

# TRANSPORTE RADIATIVO MEDIDAS DE PROTECCIÓN

*Autor: José Alfredo Piera Pellicer*

## INTRODUCCIÓN.

El transporte de material radiactivo es una actividad que concierne no sólo a los profesionales del transporte y a las personas profesionalmente expuestas, sino también a los agentes de la autoridad, tanto la pertenecientes a las fuerzas de seguridad del Estado, como a los agentes de la policía local.

Por una parte el transporte radiactivo no todo es peligroso, ya expondremos que éste va debidamente etiquetado con clasificación de su posible peligrosidad. Sin embargo es frecuente asimilar radiación a los rayos X; pero a nivel de transporte no tiene nada en común.

En primer lugar los tubos para poder generar rayos X precisan de suministro eléctrico y como tubos simplemente, son una bombilla, con características adaptadas a su uso y que además se ve y se puede tocar sin riesgo de ningún tipo, mientras no se produzca la diferencia de potencial, que como hemos dicho, precisa de suministro eléctrico, potente generador, etc.

En cambio una fuente radiactiva puede ser prácticamente invisible, si por ejemplo se encuentra en fase líquida. Por ello, las precauciones a tener en cuenta serán singulares. Los agentes de la autoridad deben conocer la nomenclatura de las etiquetas y saber en un momento determinado y ante un posible accidente hasta que alcance puede emitir radiación la fuente accidentada y que medidas deben paliarse hasta que el personal autorizado marque las directrices a seguir.

## EL TRANSPORTE DE FUENTES RADIATIVAS

Los materiales radiactivos se transforman bien por vía terrestre, marina o aérea, de conformidad con los reglamentos nacionales e internacionales en rigor. A pesar de reunir la máxima seguridad que se puede tener en consideración, siempre existe un riesgo de que queden expuestas a las radiaciones las personas relacionadas con el transporte.

Como tampoco puede descartarse la posibilidad que escapen al medio ambiente sustancias radiactivas ante un posible accidente.

Con el fin de reducir estos riesgos al mínimo razonablemente posible y poder asegurar al máximo el transporte sin riesgo, se deben tomar las siguientes medidas de seguridad.

- *Limitar la cantidad de material radiactivo en cada bulto, según la capacidad del embalaje para poder resistir las condiciones normales o no normales que se puedan dar durante el transporte.*
- *Limitar la intensidad de radiación en la superficie del bulto y a una distancia de 1 metro de su superficie.*
- *Mantener los bultos separados de las zonas reservadas a los posibles pasajeros.*

Basándose en estas condiciones se han elaborados los reglamentos nacionales e internacionales que rigen el transporte de los materiales radiactivos.

## REQUISITOS RELATIVOS A BULTOS Y EMBALAJES.

Por bulto se entiende el embalaje junto con su contenido radiactivo, tal como se presenta para el transporte. El embalaje es el conjunto de componentes necesarios para asegurar el cumplimiento de las normas relativas al embalaje, contenidas en los reglamentos. Puede consistir en varios recipientes, materiales absorbentes, estructuras de separación, material de blindaje contra las radiaciones y dispositivos de refrigeración, de amortiguamiento de golpes y de aislamiento térmico.

Estos dispositivos pueden incluir el vehículo y el sistema de fijación cuando se considere que éstos forman parte integrante del embalaje, TIPO A Y TIPO B, que deben reunir ciertas condiciones, entre otras resistir los ensayos recomendados. Los embalajes de tipo deben soportar las condiciones normales de transporte, y su idoneidad quedará demostrada si conservan la integridad de un sistema de blindaje y contención en las condiciones normales que se dan durante el transporte.

Los embalajes de Tipo B deben soportar los efectos dañinos de un accidente de transporte, lo que quedará demostrado al conservar la integridad de su sistema de blindaje y contención.

Así pues los límites de actividad admitidos en los embalajes de Tipo B serán superiores a los del Tipo A. Un bulto del Tipo A es un embalaje del Tipo A junto con su contenido radiactivo limitado y no requiere la autorización de las autoridades competentes.

Un bulto Tipo B, es un embalaje Tipo B (U) junto con su contenido radiactivo, que solamente requiere una aprobación unilateral del modelo de bulto.

Un bulto Tipo B (M) es un embalaje del Tipo B junto con su contenido radiactivo, tal como se presenta para el transporte y que requiere la aprobación multilateral del modelo de bulto y de las condiciones de exposición.

Los bultos se clasifican en las, según las intensidades de radiación de su superficie y a 1 metro de cualquier punto de esa superficie, en siguientes categorías:

- Categoría I- Blanca
- Categoría II – Amarilla
- Categoría III – Amarilla

La mayor parte de los emisores alfa y beta puros podrán transportarse en bultos de la *categoría blanca*, resultará económico transportar los emisores gamma en forma de bultos de *categoría Amarillas*. Sino, se necesitan cantidades considerables de blindaje para reducir las intensidades de radiación a los valores correspondientes a los valores de los bultos de *Categoría Blanca*.

Los bultos deben ir debidamente etiquetados, y tanto los límites de actividad, como las características de las etiquetas han de ajustarse al reglamento de transporte radiactivo.

Los bultos que contengan material radiactivo que a la vez sean sustancias *fisionables* han de ajustarse a las disposiciones generales relativas a la seguridad nuclear. Todos los bultos de sustancias *fisionables* se dividen en:

- **Bultos de sustancias fisionables de la clase I:** bultos que no presentan riesgos nucleares sea cual fuere su número y la disposición de la carga, en las circunstancias previsibles del transporte.
- **Bultos de sustancias fisionables de la clase II:** Bultos que en número limitado, no presentan riesgos nucleares sea cual fuere la disposición de la carga, en las circunstancias previsibles del transporte.
- **Bultos de sustancias fisionables de la clase III:** Bultos que no presentan riesgos nucleares, en las circunstancias previsibles del transporte, bien por haberse adoptado precauciones especiales, o bien por haberse impuesto controles administrativos o prácticos especiales al transporte de la expedición.

Si se devuelve vacío un embalaje que haya contenido materiales radiactivos, se quitarán o tacharán las etiquetas indicativas de que ha contenido dichos materiales y se comprobará que el embalaje está exento de contaminación.

### **Características de diseño de los bultos de transporte**

**Fuentes encerradas o materiales radiactivos sólidos.** No plantea ningún problema especial la disposición de un blindaje adecuado contra los emisores alfa y beta blandos, de manera que se tenga la certeza que se cumplen plenamente los requisitos relativos a la intensidad de radiación. En caso de fuentes neutrónicas puede ser necesario emplear moderadores y absorbentes de neutrones y un blindaje especial, cuando proceda, contra la radiación gamma.

**Fuentes en forma líquida:** Generalmente, las fuentes líquidas van contenidas en botellas o frascos de vidrio o de plástico, lo que hace necesario tomar precauciones para que no se rompan y se produzcan escapes durante el transporte. Se emplean unos recipientes externos herméticos, en el que se coloca, centrado, el recipiente de la fuente. El espacio que medie entre este recipiente primario y la pared interior del recipiente secundario se rellena con material absorbente adecuado, que no reaccione con los líquidos radiactivos, pero que sea capaz de absorberlo en su totalidad.

**Embalajes del tipo jaula:** En estos casos además de un blindaje mínimo se recurre a la distancia, es decir, se emplea una jaula estructural similar, con el fin de conseguir que la distancia entre la superficie del bulto y la fuente sea mayor.

Así se consigue disminuir las intensidades de radiación en la superficie del bulto y a 1 metro de ella a valores que quedan dentro de los límites admisibles. La estructura que rodee al blindaje debe tener tal solidez que pueda resistir los rigores del transporte. Si las jaulas, en el transporte, sufren un desperfecto se desplazaría el blindaje interno, lo que podría dar lugar en la superficie del bulto a intensidades de radiación superiores a las admitidas. Para poder lograr un blindaje máximo con un bulto de peso mínimo, el blindaje debe quedar lo más próximo posible a la fuente.

**Limitación de la exposición.** Prescindiendo de los requisitos relativos a los embalajes, los reglamentos de transporte están formulados de manera que nadie, en ninguna circunstancia que se produzcan durante el transporte reciba dosis de radiación superiores a los valores admisibles.

Ninguno de los trabajadores que participa en el transporte o en el almacenamiento quedará expuesto de manera que reciba una dosis de radiación superior a tres décimas partes de las dosis máximas admisibles especificadas en el Reglamento de protección contra las radiaciones ionizantes, salvo si se han tomados disposiciones para la vigilancia médica especial y para la vigilancia radiológica individual requeridas para estos trabajadores.

Durante el transporte los bultos que contengan materiales radiactivos, a excepción de los bultos de Categoría Blanca, han de mantenerse separados de:

- *Lugares habitados*
- *Lugares de trabajo normalmente ocupados*
- *Espacios dentro de los medios de transporte que puedan estar ocupados de un modo continuo por pasajeros*
- *Películas o placas radiográficas sin revelar, de manera que no reciban una exposición acumulada equivalente a más de 10 mrem ( $10_{\mu}Sv$ ).*

Todos los trabajadores que participen en las operaciones de transporte y almacenamiento recibirán las instrucciones necesarias respecto a los riesgos anejos a las mismas y de las precauciones que deben observarse al manipular con bultos que contengan materiales radiactivos.

**Otros riesgos.** Como regla general los materiales radiactivos que posean otras propiedades peligrosas, como las de ser explosivos, inflamables, químicamente tóxicos o corrosivos, se transportarán de conformidad tanto como mercancías peligrosas, como con las aplicaciones de los materiales radiactivos.

**Disposiciones generales en caso de accidente.** En el caso que un bulto que contenga material radiactivo, presente fisuras o escapes o bien sufra las consecuencias de un choque, accidente grave o incendio, se deberá aislar convenientemente la zona afectada y no se permitirá que ninguna persona penetre o permanezca en la zona así aislada hasta la llegada de personal competente que puedan comprobar el riesgo de irradiación y dirigir las operaciones siguientes que proceda realizar, comprendidas las de rescate.

Ahora bien, la presencia de sustancias radiactivas no debe considerarse un impedimento para que proceda a las operaciones de rescate o a combatir el fuego las personas calificadas para ello. Todas las personas que pudieran haber resultado contaminadas con sustancias radiactivas deben ser sometidas a reconocimiento y a las apropiadas medidas de descontaminación.

Todo medio de transporte, edificación lugar o equipo o cualquier parte de los mismos que se hayan contaminado a consecuencia de un accidente ocurrido durante el transporte de materiales radiactivos deberán ser descontaminados por personal especializado a la mayor brevedad posible.

## GAMMAGRAFÍA

La realización de gammagrafías en recintos blindados, facilita en gran manera la adopción de medidas de radioprotección, al disponerse de blindajes eficaces, que no sólo protegen al personal de la instalación, sino al público en general.

Sin embargo, son numerosos los casos en que hay que trabajar en las propias obras, donde la radioprotección, por tratarse de operaciones al aire libre, plantea problemas muy distintos y supone mayores riesgos. En estos casos el operador debe desplazarse, en ocasiones, a largas distancias, lo que implica riesgos adicionales al público en general, ante la necesidad de transportar fuentes radiactivas de actividad elevada.

El transporte de fuentes radiactivas, de radionucleidos y actividades muy variables, se ha incrementado espectacularmente en los últimos años, por lo que se ha visto en la necesidad de establecer más normas legales que permitan el transporte de materiales radiactivos con riesgos mínimos. Dada la necesidad de transportar los contenedores gammagráficos a los emplazamientos requeridos, resulta necesario que el operador conozca la parte de la normativa que requiere su correcta manipulación.

En España, el transporte de materiales radiactivos se encuentra desarrollado en Reglamentos, de los cuales por su mayor aplicación en Gammagrafía, se estudiará en Reglamento de Transportes de Mercancías Peligrosas por Carretera en su apartado 7, publicado en el B.O.E., nº 203, 204 y 205 en agosto de 1.979

A efectos de transporte, las fuentes radiactivas deben ser convenientemente acondicionadas y confinadas en contenedores adecuados, dependiendo su estructura y naturaleza de la forma del material y de su actividad. En el caso presente, la fuentes adoptan la llamada forma especial, para las cuales no existe más limitación de su actividad que la aprobada en cada caso por la autoridad competente.

Las muestras radiactivas para su transporte deben ir dispuestas en embalajes, conjuntos de elementos necesarios para garantizar los requisitos de seguridad radiológica. El conjunto de fuente y embalaje recibe el nombre de bulto.

Los embalajes más habituales se clasifican en dos grandes grupos. El Tipo A, corresponde a embalajes que deben ser capaces de soportar las condiciones de transporte sin mermar de sus características de condición y blindaje, pero en cambio, no se les exige que resistan condiciones de accidentes. Esta última circunstancia hace necesario limitar la actividad máxima que se pueda transportar y que, en el caso del  $^{191}\text{Ir}$  es 20 Ci, por lo que este tipo de embalaje no se usa prácticamente para el transporte de fuentes gammagráficas.

Los embalajes tipo B, en cambio, deben soportar no sólo las condiciones de transporte, sino los efectos de un accidente, conservando las condiciones de su contenido y blindaje. El único límite de actividad transportable en estos embalajes, corresponde al fijado en el certificado de

aprobación correspondiente. Los embalajes usados para el transporte de fuentes gammagráficas son los llamados del Tipo B (U), que sólo requieren la aprobación de la autoridad competente del país de origen.

Los bultos Tipo B deben resistir satisfactoriamente ensayos de penetración, caída libre, temperatura (800°C) e inmersión en agua, sin mermar las características.

Existen contenedores gammagráficos de amplia utilización, con una capacidad de transporte para  $^{192}\text{Ir}$  de hasta 120 Ci.

Las disposiciones legales concernientes a los bultos tipo B (U) se encuentran resumidos en la ficha 9 del TPC. Indicamos los aspectos de mayor interés para el operador, que son:

- La tasa de dosis equivalente medida en contacto con cualquier superficie del contenedor debe ser inferior a 2 mSv/h y menor de 100  $\mu\text{Sv/h}$  a 1 metro de cualquiera de las superficies.
- Los últimos bultos llevarán en la superficie exterior de forma visible y duradera:
  - La mención tipo B (U)
  - La marca de identidad de la autoridad competente
  - La indicación de su peso, si éste es superior a 50 Kg
  - El símbolo del trébol grabado o estampado en la superficie exterior, que debe resistir al fuego y al agua.

Por otra parte, los contenedores de fuentes de gammagrafía deberán llevar, adheridas en dos, caras opuestas del bulto, sendas etiquetas, que según la actividad transportada, corresponden a las categorías I-Blanca, II-Amarilla y III-Amarilla. En todas las etiquetas deberá indicarse el radionucleido transportado, su actividad y el índice de transporte (número que expresa la tasa de dosis equivalente máxima en mrem/h a 1 metro de distancia del bulto). Este último dato no se incluye en la etiqueta I-Blanca.

En relación con la necesidad legal de etiquetado, los bultos que transporten material radiactivo, pertenecen a las siguientes categorías.

**I-Blanca.** Comprenden los bultos que en condiciones usuales de transporte no sobrepasan en ninguna de las superficies una tasa de dosis equivalente a 5  $\mu\text{Sv/h}$ .

**II-Amarilla.** Corresponde a bultos que en cualquiera de las superficies la tasa de dosis equivalente es mayor a 5  $\mu\text{Sv/h}$ , pero inferior a 500  $\mu\text{Sv/h}$ , y además que en el índice de transporte no exceda de 1.

**III- Amarilla.** Incluye los bultos en los que en cualquiera de las superficies la tasa de dosis equivalente supera el valor de 500  $\mu\text{Sv/h}$ , no excediendo de 2  $\mu\text{Sv/h}$  y con índice de transporte que no exceda de 10.

Para contenedores de  $^{192}\text{Ir}$  con fuentes nuevas, la tasa de dosis equivalente excede de 500  $\mu\text{Sv/h}$ , por lo cual el transporte del contenedor sin embalaje requiere etiquetas III-Amarillo. A medida que la fuente decae, disminuye el citado valor, y por debajo de 500  $\mu\text{Sv/h}$  pueden usarse etiquetas

II-Amarilla. Finalmente, los contenedores vacíos que usan uranio empobrecido como blindaje, protegido por una carcasa metálica, tienen la consideración de materiales de baja actividad específica (BAE I) y requieren etiquetas de categoría I-Blanca.

Los operadores de gammagrafía se ven implicados en el transporte de fuentes radiactivas, bien como conductores de los vehículos o como acompañantes. Por esta razón los operadores deben comprobar que se cumplen todas las prescripciones legales requeridas en estas operaciones. Los vehículos y furgonetas destinados a este tipo de transporte deberán llevar etiquetas del tipo descrito, en las dos caras laterales, así como en la parte trasera del vehículo.

Los contenedores gammagráficos convenientemente anclados para impedir desplazamientos durante el transporte y blindado con plomo, para asegurar que ni el conductor ni el ayudante soportan una tasa de dosis equivalente superior a 20  $\mu\text{Sv/h}$ . El embalaje deberá estar convenientemente identificado, así como provisto de dos etiquetas en caras opuestas de la categoría adecuada a la tasa de dosis equivalente e índice de transporte del bulto.

Aunque el Reglamento de Transporte estipula que la tasa de dosis equivalente en cualquier superficie exterior del vehículo, no debe superar 2  $\mu\text{Sv/h}$ , se debe tratar de reducir este valor hasta cotas lo más bajas posibles, afin de prever la posibilidad de recorrer zonas urbanas en las que personas pueden aproximarse al transporte. Esta misión la cumple razonablemente el blindaje del embalaje.

El conductor del vehículo debe poseer una autorización especial otorgada por la Jefatura de Tráfico. Igualmente deberá disponerse en cada transporte de los siguientes documentos:

- Certificado de aprobación del modelo de bulto y material radiactivo en forma especial.
- Notificación previa al C.S.N. para cada expedición
- Carta del Porte

El operador deberá comprobar antes de iniciar cualquier transporte que dispone de todo el utillaje requerido, no sólo para las operaciones normales, sino para situaciones de emergencia, en consonancia con el Plan de Emergencia de su propia instalación.

Desde el punto de vista de una adecuada radioprotección, se deben cumplir fielmente todas las normas de transporte, ya que como la experiencia de evaluación de accidentes ha demostrado, los fallos ocurridos durante el transporte de fuentes son causa frecuente de sobreexposición, no sólo de personal profesionalmente expuesto, sino de miembros del público en general.

## **REGLAMENTO DE TRANSPORTE DE MERCANCIAS PELIGROSAS POR CARRETERA**

Aplicación al transporte de material radiactivo.- Para la discusión de la normativa legal del transporte de materiales radiactivos por carretera, es vigente en España el Reglamento Nacional de Transporte de Mercancías Peligrosas por Carretera (TPC). La normativa se desglosa en normas generales a todos los transportes y normas específicas para cada tipo de mercancía.

## NORMAS GENERALES

**Normas de conducción.** Los conductores de vehículos matriculados en España, a los que se aplica el T.P.C., deberán estar en posesión de una autorización especial para la conducción de estos vehículos, que tendrá un año de validez y será otorgada por la Jefatura de Tráfico en la que se solicite.

### Para la expedición de esta solicitud, se requiere:

- Estar en posesión de un permiso de conducir válido, al menos con un año de antigüedad en su clase.
- Certificado donde se acredite haber realizado, con aprovechamiento, un curso de formación específica sobre el transporte de mercancías peligrosas, y la posible incidencia en la conducción de las características de la carga. Tales cursos se realizarán en las Empresas y Centros que autorice la Dirección General de Tráfico, ajustándose a programas que serán aprobados por orden del Ministerio del Interior, previo informe de los Ministerios de Industria y Energía, Transporte y Comunicaciones, y en el caso de sustancias radiactivas, del Consejo de Seguridad Nuclear.
- Que el solicitante no haya sido sancionado con suspensión o privación del permiso de conducción
- El certificado de aptitud expedido por un Instituto Psicotécnico oficialmente reconocido.

Para revisiones sucesivas del permiso se exigirán las condiciones a, b, y d anteriores.

Los conductores que transporten mercancías peligrosas no deberán ingerir bebidas alcohólicas durante el tiempo de conducción, ni en las seis horas precedentes a un transporte. Los conductores se someterán obligatoriamente de controles de alcoholemia, a juicio de los Agentes de la Autoridad, sin que para ello tenga que mediar incidente o infracción alguna. Se considera que la prueba es positiva, cuando el contenido de alcohol en sangre supera la proporción de 0,5 gramos de alcohol por 1.000 cm<sup>3</sup>.

Los conductores de mercancías peligrosas deberán disfrutar de un descanso diario ininterrumpido de 12 horas, durante el cual no podrán realizar actividad profesional de ninguna clase. La duración máxima total de los tiempos de conducción que podrán realizar, entre dos descansos consecutivos, no excederá de 8 horas diarias, ni sobrepasarán las 48 horas semanales, computándose en su caso tanto el tiempo de servicio en jornada ordinaria, como las horas extraordinarias.

El tiempo de conducción continuada no podrá ser superior a 4 horas, salvo que la utilización de media hora más, permita la llegada al punto de destino o estacionamiento. En otro caso, si la conducción ha de prolongarse más de cuatro horas, deberá procederse a un descanso ininterrumpido de una hora, que podrá ser substituido por dos descansos de 30 minutos a lo largo del recorrido. Durante este periodo de descanso, la única actividad profesional permitida es la vigilancia del vehículo y su carga.

**Limitaciones a la circulación.** En su paso a través de vías urbanas, los vehículos que realicen transportes de productos radiactivos, circularán como máximo a 40 Km/h.

Tales vehículos deberán utilizar autopistas o autovías, si éstas tuviesen itinerarios coincidentes con la ruta prevista, abandonándolas exclusivamente cuando sea indispensable para llegar a su destino.

Cuando por las autoridades competentes se vayan a establecer restricciones para la circulación de vehículos que transporten mercancías peligrosas, se deberá solicitar informe previo de la Comisión Nacional de Seguridad Vial, la cual dictará sobre la procedencia de las medidas, en relación con las adoptadas en otras provincias, y propondrá las modificaciones que estime oportunas, para lograr la imprescindible coordinación interprovincial, en cuanto a la circulación y estacionamiento de vehículos que transporten mercancías peligrosas.

Normas de actuación en caso de accidentes o averías.- En el caso de inmovilización por accidente o avería de un vehículo que transporte productos radiactivos, afecte o no al conductor o su ayudante, se adoptarán inmediatamente las medidas que le exija la ficha de seguridad correspondiente a la clase y cantidad de la mercancía que transporta, además del resto de normativa y en el Reglamento T.P.C., procediendo seguidamente a dar cuenta de la inmovilización a la Autoridad competente, o a su agente más cercano.

**Permisos excepcionales.** La Dirección General de Transportes Terrestres, será el Organismo competente para establecer las normas referentes a la obtención de permisos excepcionales, previo informe de los Ministerios de Industria y Energía, Obras Públicas y Urbanismo y Consejo de Seguridad Nuclear, para todos aquellos transportes que puedan implicar riesgos especiales por razón de la circulación.

Los transportes que deban utilizar tramos de carretera o vías urbanas, cuando estén sometidos a restricciones o prohibiciones de circulación para vehículos que transporten mercancías peligrosas, deberán obtener del órgano que estableció la restricción, previa información de la necesidad, permiso excepcional en el que se determinará calendario, horario, itinerario y, en su caso, la necesidad de acompañamiento.

Contaminación radiactiva transitoria.- La contaminación radiactiva transitoria de mantenerse, en cualquier superficie exterior, a un nivel lo más reducido posible y no debe exceder, en las condiciones de trabajo, de los valores incluidos en la tabla adjunta.

CONTAMINANTE	Valor máximo admisible (Ci/cm <sup>2</sup> )
Uranio natural y empobrecido, torio natural	10 <sup>-3</sup>

Emisores beta y gamma y alfa de baja intensidad	$10^{-4}$
Resto de emisores alfa	$10^{-5}$

Se puede medir la contaminación radiactiva transitoria frotando en seco una superficie de 300 m<sup>2</sup> con papel de filtro, algodón o materia semejante.

**Transporte.** Los bultos serán cargados en los vehículos de manera que no puedan desplazarse peligrosamente, volcarse o caerse.

Los bultos de las categorías **I-Blanca**, **II-Amarilla** y **III-Amarilla** no deberán ser transportados en compartimentos ocupados por viajeros, excepto si éstos son personas especialmente autorizadas para acompañar los bultos.

Los vehículos y los grandes contenedores que transporten bultos radiactivos de categoría **I-Blanca**, **II-Amarilla** o **III-Amarilla**, o cargas completas de materiales radiactivos, llevarán una etiqueta en las dos caras laterales, así como en la parte trasera del vehículo.

**En el caso de cargas completas, la tasa de dosis equivalente no debe exceder de:**

- 200 mrem/h en cualquier punto de la superficie externa del vehículo o gran contenedor, incluidas las superficies superiores e inferiores, o si se trata de un vehículo descubierto, en cualquier punto de los planos verticales que pasan por los bordes exteriores del vehículo, de la superficie superior de carga, y de la superficie exterior inferior del vehículo.
- 10 mrem/h en cualquier punto que diste 2 metros de los planos verticales representados por las superficies exteriores laterales del vehículo, o si éste es descubierto, en cualquier punto que diste a 1 metros de los planos verticales que pasan por los bordes exteriores del vehículo.
- La tasa de dosis equivalente en cualquier lugar del vehículo normalmente ocupado, no debe exceder de 2 mrem/h durante el transporte. En estas condiciones, el transportista deberá asegurarse de que tanto el conductor como el acompañante, recibe menos de 0.5 rem durante un periodo cualquiera de 12 meses.
- En lugar de las disposiciones del apartado 3) anterior, el transportista puede llevar un registro aprobado por la autoridad competente, en el cual figure el tiempo que los acompañantes pasan a bordo de sus vehículos y las tasas dosis equivalente existentes para que, durante un periodo cualquiera de 3 meses, nadie se halle expuesto a más de 375 mrem.

**Descontaminación, escapes y accidentes.-** Si bulto conteniendo materias radiactivas se rompe, presenta escapes, o se halla implicado en un accidente durante el transporte, el vehículo o la zona afectada serán aisladas con el fin de impedir que las personas estén en contacto con estas materias radiactivas, y cuando ello sea posible, serán debidamente señalizados o rodeados de barreras. No se autorizará a nadie la permanencia en zona aislada antes de la llegada de personas expertas, para dirigir los trabajos de manipulación y salvamento. Serán avisados inmediatamente, tanto el remitente como las autoridades competentes.

A pesar de estas disposiciones, la presencia de materias radiactivas no deben considerarse como obstáculo para las operaciones de salvamento de personas, o de lucha contra incendios.

Si se produce escape de materias radiactivas, en forma de dispersión o derrame en un local, terreno, o sobre mercancías o material utilizado para el almacenamiento se recurrirá lo más pronto posible a personas expertas para dirigir los trabajos de descontaminación. El local, terreno o material contaminado no podrá volver a entrar en servicio hasta que su utilización se declare exenta de peligro por las personas expertas.

Todos los vehículos, materiales o parte del material contaminados durante el transporte de materias radiactivas, serán descontaminadas lo más posible por personal experto, y no podrán utilizarse nuevamente hasta que la contaminación transitoria sea inferior a los niveles contenidos en la tabla anterior, y si los vehículos, materiales o componentes han sido declarados, por personal experto, como no peligrosos desde el punto de vista de la radiación residual emitida.

## BIBLIOGRAFÍA

1. **Barnet, M., y otros:** "Symposium on the perfection of the risk of radiation medical risk and the public". Am. Jour. of Roentgenology 140: 598, 1983.
2. **Bok, B., y otros:** "Mutations technologiques et reductions de l'irradiation du malade". Journées de Radiologie 62, nº 11, 581-585, 1980.
3. **Buchet, R., Fouré, C.:** "Comment lutter tous les jours contre l'irradiation abusive en radiodiagnostic". Journées de Radiologie 62, nº 11, 592-594, 1980.
4. **Calzado A, Vaño E, Morán P, Castellote C, Ruiz Sanz S, González L.** Estimation of doses to patient from "complex" conventional X-ray examinations. Br J Radiol 1991; 64: 539-546.
5. **Consejo de Europa.** Directiva 84/466/EURATOM.
6. **Chaney, E.L.; Batchelor, D.A.:** "Analytic formulae for estimation of dose along the central ray of diagnostic X-Ray beams". Med. Phys. 8 (2), Mar/Apr, 225-227, 1981.
7. **Dutreix, A.:** "Dosimetry of high energy photon beams in nonhomogeneous media". pag. 345-365. "Advances in radiation protection and dosimetry in medicine". Ed. R.H. Thomas and V. Pérez Méndez, 1980.
8. **Foukner, K y otros:** "Assesment of the radiation dose receive by staff using fluoroscopy equipament". Radiology, 146: 868, 1983.
9. **Grossmendt, B.:** "Beckscatter factors for X-Ray generated al voltages between 10 and 100 Kv." Phys. Med. Biol., Vol. 29, nº 5, 579-591, 1984.
10. **Heang-Ding Chan and Kumio Doi:** "Radiation dose in diagnostic radiology: Monte Carlo simulation studies." Med. Phys., Vol.2, nº 4, 1984.
11. **ICRP 16:** "Protection of the patient in X-Ray diagnosis." Pergamont Press. Oxford, 1970
12. **Jankowsky, J.:** "Organ doses in diagnostic X-Ray procedures." Health Physics. Vol. 46, nº 1, 228-234, 1984.
13. Legislación Española. Real Decreto 1891/1991.
14. Legislación Española. Real Decreto 53/92
15. Legislación Española Real Decreto 2071/1995
16. **Mazzaferro y cols.:** "The incidence and causes reapeated radiographic examinations in a community hospital." Radiology, 120, 227-229, 1976.
17. **Piera Pellicer J.A.,** Protección Radiológica en Medicina. Valencia. 1988
18. **Piera Pellicer J.A.** Contactoterapia. Clasificación y Legislación. Congreso Nacional de Dermatología. Libro de Actas, 1990
19. **Piera Pellicer J.A.** Protección Radiológica en Radiología Básica. Congreso Nacional de Médicos Titulares. Libro de Actas, 1994
20. **Piera Pellicer J.A.,** A New Radiolological Imaging Technique Employing a Fluoroscopic Systema. Research In Surgery.133-136. 1994
21. **Piera Pellicer J.A.,** Visiografo Experimental. Policia Científica. 107 Policia. 51-53.1995
22. **Shrimpton PC, Wall BF, Jones DG, Fisher ES, Hillier MC, Kendall GM.** A national survey of doses to patients undergoing a selection of routine X-ray examinations in english hospitals. NRPB Report 1988