nucleares.**

**I. – ISÓTOPOS**

Los núcleos de los átomos de un elemento, definido por el número atómico, contienen siempre el mismo número de protones, pero pueden diferir en el número de neutrones y, en consecuencia, pueden tener masas diferentes (número de masa diferente).

Los núclidos que difieren solamente por el número de masa y no por el número atómico se llaman isótopos del elemento. Existen en consecuencia varios núclidos que tienen el mismo número atómico 92, que tienen todos la denominación de uranio, pero que el número de masa puede variar desde 227 a 240 y que se distinguen en realidad llamándolos uranio 233, uranio 235, uranio 238, etcétera. De la misma manera el hidrógeno 1, el hidrógeno 2 (o deuterio) (clasificado en la **partida 28.45**) y el hidrógeno 3 (o tritio) son isótopos del hidrógeno.

El factor esencial en el comportamiento químico de un elemento está ligado a la importancia de la carga eléctrica positiva acumulada en el núcleo (número de protones), que determina el número de electrones orbitales que condicionan, de hecho, las propiedades químicas.

Por este hecho, los diferentes isótopos de un mismo elemento, cuyo núcleo presenta una carga eléctrica nuclear idéntica, pero que tienen masas diferentes, tendrán las mismas propiedades químicas, pero las propiedades físicas podrán variar de un isótopo a otro.

Los elementos químicos están constituidos por un solo isótopo (elementos monoisotópicos), o bien por una mezcla de dos o más isótopos en proporciones generalmente bien definidas y fijas (por ejemplo, el cloro natural, tanto libre como combinado, está siempre constituido por una mezcla de 75,4% de cloro 35 y de 24,6% de cloro 37 – de aquí su peso atómico de 35,457–).

Cuando un elemento está constituido por una mezcla de isótopos, se pueden llegar a aislar sus componentes: esta separación se realiza por ejemplo, por difusión a través de tubos porosos, por selección electromagnética o por electrólisis fraccionada. Los isótopos pueden también obtenerse bombardeando elementos naturales con neutrones o partículas animadas de una gran energía cinética.

En la Nota 6 de este capítulo y en los textos de las partidas 28.44 y 28.45, el término **isótopos** comprende, no solamente los isótopos puros, sino también los elementos químicos cuya composición isotópica natural se ha modificado artificialmente enriqueciendo estos elementos en alguno de sus isótopos (y lo que es equivalente, empobreciéndolos en otros), o transformando por una reacción nuclear algunos de los isótopos en otros isótopos artificiales; por ejemplo, cloro de peso atómico 35,30 que se obtiene enriqueciendo este elemento hasta que contenga 85% de cloro 35 (y en consecuencia, empobreciéndolo hasta que no contenga más de 15% de cloro 37) se considera como un isótopo.

Hay que observar que los elementos que existen en la naturaleza como monoisótopos (por ejemplo, el berilio 9, el flúor 19, el aluminio 27, el fósforo 31 o el manganeso 55) no deben considerarse isótopos, sino clasificarse, libres o combinados según los casos, en las partidas más específicas que se refieren a los elementos químicos o a sus compuestos.

Sin embargo, los isótopos radiactivos de estos mismos elementos obtenidos artificialmente (por ejemplo, Be 10, F 18, Al 29, P 32 o Mn 54) se consideran isótopos.

Ya que los elementos químicos artificiales, en general de número atómico superior a 92 o elementos transuránicos, no tienen una composición isotópica fija, sino variable según el procedimiento de obtención, es imposible, en estas condiciones, distinguir entre el elemento químico y sus isótopos, en los términos de la Nota 6.

Se clasifican en esta partida únicamente los isótopos que presentan el fenómeno de **radiactividad** (que se describe a continuación); por el contrario, los isótopos estables se clasifican en la **partida 28.45**.

## Sección VI VI – 28.44<sub>3</sub>

### II. – RADIATIVIDAD

Determinados núclidos, por la estructura inestable de sus núcleos, emiten, tanto en estado puro como en forma de combinaciones químicas, radiaciones complejas, susceptibles de producir efectos físicos o químicos tales como:

- 1) ionización de gases;
- 2) fluorescencia;
- 3) impresión de placas fotográficas;

que permiten detectar estas radiaciones y medir su intensidad utilizando, por ejemplo, contadores Geiger–Müller, contadores proporcionales, cámaras de ionización, cámaras de Wilson, contadores de burbujas, contadores de centelleo, películas y placas sensibilizadas.

Este es el fenómeno de **radiactividad**; los elementos químicos, los isótopos, los compuestos y, en general, las sustancias que la presentan, se llaman **radiactivas**

### III. – ELEMENTOS QUÍMICOS RADIATIVOS E ISÓTOPOS RADIATIVOS Y SUS COMPUESTOS; MEZCLAS Y RESIDUOS QUE CONTENGAN ESTOS PRODUCTOS

#### A) Elementos radiactivos.

Esta partida comprende los elementos químicos radiactivos previstos en la Nota 6 a) de este capítulo, a saber: tecnecio, prometio, polonio y todos los elementos de número atómico más elevado como el astato, radón, francio, radio, actinio, torio, protactinio, uranio, neptunio, plutonio, americio, curio, berquelio, californio, einstenio, fermio, mendelevío, nobelio y laurencio.

Se trata de elementos compuestos generalmente de varios isótopos que son todos radiactivos.

Por el contrario, existen elementos compuestos de mezclas de isótopos estables y de isótopos radiactivos, tales como el potasio, el rubidio, el samario y el lutecio (**p. 28.05**) que debido a la baja

radiactividad específica de sus isótopos radiactivos y la proporción muy baja en la mezcla, pueden considerarse prácticamente estables y no se clasifican por tanto en esta partida.

Por el contrario, estos mismos elementos (potasio, rubidio, samario y lutecio) enriquecidos en sus isótopos radiactivos (respectivamente K 40, Rb 87, Sm 147 y Lu 176) se consideran radiactivos y se clasifican en esta partida.

#### B) **Isótopos radiactivos.**

Además de los isótopos radiactivos naturales, a saber: el potasio 40, el rubidio 87, el samario 147, el lutecio 176, ya mencionados, se pueden citar el uranio 235 y el uranio 238 que serán objeto de un estudio detallado en el apartado IV, así como ciertos isótopos del talio, del plomo, bismuto, polonio, radio, actinio o torio, frecuentemente designados con un nombre que difiere del de los elementos correspondientes. Esta denominación evoca el nombre del elemento inicial del que proceden por transformación radiactiva. Ocurre así, principalmente, con el bismuto 210 llamado *radio E*, el polonio 212 llamado *torio C'* y el actinio 228 denominado *mesotorio II*

Los elementos químicos normalmente estables pueden hacerse radiactivos después de bombardearlos con partículas animadas de una gran energía cinética (protones, deuterones) y procedentes de un acelerador de partículas (ciclotrón, sincrotrón, etc.), o bien después de haber absorbido neutrones en un reactor nuclear.

### **Sección VI VI-28.44<sub>4</sub>**

Los elementos transformados así se llaman isótopos radiactivos artificiales. Entre ellos se han registrado cerca de 500 de los que casi 200 tiene ya aplicaciones prácticas. Además del uranio 233 y de los isótopos del plutonio, que se examinarán posteriormente, se pueden citar, entre los más importantes, el hidrógeno 3 (tritio), el carbono 14, el sodio 24, el fósforo 32, el azufre 35, el potasio 42, el calcio 45, el cromo 51, el hierro 59, el cobalto 60, el kriptón 85, el estroncio 90, el itrio 90, el paladio 109, el yodo 131 y 132, el xenón 133, el cesio 137, el tulio 170, el iridio 192, el oro 198, y el polonio 210.

Los elementos químicos y los isótopos, radiactivos, se transforman naturalmente en elementos o isótopos más estables.

El plazo necesario para que la cantidad inicial de un isótopo radiactivo dado se reduzca a la mitad se llama periodo de semidesintegración o vida media de este isótopo. Este valor puede exceder de cientos de miles de años ( $1,5 \times 10^{11}$  años para el samario 147) o no representar más que una pequeñísima fracción de segundo ( $0,3 \times 10^{-6}$  segundos para el torio C') y proporcionan un medio cómodo para apreciar la inestabilidad estadística del núcleo al que se aplica.

Los elementos químicos e isótopos radiactivos se clasifican en esta partida aunque se presenten mezclados entre sí o mezclados con compuestos radiactivos o incluso con materias no radiactivas (blancos irradiados sin tratar y fuentes radiactivas), siempre que la radiactividad específica del producto considerado exceda de 74 Bq/g (0,002  $\mu$ Ci/g).

#### C) **Compuestos radiactivos; mezclas y residuos que contengan sustancias radiactivas.**

Los elementos químicos y los isótopos radiactivos comprendidos en esta partida suelen utilizarse en forma de compuestos o de productos **marcados**, es decir, con moléculas en las que uno o varios átomos son radiactivos. Estos compuestos siguen clasificados en esta partida aunque estén disueltos, dispersos o mezclados, natural o artificialmente, en otras o con otras materias, radiactivas o no. Los elementos y los isótopos radiactivos se clasifican también en esta partida cuando se presentan en forma de aleaciones, dispersiones o «cermets».

Los compuestos orgánicos o inorgánicos cuya molécula comprenda elementos químicos radiactivos o isótopos radiactivos, así como sus disoluciones, se clasifican en esta partida, aunque la radiactividad específica de estos compuestos o de estas disoluciones sea inferior a 74 Bq/g (0,002,  $\mu$ Ci/g); por el contrario, las aleaciones, las dispersiones (incluidos los «cermets»), los productos cerámicos y las mezclas que contengan productos radiactivos (elementos, isótopos o sus compuestos) sólo se clasifican

en esta partida cuando su radiactividad específica exceda de 74 Bq/g (0,002  $\mu$ Ci/g). Los elementos e isótopos radiactivos muy raramente utilizados en forma libre, se comercializan como combinaciones o aleaciones. Independientemente de los compuestos de los elementos fisionables y fértiles cuyas características e importancia justifican un agrupamiento en el apartado IV, los compuestos radiactivos más importantes son:

- 1) las **sales de radio** (cloruro, bromuro, sulfato, etc.) que se utilizan como fuente de radiaciones para el tratamiento del cáncer o para determinados experimentos de física,
- 2) los **compuestos de isótopos radiactivos considerados en el apartado 111 B) anterior**.

Los isótopos radiactivos artificiales y sus compuestos se utilizan:

- a) **En la industria**, para la radiografía de metales, para medir el espesor de las chapas, de los alambres, etc., o el nivel de los líquidos en recipientes de difícil acceso, para provocar la vulcanización, para iniciar la polimerización o el injerto de varios compuestos orgánicos, en la fabricación de pinturas luminiscentes (por ejemplo, mezclados con sulfuro de cinc en esferas de reloj, instrumentos de a bordo, etc.).
- b) **En medicina**, para diagnosticar o tratar ciertas enfermedades (cobalto 60, yodo 131, oro 198, fósforo 32, etc.).
- c) **En agricultura**, para la esterilización de productos, para impedir la germinación, para estudiar la asimilación de los abonos por las plantas, provocar mutaciones genéticas para mejorar las especies, etc. (cobalto 60, cesio 137, fósforo 32, etc.).

#### **Sección VI V – 28.44<sub>5</sub>**

- d) **En biología**, para el estudio del funcionamiento o desarrollo de determinados órganos animales o vegetales (tritio, carbono 14, sodio 24, fósforo 32, azufre 35, potasio 42, calcio 45, hierro 59, estroncio 90, yodo 131, etc.).

- e) **En investigaciones físicas o químicas**.

Los isótopos radiactivos, así como sus compuestos, se presentan en polvo, disoluciones, agujas, alambres, tubos u hojas y están contenidos generalmente en ampollas de vidrio, en agujas finas de platino, en tubos de acero inoxidable, etc., que a su vez están alojados en recipientes metálicos (generalmente de plomo) más o menos gruesos, según la radiactividad de los isótopos destinados a proteger de las radiaciones. Estos recipientes, de acuerdo con ciertas reglas internacionales, están provistos de etiquetas en las que figura la naturaleza del isótopo y su actividad.

Entre las mezclas, se pueden citar algunas fuentes de neutrones constituidas por la asociación (mezcla, aleación, ensamblado, etc.) de un elemento o de un isótopo radiactivo (radio, radón, antimonio 124, americio 241, etc.) con otro elemento (berilio, flúor, etc.) de modo que tengan una reacción ( $\gamma$ , n) o ( $\alpha$ , n) (introducción de un fotón  $\gamma$  o, respectivamente, de una partícula  $\alpha$  y emisión de un neutrón).

Sin embargo, las fuentes de neutrones montadas y dispuestas para introducir las en los reactores nucleares para iniciar la reacción de fisión en cadena, se consideran partes de reactores y, en consecuencia, se clasifican en la **partida 84.01**.

Las microesferas de combustible nuclear recubiertas con capas de carbón o de carburo de silicio destinadas a introducir las en los elementos combustibles esféricos o prismáticos se clasifican en esta partida.

Se pueden citar igualmente los productos utilizados como luminóforos con pequeñas cantidades de sustancias radiactivas añadidas para hacerlos autoluminiscentes, siempre que la radiactividad específica que de esto resulte exceda de 74 Bq/g (0,002  $\mu$ Ci/g).

Entre los residuos radiactivos, los más importantes desde el punto de vista de su reutilización son:

- 1) el **agua pesada irradiada o tritíada**: después de haber estado más o menos tiempo en un reactor nuclear una parte del deuterio, que es un componente del agua pesada, se transforma por absorción de neutrones en tritio y, por esto, el agua se hace radiactiva;

- 2) los **elementos combustibles** agotados (cartuchos irradiados), en general muy fuertemente radiactivos, se utilizan principalmente para recuperar las materias fisionables y fértiles que contienen (véase el apartado IV siguiente).

#### IV. – ELEMENTOS QUÍMICOS E ISÓTOPOS FISIONABLES O FÉRTILES Y SUS COMPUESTOS; MEZCLAS Y RESIDUOS QUE CONTENGAN ESTOS PRODUCTOS

##### A) Elementos químicos e isótopos fisionables o fértiles.

Entre los elementos químicos y los isótopos radiactivos citados en el apartado III algunos, de masa atómica elevada, tales como el torio, uranio, plutonio o americio, poseen un núcleo atómico de estructura especialmente compleja; estos núcleos sometidos a la acción de partículas subatómicas (neutrones, protones, deutones, tritones, partículas alfa, etc.) pueden absorber estas partículas, lo que aumenta su inestabilidad hasta el punto de provocar la escisión en dos núcleos de elementos medios de masas cercanas (más raramente en tres o en cuatro fragmentos). Esta escisión libera una enorme cantidad de energía y va acompañada de la formación de neutrones secundarios. Es el llamado proceso de **fisión** o **bipartición nuclear**.

Sólo raramente puede producirse la fisión espontánea o por la acción de fotones.

Los neutrones secundarios liberados durante la fisión pueden provocar una segunda fisión que da nacimiento a nuevos neutrones secundarios y así sucesivamente. Este proceso renovado determina una **reacción en cadena**.

#### Sección VI V – 28.44<sub>6</sub>

La probabilidad de la fisión es en general muy elevada para ciertos núcleos (U 233, U 235, Pu 239) cuando los neutrones son lentos, es decir, cuando tienen una velocidad media próxima a 2.200 m/s, que corresponde a una energía de 1/40 de electrón voltio (eV). Por ser esta velocidad, que es del mismo orden de magnitud que la de las moléculas de un fluido (agitación térmica), estos neutrones lentos se llaman también **térmicos**.

Actualmente la fisión provocada por neutrones térmicos es la más utilizada en los reactores nucleares.

Por esta razón, se designan comúnmente con el término de **fisionables** los isótopos que experimentan la fisión por neutrones térmicos, principalmente, el uranio 233, el uranio 235, el plutonio 239, y los elementos químicos que los contienen principalmente, el uranio y el plutonio.

Otros núclidos, tales como el uranio 238 y el torio 232, sólo experimentan la fisión con neutrones rápidos y no se consideran normalmente como fisionables sino como **fértiles**: la «fertilidad» procede del hecho de que estos núclidos pueden absorber neutrones lentos dando lugar, respectivamente, a la formación de plutonio 239 y de uranio 233, que son fisionables.

En los reactores nucleares térmicos (de neutrones moderados) los neutrones secundarios liberados por la fisión que tiene una energía mucho más elevada (del orden de 2 millones eV), es necesario, para que la reacción en cadena se produzca, frenar los neutrones, lo que puede conseguirse por medio de **moderadores**, es decir, productos a base de elementos de masa atómica baja, tales como el agua natural, el agua pesada, algunos hidrocarburos, el grafito, el berilio, etc., que al mismo tiempo que absorben una parte de la energía de los neutrones, no absorben a los propios neutrones, o los absorben en una proporción despreciable.

Para que una reacción en cadena se inicie y se mantenga, es preciso que el número medio de neutrones secundarios liberados por la fisión compense con exceso las pérdidas de neutrones que resultan del proceso de captura o de evasión que no producen fisiones.

**Los elementos químicos fisionables o fértiles** son los siguientes:

### 1) El **uranio natural**.

El uranio natural está constituido por mezclas de tres isótopos: el uranio 238, que forma el 99,28% de la masa total, el uranio 235 que forma el 0,71 % y el uranio 234 que al encontrarse sólo en la baja proporción de 0,006% puede despreciarse. En consecuencia, puede considerarse al mismo tiempo como elemento fisionable (por su contenido en U 235) y como elemento fértil (por su contenido en U 238).

Este metal se extrae principalmente de la pechblenda, de la uraninita, la autunita, la brannerita, carnotita o chalcólita (tobernita). Se extrae también de ciertas fuentes secundarias y principalmente de los residuos de la fabricación de superfosfatos o de los residuos de las minas de oro. Se obtiene habitualmente por reducción del tetrafluoruro con calcio o magnesio, o por electrólisis.

El uranio es un elemento débilmente radiactivo, muy pesado (densidad 19) y duro. La superficie recién pulida es de color gris plata, pero parda fuertemente en contacto con el oxígeno del aire con el que el uranio forma óxidos. El metal en polvo se oxida y se inflama rápidamente en el aire.

Se comercializa habitualmente en lingotes susceptibles de pulimento, limado, laminado, etc., para obtener barras, tubos, hojas, alambres, etc.

### 2) El **torio**.

Por ser la torita y la orangita minerales muy ricos pero raros, el torio se extrae principalmente de la monacita, de la que también se extraen los metales de las tierras raras.

El metal impuro se presenta en forma de un polvo gris muy pirofórico. Se obtiene por electrólisis de los fluoruros y por reducción de los fluoruros, cloruros u óxidos. El metal obtenido así se purifica y se sinteriza en una atmósfera inerte transformándolo en lingotes pesados (densidad 11,5), duros (pero menos que el uranio) y de color gris plateado que se oxidan muy rápidamente en contacto con el aire.

**Sección VI  
V – 28.44<sub>7</sub>**

Por laminado, extrusión o estirado de estos lingotes se obtienen chapas, barras, tubos, alambres, etc. El elemento torio está constituido esencialmente por el isótopo torio 232.

El torio y algunas de sus aleaciones se utilizan principalmente como materia prima fértil en los reactores nucleares. No obstante, las aleaciones torio–magnesio y torio–volframio se emplean en la industria aeronáutica o en la fabricación de material termoiónico.

Las manufacturas o partes de manufacturas de torio de las Secciones XVI a XIX están **excluidas** de esta partida.

### 3) El **plutonio**.

El plutonio que se se utiliza industrialmente se obtiene por irradiación del uranio 238 en un reactor nuclear.

Es muy pesado (densidad 19,8), radiactivo y muy tóxico. Su aspecto es parecido al del uranio. Como éste, es muy oxidable.

Se presenta en las mismas formas que el uranio enriquecido y su mantenimiento exige las mayores precauciones.

Entre los isótopos fisionables, se pueden citar:

- 1) el **uranio 233**, que se obtiene en los reactores nucleares a partir del torio 232 y se transforma sucesivamente en torio 233, en protactinio 233 y finalmente en uranio 233;
- 2) el **uranio 235**, que está contenido en el uranio natural en la proporción de 0,71% y es el único isótopo fisionable que existe en la naturaleza.

Después de la transformación del uranio natural en hexafluoruro, se obtiene por separación isotópica efectuada por procedimiento electromagnético, por centrifugación o incluso por difusión gaseosa, uranio enriquecido en U 235, por una parte, y uranio empobrecido en U 235 (enriquecido en U 238), por otra.

- 3) el **plutonio 239**, que se obtiene en los reactores nucleares a partir del uranio 238 y se transforma sucesivamente en uranio 239, en neptunio 239 y finalmente en plutonio 239.

Se pueden citar igualmente algunos isótopos de elementos transplutónicos tales como el californio 252, el americio 241, el curio 242 y el curio 244, que pueden dar lugar a la fisión (espontánea o no) y emplearse como fuentes intensas de neutrones.

Entre los isótopos fértiles se pueden citar, además del torio 232 y del uranio empobrecido (es decir empobrecido en U 235 y, en consecuencia, enriquecido en U 238). Se trata de un subproducto del enriquecimiento del uranio en U 235. A causa de que su precio es mucho menos elevado y de las cantidades disponibles, reemplaza al uranio natural, especialmente como materia fértil, como pantalla contra las radiaciones, como metal pesado para la fabricación de volantes o en la preparación de composiciones absorbentes (*getters*) empleados en la purificación de algunos gases.

Las manufacturas o partes de manufacturas de uranio empobrecido en U 235 de las Secciones XVI a XIX están **excluidas** de esta partida.

## B) **Compuestos de elementos químicos e isótopos, fisiónables o fértiles.**

Se clasifican principalmente en esta partida los compuestos siguientes:

### 1) **del uranio:**

- a) los óxidos:  $\text{UO}_2$ ,  $\text{U}_3\text{O}_8$  y  $\text{UO}_3$ ;
- b) los fluoruros:  $\text{UF}_4$  y  $\text{UF}_2$  (este último se sublima a  $56^\circ\text{C}$ );
- c) los carburos:  $\text{UC}$  y  $\text{UC}_2$ ;
- d) los uranatos:  $\text{Na}_2\text{U}_2\text{O}_7$ , y  $(\text{NH}_4)\text{U}_2\text{O}_7$ ;
- e) el nitrato de uranilo:  $\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ ;
- f) el sulfato de uranilo:  $\text{UO}_2\text{SO}_4 \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$ ;

## **Sección VI VI – 28.44<sub>8</sub>**

### 2) **de plutonio:**

- a) el tetrafluoruro:  $\text{PuF}_4$ ;
- b) el dióxido:  $\text{PuO}_2$ ;
- c) el nitrato:  $\text{PuO}_2(\text{NO}_3)_2$ ;
- d) los carburos:  $\text{PuC}$  y  $\text{Pu}_2\text{C}_3$ ;
- c) el nitruro:  $\text{PuN}$ ;

Los compuestos de uranio o de plutonio se utilizan esencialmente en la industria nuclear, como productos intermedios, o como productos terminados. El hexafluoruro de uranio, que se presenta en cilindros, es un producto bastante tóxico que debe manipularse con precaución.

### 3) **del torio.**

- a) el óxido y el hidróxido: el óxido de torio ( $\text{ThO}_2$ ) (torina) es un polvo blanco amarillento insoluble en agua. El hidróxido ( $\text{Th}(\text{OH})_4$ ) constituye la torina hidratada. Los dos se obtienen a

partir de la monacita. Se emplean para preparar manguitos de incandescencia, como productos refractarios o como catalizadores (síntesis de la acetona). El óxido se utiliza como materia fértil en reactores nucleares;

b) las sales inorgánicas mas importantes, generalmente de color blanco, son las siguientes:

1°) el nitrato de torio, que se presenta más o menos hidratado en cristales o en polvo (nitrato calcinado). Se utiliza para preparar colores luminiscentes. Mezclado con nitrato de cerio, se utiliza para impregnar los manguitos de incandescencia;

2°) el sulfato de torio (polvo cristalino soluble en agua fría), el hidrogenosulfato de torio y los sulfatos dobles alcalinos;

3°) el cloruro de torio ( $\text{ThCl}_4$ ), anhidro o hidratado y el oxiclорuro;

4°) el nitruro y el carburo de torio, que se utilizan como productos refractarios, abrasivos o como materia fértil en los reactores nucleares;

c) los compuestos orgánicos. Los más conocidos son el formiato, el acetato, el tartrato y el benzoato de torio, que se utilizan en medicina.

C) **Aleaciones, dispersiones (incluidos los «cermets»), productos cerámicos, mezclas y residuos que contengan elementos o isótopos fisionables, fértiles o sus compuestos inorgánicos u orgánicos.**

Los productos más importantes de este grupo son:

1) las **aleaciones de uranio o de plutonio con** el aluminio, cromo, circonio, molibdeno, titanio, niobio, vanadio, aleaciones uranio-plutonio y ferouranio;

2) las **dispersiones de dióxido de uranio** ( $\text{UO}_2$ ) o de carburo de uranio (UC), incluso mezclado con el dióxido o el carburo de torio en grafito o en polietileno;

3) los **cermets** constituidos por dióxido de uranio ( $\text{UO}_2$ ), dióxido de plutonio ( $\text{PuO}_2$ ), carburo de uranio (UC) o carburo de plutonio (PuC) (o por mezclas de estos compuestos con dióxido o carburo de torio) con metales diversos, principalmente con acero inoxidable.

Estos productos en barras, placas, bolas, alambres, polvo, etc. se emplean, bien para fabricar elementos combustibles, o bien, en ciertos casos, directamente en los reactores.

Las barras, placas y bolas provistas de una vaina y equipadas para permitir su manipulación se clasifican en la **partida 84.01**.

**Sección VI**  
**VI – 28.44<sub>9</sub>/46<sub>1</sub>**

4) los elementos combustibles gastados o agotados (cartuchos irradiados), es decir, los que después de una utilización más o menos prolongada deben reemplazarse, principalmente por la acumulación de productos de fisión que perjudican la reacción en cadena o degradan la vaina. Después de estar almacenados durante un tiempo suficiente en aguas profundas para disminuir la temperatura y la radiactividad, estos elementos combustibles se transportan en recipientes de plomo llamados «ataúdes», a las fábricas especializadas con el fin de recuperar el material fisionable residual, el material fisionable procedente de la transformación de los elementos fértiles, que generalmente contienen los elementos combustibles y los productos de fisión.