

**ANNEX 4. SUBSTÀNCIES**  
**RADIOACTIVES.**

# ÍNDEX

1.	Introducció .....	3
2.	Definicions .....	3
3.	Determinació d'A <sub>1</sub> i A <sub>2</sub> .....	7
4.	Tipus d'embalums .....	8
4.1.	Embalums exceptuats.....	10
4.2.	Embalums industrials .....	10
4.3.	Embalums tipus A .....	11
4.4.	Embalums tipus B .....	12
4.5.	Embalums de tipus C .....	12
4.6.	Embalums que contenen material físsil .....	13
4.7.	Embalums que contenen hexafluorur d'urani (UF <sub>6</sub> ) .....	14
5.	Senyalització d'embalums.....	14
5.1.	Marcatge embalums.....	15
5.2.	Etiquetatge d'embalums. ....	16
6.	Senyalització de vehicles.....	18
7.	Distàncies de seguretat i primeres actuacions .....	18
8.	Fitxes d'intervenció .....	20

## 1. Introducció

Les matèries radioactives es classifiquen, d'acord amb la normativa vigent de transport de MMPP, dins la classe 7.

El transport de substàncies radioactives està sotmès a un exhaustiu control i una severa normativa, tant a nivell nacional com internacional.

Totes les normatives relatives als diferents modes de transport (ADR, RID, IMDG, IATA) basen els requisits aplicables a les matèries radioactives en el Reglament per al transport segur de material radioactiu de l'OIEA, anomenat TS-R-1, la darrera versió del qual ha estat publicada al 2009.

Tot i l'elevat nivell d'exigència de la normativa relativa al transport de MMPP de classe 7, el seu desconeixement per part de la majoria de la població fa que els incidents i accidents que involucren aquest tipus de mercaderies generin una elevada percepció del risc. Fins i tot, molt superior al cas d'altres MMPP el risc real de les quals és superior al radiològic.

Els materials radioactius s'utilitzen, principalment, com a combustibles nuclears en centrals nuclears per a la generació d'energia elèctrica i en instal·lacions radioactives.

Els radioisòtops són emprats en diferents camps:

- ⇒ Medicina: aplicació en tractaments de diferents malalties i en tècniques de diagnòstic.
- ⇒ Indústria: aplicació en sensors en detectors de fum, detecció de fissures en estructures mitjançant radiografia industrial o prospecció de petroli, etc.
- ⇒ Investigació.

Així doncs, el transport de materials radioactius es desenvolupa en dos grans grups: els transports relacionats amb el cicle de combustible nuclear i els transports relacionats amb la utilització de radioisòtops en els camps de la medicina, indústria i/o investigació. Com a dada estadística, cal dir que el transport relacionat amb el cicle de combustible nuclear suposa, tan sols, un 5% del transport d'embalums radioactius de la Unió Europea.

I, en el seu conjunt, el transport de MMPP de la classe 7 suposa un 2% del total d'expedicions de MMPP de la Unió Europea.

## 2. Definicions

### **Activitat.**

L'activitat A d'una font radioactiva és el nombre de desintegracions que tenen lloc per unitat de temps. La unitat de mesura, en el sistema internacional (SI), és el becquerel.

1 Bq = 1 desintegració/segon.

Un altra unitat de mesura que s'utilitza, tot i que està desaconsellat el seu ús, és el Curie. La relació és  $1 \text{ Ci} = 37 \times 10^9 \text{ Bq} = 37 \text{ GBq}$ .

### **Activitat específica d'un radionúclid.**

Activitat radioactiva per unitat de massa del material radioactiu emissor. La seva unitat de mesura, en el SI, és Bq/kg.

### **Activitat específica d'una matèria radioactiva.**

Activitat per unitat de massa de la matèria en la qual estan uniformement repartits els radionúclids.

### **Contaminació radioactiva.**

La contaminació radioactiva és el resultat de la presència no desitjada de substàncies radioactives en un material, superfície, medi qualsevol o persones, procedent del material radioactiu alliberat en un accident.

La contaminació en persones pot ser:

- Externa o cutània, quan s'ha dipositat a la superfície exterior del cos.
- Interna quan penetra a l'organisme per qualsevol via d'incorporació: inhalació, ingestió o absorció.

### **Dosi absorbida.**

La dosi absorbida, D, és la quantitat d'energia rebuda de la radiació ionitzant per part de la matèria per la qual es difon, per unitat de massa. La unitat de mesura, en el SI, és el gray.  $1\text{Gy} = 1\text{ J/kg}$

### **Dosi equivalent.**

A l'hora de quantificar el dany produït per una radiació a un òrgan o teixit biològic, cal tenir en compte que aquest dany no només depèn de la quantitat de radiació rebuda sinó també del tipus de radiació que es rep.

Per tal d'introduir el factor que fa referència al tipus específic de radiació absorbida, es defineix la dosi equivalent, que obeeix a la següent fórmula:

Per a un determinat òrgan o teixit T i un tipus concret de radiació R,

$$H_{\text{TR}} = w_{\text{R}} * D_{\text{TR}}$$

On  $D_{\text{TR}}$  és la dosi absorbida per l'òrgan o teixit T de la radiació R

Els valors de  $w_{\text{R}}$  són:

<b>Tipus de radiació</b>	<b><math>w_{\text{R}}</math></b>
Radiació gamma	1
Radiació beta	1
Neutrons amb energia menor que 10 KeV	5
Neutrons amb energia entre 10 i 100 KeV	10
Neutrons amb energia entre 100KeV i 2 MeV	20
Neutrons amb energia entre 2MeV i 20 MeV	10
Neutrons amb energia major que 20MeV	5
Protons (no de retrocés) amb energia més major que 2MeV	5
Radiació alfa, fragments de fissió i nuclis pesats	20

Així doncs, una mateixa dosi rebuda de radiació en un òrgan o teixit, té pitjors efectes si es tracta de radiació alfa que si es tracta de radiació gamma o beta.

Per tal de no confondre la dosi absorbida amb la dosi equivalent, les unitats en el sistema internacional són diferents. En el cas de la dosi equivalent, la unitat de mesura és el siervert.  $1\text{ Sv} = 1\text{ J/kg}$ . (el coeficient  $w_{\text{R}}$  és adimensional)

En el cas que la font radioactiva emeti més d'un tipus de radiació, cal calcular la dosi equivalent com la suma de les contribucions de les diferents classes de radiació.

$$H_T = \sum_R H_{TR} = \sum_R w_R * D_{TR}$$

### **Dosi efectiva**

El dany que causa una radiació ionitzant sobre un òrgan o teixit biològic depèn en gran mesura de la susceptibilitat d'aquest òrgan o teixit enfront del dany. Així per introduir aquest factor en el concepte de dosi, es defineix la dosi efectiva, E, que es calcula com la mitja ponderada de les dosis equivalents rebudes pels diferents òrgans o teixits.

$$E = \sum_T w_T * H_T$$

La unitat de mesura, en el SI, per a la dosi efectiva és també sievert, igual que per a la dosi equivalent. (el coeficient  $w_T$  és adimensional)

Els valors de  $w_T$  per a cada part del cos són els que es mostren a la taula següent.

<b>Òrgan o teixit</b>	<b><math>w_T</math></b>
Gònades	0.20
Moll de l'os (vermell)	0.12
Còlon	0.12
Pulmó	0.12
Estómac	0.12
Bufeta	0.05
Pit	0.05
Fetge	0.05
Esòfag	0.05
Tiroides	0.05
Pell	0.01
Superfície òssia	0.01
Resta de l'organisme	0.05
SUMA	1.00

### **Dosi compromesa**

S'afegeix l'adjectiu "compromesa" per qualificar la dosi quan aquesta és causada per contaminació radioactiva interna, és a dir que un òrgan o teixit incorpora substàncies radioactives per ingestió, inhalació i/o absorció. Aleshores, la dosi equivalent compromesa es calcula tenint en compte el temps que la substància radioactiva roman en el cos. Per tant, si  $t_0$  és l'instant de temps en què té lloc l'absorció i  $\tau$  és l'interval de temps que la substància radioactiva roman en el cos, la dosi equivalent compromesa és la dosi equivalent  $H_T(\tau)$  total rebuda entre  $t_0$  i  $t_0 + \tau$ . Per norma general  $\tau$  pren el valor de 50 anys per a adults i treballadors i fins a 70 anys per a incorporacions en nens. La unitat de mesura és el sievert.

De la mateixa manera, l'adjectiu compromesa es pot aplicar a la dosi efectiva i, en aquest cas, parlarem de dosi efectiva compromesa.

**Materials radioactius:**

És qualsevol material que contingui substàncies que emeten radiacions ionitzants en les quals, tant la concentració de l'activitat com l'activitat total de la remesa, sobrepassin el nivell d'exempció establert per la normativa vigent.

**Embalatge.**

Conjunt de tots els components necessaris per allotjar el contingut radioactiu: envàs, substàncies absorbents, material de blindatge, mecanismes esmorteïdors, dispositius de refrigeració, etc. L'embalatge pot consistir en una caixa, bidó o recipient similar, o també pot ser un contenidor, cisterna, etc.

**Embalum.**

És el conjunt final preparat per a l'expedició, format per l'embalatge i el contingut.

**Sobreenvàs.**

Recipient utilitzat per un únic remitent per introduir en una sola unitat de manipulació una remesa d'un o més embalums per tal de facilitar la manipulació i estiba durant el transport.

**Us exclusiu.**

Modalitat de transport que exigeix la utilització exclusiva per part d'un únic remitent d'un mitjà de transport

**Materials de baixa activitat específica (BAE).**

Són materials radioactius que per la seva naturalesa tenen una baixa activitat específica per unitat de massa.

**Matèria radioactiva de baixa dispersió.**

Material radioactiu sòlid, o material radioactiu sòlid en una càpsula segellada, amb dispersió limitada i que no es trobi en forma de pols.

**Matèria radioactiva en forma especial.**

Matèria radioactiva sòlida no susceptible de dispersió, o bé una capsula segellada que contingui un material radioactiu.

**Substància físsil.**

Tota substància que contingui qualsevol dels núclids físsils, que són l'urani 233, l'urani 235, el plutoni 239 i el plutoni 241. S'exclouen d'aquesta definició l'urani natural o l'urani empobrit no irradiats i també l'urani natural o l'urani empobrit que hagin estat irradiats tan sols en reactors tèrmics.

### 3. Determinació d' $A_1$ i $A_2$

Els valors d' $A_1$  i  $A_2$  marquen els límits de contingut radioactiu que es pot transportar en un embalum de tipus A. Per a altres tipus d'embalums, exceptuats o industrials, la normativa també imposa limitacions que utilitzen com a valor de base  $A_1$  o  $A_2$ . (per ex. x vegades  $A_1$  o  $A_2$ )

Cal dir que aquests valors són diferents per a cada radionúclid, ja que la mateixa activitat de diferents radionúclids pot implicar diferents conseqüències. Per tant, a l'ADR es poden trobar aquests valors per a diferents elements, així com la fórmula per calcular aquests valors en cas de mescles.

Els límits d'activitat,  $A_1$  i  $A_2$ , es calculen en base a les possibles conseqüències radiològiques que es consideren acceptables, d'acord amb els principis de protecció radiològica, en cas que es trenqui l'embalum a causa d'un accident.

- $A_1$ : límit del contingut en embalums de tipus A quan es tracta de materials radioactius en forma especial.
- $A_2$ : límit del contingut en embalums de tipus A quan es tracta de materials radioactius en altres formes.

En cas de material radioactiu en forma especial, la normativa limita el contingut dels embalums de tipus A només en funció del risc d'irradiació externa, ja que es considera que en cas d'accident no hi haurà dispersió.

En cas de material no qualificat com material radioactiu en forma especial, la normativa limita el contingut dels embalums de tipus A tenint en compte tant el risc d'irradiació externa com el risc per incorporació, ja sigui per inhalació, ingestió o absorció dèrmica.

Els límits  $A_1$  i  $A_2$  establerts limiten el perill immediat al voltant de l'embalum en cas d'alliberament de material radioactiu o de pèrdua de blindatge en un accident. Aquests límits són tals que, una persona sense protecció que es trobi a 1 metre de l'embalum malmès per menys de 30 minuts, no estarà exposada a una dosi superior a 50 mSv. Aquesta dosi de 50 mSv es considera acceptable sota condicions accidentals tant per a treballadors com per a membres del públic.

#### **Els valors $A_1$ i $A_2$ es deriven del desenvolupament del "Sistema Q".**

El sistema Q considera cinc escenaris potencials en funció de les diferents vies d'exposició, cadascuna de les quals podria originar una exposició a la radiació, externa o interna, de les persones situades a les immediacions d'un embalum de tipus A que ha sofert un dany greu durant el transport, i estipula quins són els límits de dosi per assegurar que les conseqüències radiològiques siguin acceptables.

#### **Criteris radiològics.**

- a) La dosi efectiva o la dosi efectiva compromesa que rebrà una persona a les proximitats d'un embalum que ha patit un accident no ha de superar la dosi de referència de 50 mSv
- b) La dosi equivalent o la dosi equivalent compromesa rebuda per a cadascun dels òrgans, exclosa la pell, d'una persona afectada per l'accident no ha de superar el valor de 0.5 Sv i o, en el cas del cristal·lí, el valor de 0,15 Sv.

## Escenaris de les diferents vies d'exposició.

Irradiació externa deguda a emissors de radiació gamma i X



Irradiació externa deguda a emissors beta

Irradiació interna, per inhalació



Contaminació de la pell i ingestió



Immersió en núvol de radioisòtops gasosos.

Per a cada escenari, mitjançant models dosimètrics específics, es determinen per a cada radionúclid els valors corresponents a  $Q_A$ ,  $Q_B$ ,  $Q_C$ ,  $Q_D$  i  $Q_E$ , que en termes d'activitat correspon al contingut de l'embalum.

- $A_1$  = és el menor dels valors entre  $Q_A$  i  $Q_B$ . (materials radioactius en forma especial)
- $A_2$  = és el menor dels valors entre  $A_1$ ,  $Q_C$ ,  $Q_D$  i  $Q_E$  (materials radioactius que no estiguin en forma especial)

## 4. Tipus d'embalums

La normativa per al transport segur de materials radioactius es basa en el principi que la seguretat depèn principalment de la resistència de l'embalatge, el qual ha de proporcionar una elevada protecció a les persones i al medi ambient contra els efectes de la radiació i contaminació, així com disminuir el risc de reacció en cadena.

Aquesta protecció s'aconsegueix mitjançant:

- la contenció del contingut radioactiu.
- el control de la intensitat de la radiació exterior.
- la prevenció de la criticitat (si el material radioactiu és substància físsil).
- la prevenció dels danys causats per la calor (generada pel contingut radioactiu).

Existeixen diferents tipus d'embalums per dur a terme el transport de matèries radioactives. La classificació dels diferents embalums obeeix a diferents paràmetres



com ara la quantitat de material, l'activitat radioactiva o la forma física en què es transporta.

Les autoritats competents en seguretat nuclear i protecció radiològica dirigeixen la seva atenció al control de riscos per tal de minimitzar els accidents i les seves conseqüències. Aquesta tasca implica la imposició de requisits especials de disseny, manipulació, marcatge i etiquetatge dels embalums i controls de la seva garantia de qualitat.

Així mateix, la normativa té per objectiu la protecció laboral davant de dosis reals a conseqüència del tragí normal i continuat de materials radioactius.

D'una banda, per tal de protegir tant els treballadors les com persones del públic en front de l'exposició continuada a materials radioactius, la normativa estipula limitacions a les taxes de dosi a l'entorn dels embalums i la contaminació màxima permesa a la seva superfície externa. Aquest tipus de requisits són independents de la resistència de l'embalum i del possible contingut radioactiu. La normativa també imposa restriccions de segregació de les matèries radioactives respecte d'altres matèries perilloses i respecte de les persones.

D'altra banda, de cara a la protecció contra les conseqüències radiològiques de possibles accidents, la normativa estipula diferents tipus d'embalatges que juntament amb el contingut radioactiu seran classificats dins del tipus d'embalum corresponent.

Existeixen **vuit tipus d'embalums**:

- Embalum exceptuat
- Embalum industrial:
  - IP-1
  - IP-2
  - IP-3
- Embalum tipus A
- Embalum tipus B
  - B(U)
  - B(M)
- Embalum tipus C

Aquesta és una classificació que té en compte la integritat de l'embalum en relació amb el perill potencial que comporta el seu contingut i també en relació a les diferents condicions del transport que pot suportar sense malmetre's, les quals es classifiquen en tres nivells generals de gravetat:

- a) Condicions de transport rutinàries (lliure d'incidents)
- b) Condicions normals de transport (petits incidents)
- c) Condicions accidentals de transport.

Un dels factors principals per classificar un embalum és el contingut a transportar. Per exemple quan la quantitat a transportar supera el límit permès per a un embalum de tipus A, caldrà utilitzar un embalum de tipus B, el qual és més resistent. D'altra banda, quan el contingut és una petita fracció del límit permès per un embalum de tipus A, no es requereix cap mesura especial, és el cas dels embalums exceptuats.

També es pot donar el cas d'embalums en els quals el contingut radioactiu en sí mateix ja dóna un cert grau de protecció, s'anomena seguretat intrínseca, i això permet l'ús d'embalums amb una resistència relativament baixa.

Aquest és el cas dels embalums industrials de tipus 1, 2 o 3, que s'utilitzen per transportar materials de baixa activitat específica (BAE) o objectes contaminats superficialment (OCS).

Les proves i assajos que han de superar cada tipus d'embalum venen marcades per la normativa, així com els límits de contingut per a cada radionúclid ( $A_1$  i  $A_2$ ).

#### **4.1. Embalums exceptuats.**

Els embalums exceptuats són aquells en què el contingut radioactiu permès és tant baix que els perills potencials són insignificants i, per tant, no requereixen de proves, en allò que es refereix a la contenció i integritat hermètica (solen ser caixes de cartró). D'acord amb l'ADR, un embalum que contingui material radioactiu pot ser classificat com a exceptuat sempre que el contingut radioactiu no superi les quantitats limitades que marca la normativa i el nivell de radiació en qualsevol punt de la seva superfície externa no passi de  $5 \mu\text{Sv/h}$ .

A l'ADR trobem quins embalums poden ser classificats com exceptuats:

- a) Embalatges buits que han contingut materials radioactius.
- b) Embalums que continguin instruments o articles que respecten els límits d'activitat especificats de la normativa.
- c) Embalums que continguin articles manufacturats a partir de l'urani natural, l'urani empobrit o el tori natural.
- d) Embalums que continguin materials radioactius en quantitats limitades tal com especifica la normativa.

#### **4.2. Embalums industrials**

Els embalums industrials s'utilitzen per transportar dos tipus concrets de materials radioactius:

- Materials de baixa activitat específica (BAE) o també coneguts com LSA (low specific activity). Són materials amb baixa activitat radioactiva per unitat de massa. Es divideixen en tres grups:
  - BAE-I: principalment minerals d'urani i tori.
  - BAE-II: líquids, resines, fangs amb activitat radioactiva que no sobrepassi els nivells especificats a la normativa.
  - BAE-III: sòlids amb baixa solubilitat (amb exclusió de pols), matèries radioactives distribuïdes uniformement en el volum del sòlid.
- Objectes contaminats superficialment (OCS) o també coneguts com SCO (surface contaminated objects). Són objectes que no són pròpiament radioactius però que tenen materials radioactius sobre la seva superfície, contaminació superficial. Es divideixen en dos grups en ordre creixent de contaminació: OCS-I, OCS-II. Per exemple, les maquinàries del Cicle de Combustible o les parts dels reactors nuclears, les parets de les quals han estat contaminades per fluids refrigerants o aigua processada, poden ser considerats OCS.

Tot i que aquest tipus de materials radioactius, BAE i OCS, són intrínsecament segurs, bé sigui perquè tenen una baixa activitat radioactiva o perquè no són de fàcil dispersió, la quantitat de matèries BAE o OCS en un sol embalum de tipus IP-1, IP-2 o IP-3 ha de limitar-se de manera que la intensitat de radiació externa a 3 m del material, objecte o col·lecció d'objectes sense blindar no excedeixi de 10 mSv/h.

Els embalums industrials es subdivideixen en tres categories: IP-1, IP-2 i IP-3, les quals difereixen principalment en les condicions de transport que han de poder suportar. Els embalums de tipus IP-2 han de superar els assajos per a caiguda lliure i apilament, mentre que els embalums de tipus IP-3 han de superar els assajos per a condicions normals de transport, és a dir, aspersió amb aigua, caiguda lliure, apilament i penetració, sense que es malmeti la seva seguretat.

La següent taula mostra quin tipus d'embalatge industrial cal utilitzar per a les matèries BAE i OCS.

Contingut radioactiu		Tipus d'embalum industrial	
		Ús exclusiu	Ús no exclusiu
OCS – I		IP – 1	IP – 1
OCS - II		IP – 2	IP – 2
BAE – I	Sòlid	IP – 1	IP – 1
	Líquid	IP – 1	IP – 2
BAE – II	Sòlid	IP – 2	IP – 2
	Líquid o gas	IP – 2	IP – 3
BAE – III		IP – 2	IP – 3

Sota determinades condicions les matèries BAE – I i OCS – I poden ser transportades sense embalatge. Un exemple són els transport de mineral d'urani o tori que poden ser transportats sense sacs ni caixes en vagons de tren o vehicles tancats.

Així mateix, les cisternes que compleixen determinades condicions fixades a la normativa poden ser considerades com embalatges industrials de tipus IP-2 o IP-3 per transportar materials BAE – II i BAE – III en forma líquida o gasosa. En el cas de contenidors, a més, cal que el contingut radioactiu es limiti a materials sòlids.

### 4.3. Embalums tipus A

Els embalums de tipus A es dissenyen amb l'objectiu que puguin suportar les condicions normals del transport, per aquest motiu es sotmeten als assajos de caiguda lliure, apilament i penetració, cadascun precedit d'un assaig d'aspersió amb aigua.

El compliment dels criteris implica que l'embalum no ha de presentar pèrdua o dispersió del contingut radioactiu (avaluació del comportament de contenció), ni tampoc una disminució del blindatge que suposi un augment superior al 20% del nivell de radiació en qualsevol punt de la superfície exterior de l'embalum (avaluació del comportament del blindatge).

El contingut de material radioactiu que es pot transportar en un embalum tipus A ve determinat per la normativa, la qual determina dos valors:  $A_1$  i  $A_2$  depenent de si es tracta de matèria radioactiva en forma especial o no, la qual cosa indica la capacitat de dispersió. Tal com s'esmenta a les definicions, la matèria radioactiva en forma especial és la que és sòlida i no susceptible de dispersió o bé es troba dins d'una capsula segellada.

A més, els valors  $A_1$  i  $A_2$  estan fixats per als diferents radionúclids perquè per a iguals activitats de diferents radionúclids les conseqüències que se'n deriven poden ser diferents.

Els embalums de tipus A sovint s'utilitzen per transportar material radioactiu per a la indústria o la medicina, per exemple: equips de mesura de densitat i humitat del terra, radiofàrmacs, etc.

Solen ser embalums de cartró o fusta que a l'interior porten algun tipus de recipient de vidre, plàstic o metall, i que a més, solen portar algun tipus de blindatge. En cas que el material radioactiu sigui líquid també han de portar material absorbent amb capacitat d'absorbir el doble del volum transportat en cas de trencament de l'envàs primari.

#### **4.4. Embalums tipus B**

Quan el contingut radioactiu que s'ha transportar excedeix el límit permès per a un embalum del tipus A, és necessari l'ús d'embalums del tipus B(U) o del tipus B(M), els quals són més resistents i per als quals el límit de contingut a transportar per carretera i ferrocarril no està definit a la normativa, sinó que és una característica del disseny de l'embalum, que ha de ser aprovat per l'Autoritat Competent.

- Embalums de tipus B(U), unilateral. Requereix l'aprovació de disseny per part de l'autoritat competent a l'estat d'origen.
- Embalums de tipus B(M), multilateral. Requereix l'aprovació de disseny per part de l'autoritat competent a l'estat d'origen i als estats de pas.

El pes i la mida d'un embalum de tipus B és força variable, pot anar d'embalums de mida petita i pes d'uns pocs quilograms fins embalums de grans dimensions i pes de fins a 100 tones, per exemple transports de fuel irradiat d'una central nuclear.

Els embalums de tipus B estan dissenyats per suportar condicions d'accident en el transport. Després de sotmetre'ls als assajos que simulen les condicions d'accident (proves de tipus mecànic, tèrmic i d'immersió en aigua), aquests embalums han de ser capaços d'assegurar que la radiació a 1 m de la superfície exterior no superarà el límit de 10 mSv/h (avaluació del comportament del blindatge) i la pèrdua de contingut radioactiu acumulada en una setmana haurà de ser inferior a  $A_2$  (avaluació del comportament de contenció)

#### **4.5. Embalums de tipus C**

Els embalums de tipus C estan pensats per transportar elevades quantitats de material radioactiu per via aèria. El disseny d'un embalum de tipus C ha de limitar les possibles fuites de materials radioactius a nivell acceptables si l'embalum es veu involucrat en

un accident aeri greu. Els límits de contingut per a embalums de tipus C estan especificats en el seu certificat d'aprovació.

El grau de resistència d'aquests embalums és el més elevat, les proves i assajos que han de superar són encara més severes que les proves per als embalums de tipus B.

#### **4.6. Embalums que contenen material físsil**

La fissió nuclear consisteix en la divisió del nucli atòmic en dos nuclis atòmic més petits. Si el nucli fissionat és prou pesat (urani, plutoni, etc) la reacció allibera energia.

Es pot induir la fissió nuclear d'un nucli pesat bombardejant-lo amb un neutró. Els productes de la fissió nuclear poden incloure, a més de nuclis més petits, un o més neutrons. Aquests neutrons, que provenen de la fissió d'un nucli, poden xocar contra altres nuclis pesats i provocar la seva fissió, que a la vegada allibera més neutrons, que fissionen més nuclis i així successivament. Es genera d'aquesta manera una reacció en cadena amb l'alliberament de grans quantitats d'energia.

Els radionúclids que són capaços de donar la fissió en cadena són els que anomenem físsils.

Cal remarcar que hi ha molts radionúclids que són susceptibles d'experimentar una reacció de fissió i alhora poden no ser catalogats de físsils degut a la seva impossibilitat de mantenir la reacció en cadena.

Quan es donen les condicions necessàries i la reacció de fissió entra en cadena, es diu que s'ha assolit la criticitat. Aquestes condicions depenen, entre d'altres factors, de la massa de material físsil, la geometria i la presència de moderadors.

La normativa de transport fixa limitacions en relació a aquests aspectes per tal de mantenir les condicions de subcriticitat.

Tot i que el material físsil es pot transportar en embalums industrials, embalums de tipus A, de tipus B i de tipus C, aquests han de complir amb uns requeriments addicionals relatius a aquest tipus de material:

- Es limita la quantitat i la configuració geomètrica del material físsil.
- S'imposen condicions estrictes de disseny de l'embalum per garantir la seguretat respecte a la criticitat en condicions d'accident.
- Es controlen la quantitat d'embalums que es poden transportar en una sola remesa que poden ser emmagatzemats junts.

Es requereix l'aprovació multilateral de tots els dissenys d'embalums per a substàncies físsils.

La quantitat de material físsil d'un embalum ve especificada en el certificat d'aprovació i és important que la substància físsil continguda en l'embalum compleixi amb la descripció del contingut aprovat per aquest embalum, ja que la seguretat en relació a la criticitat depèn de la quantitat, forma, tipus i configuració de les substàncies físsils, així com de la presència de qualsevol altra substància no físsil.

Un exemple de transport de material físsil és el que té lloc entre les fàbriques on es produeix el combustible nuclear i la pròpia central nuclear on es consumeix aquest combustible.

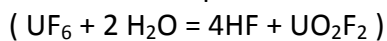
#### **4.7. Embalums que contenen hexafluorur d'urani (UF<sub>6</sub>)**

Moltes vegades, en el transport de matèries radioactives, el risc radiològic no és l'únic que cal considerar. Hi ha substàncies que també presenten perills de tipus químic que cal tenir en compte, substàncies amb característiques corrosives, oxidants, etc. O que, fins i tot, si hi ha pèrdua del contingut, poden reaccionar amb el medi ambient (aire, aigua) i generar substàncies perilloses.

De fet, en alguns casos els perills químics poden ser més importants que els perills radiològics.

Aquest és el cas de l'hexafluorur d'urani, que degut a la seva elevada reactivitat química, cal transportar-lo en embalums especials previstos per la normativa.

L'UF<sub>6</sub> en condicions normals es troba en estat sòlid, però la seva elevada tendència a reaccionar amb l'aigua, fa que només amb la humitat de l'aire pugui donar lloc a la formació de vapors corrosius i tòxics.



Si a causa d'un accident, es produeix un escalfament continuat de l'embalum que transporta hexafluorur d'urani, aquest podria donar lloc a una explosió a causa de la sobrepressió causada per l'hexafluorur d'urani que passa d'estat sòlid a gas. Per aquest motiu la normativa fixa uns límits d'emplenat molt estrictes.

L'UF<sub>6</sub> pot ser físsil en cas que l'urani sigui enriquit o no físsil en cas contrari.

## **5. Senyalització d'embalums.**

En aquest apartat es descriuen les marques i etiquetes que han de portar els embalums per als diferents tipus de materials radioactius. No obstant això, cal no oblidar que, si a banda del risc radioactiu, les substàncies transportades poden presentar qualsevol altre tipus de perill conforme a les normatives de transport de MMPP (toxicitat, inflamabilitat, etc), l'embalum portarà addicionalment les etiquetes que li correspongui dur.

L'etiquetatge de les substàncies i MMPP és un aspecte molt important perquè permet donar una visió ràpida de quins són els perills potencials que afecten a treballadors i usuaris que manipulen aquests tipus de productes.

Abans d'explicar els tipus d'etiquetes que existeixen i les diferents categories d'embalums (que cal no confondre amb els diferents tipus d'embalums descrits anteriorment. Veure punt 4), cal introduir dos conceptes bàsics, que són l'índex de transport (IT) i l'índex de seguretat de la criticitat (ISC)

**Índex de transport:** és el nivell de radiació a 1 metre de distància de l'embalum, expressat en mSv/h i multiplicat per 100. Aquest valor s'arrodoneix a la primera xifra decimal superior. Es pot considerar que l'índex de transport és zero quan no és major que 0.05

L'IT és un índex únicament destinat a la seguretat radiològica, per tal de controlar l'exposició a les radiacions per l'acumulació d'embalums durant el transport. És útil per establir mesures de protecció radiològica com la segregació, acumulació a l'estiba i càrrega màxima per vehicle.

**Índex de seguretat de criticitat:** és un valor que s'utilitza per controlar l'acumulació d'embalums que continguin material físsil.

L'acumulació d'una quantitat excessiva de material físsil podria provocar que s'iniciés la reacció de fissió en cadena de forma espontània, cosa que provocaria l'alliberament de radiació neutrònica, calor i possiblement la destrucció de l'embalum.

El càlcul de l'ISC no és trivial, té en compte la quantitat de material físsil i la seva geometria. Dues normes ens donen una idea de les precaucions que cal prendre:

- Qualsevol embalum o grup d'embalums amb un ISC > 50 s'ha de transportar en ús exclusiu.
- Quan la suma total de l'ISC en un vehicle o contenidor supera el valor de 50, la suma d'ISC de cada grup ha de ser menor que 50 i cada grup ha d'estar separat per una distància mínima de 6 m. respecte d'altres grups que continguin matèries físsils o d'altres vehicles amb matèries radioactives.

### 5.1. **Marcatge embalums.**

Cada embalum portarà a la seva superfície externa:

- El nom de l'expedidor o del destinatari o d'ambdós.
- El número ONU precedit de les lletres "UN" i el nom que correspon a la descripció de la matèria. (el nom de la matèria no és necessari en cas d'embalums exceptuats)
- El pes brut admissible de l'embalum, només en cas que la massa bruta sobrepassi els 50 kg.
- El tipus d'embalums: IP-1, IP-2, IP-3, tipus A, tipus B(U), tipus B(M) o tipus C. (per a embalums exceptuats no cal aquest requisit)
- Per a embalums IP-2, IP-3 i del tipus A, cal indicar el codi del país (VRI)<sup>1</sup> assignat al país d'origen del disseny i identificació del fabricant (o altra identificació de l'embalum especificada per l'autoritat competent del país d'origen del disseny)
- En cas que l'embalum hagi estat aprovat per l'autoritat competent, la marca d'identificació atribuïda a aquest model per l'autoritat competent i el número de sèrie únic per a cada embalum.
- En cas d'embalums de tipus B(U), B(M) i tipus C, el símbol del trèvol de tres fulles que indica la presència de radioactivitat gravat de manera que sigui resistent a l'aigua i al foc.
- En els transports de materials BAE-I o OCS-I sense embalar i sota ús exclusiu, podran portar la menció RADIOACTIVE LSA-I o RADIOACTIVE SCO-I, segons el cas.
- En el cas de transport internacional d'embalums que requereixin l'aprovació del disseny o expedició per part de l'autoritat competent, i pels quals siguin

---

<sup>1</sup> El VRI (Vehicle Registration Identification) és el codi internacional d'identificació de vehicles. Exemples: E Espanya, F França, D Alemanya, CH Suïssa, GB Gran Bretanya...

aplicables diferents tipus d'aprovació en els diferents països interessats en l'expedició, el marcatge es farà de conformitat amb el certificat del país d'origen del disseny.

## 5.2. **Etiquetatge d'embalums.**

Existeixen tres categories d'embalums i cadascuna d'elles és identificada amb una etiqueta determinada.

Les categories són, de menor a major nivell de radiació:

1. Blanca – I
2. Groga – II
3. Groga – III

Tots els embalums, sobreenvasos, contenidors i cisternes, amb l'excepció dels que consisteixen únicament en embalums exceptuats, han de ser assignats a una de les tres categories esmentades. La categoria es determina en funció de l'índex de transport i del nivell de radiació màxim en qualsevol punt de la superfície externa de l'embalum o del sobreenvàs.

D'aquesta manera, l'etiqueta d'un embalum dóna informació ràpida sobre:

- Quin és el nivell de radiació a un metre de distància de l'embalum
- Quin és el nivell de radiació sobre la superfície de l'embalum.

Sempre i quan l'embalum es trobi intacte.

Si l'índex de transport satisfà la condició per una categoria però el nivell de radiació sobre la superfície de l'embalum satisfà la condició per una altra categoria, l'embalum tindrà la categoria més alta.

Índex de transport	Radiació sobre la superfície de l'embalum	Categoria	Nº d'etiqueta
0	$\leq 0.005$ mSv/h	Blanca – I	Nº 7A
$>0$ i $\leq 1$	$>0.005$ mSv/h i $\leq 0.5$ mSv/h	Groga – II	Nº 7B
$>1$ i $\leq 10$	$> 0.5$ mSv/h i $\leq 2$ mSv/h	Groga – III	Nº 7C
$>10$	$> 2$ mSv/h i $\leq 10$ mSv/h	Groga – III Ús exclusiu	Nº 7C

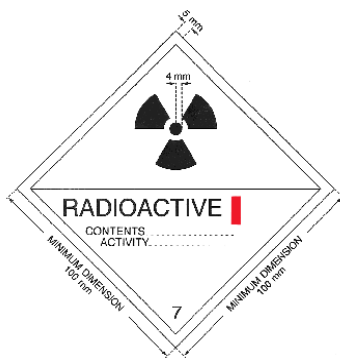
Les etiquetes contenen a la seva meitat superior el signe típic de tres fulles, que indica la presència de radioactivitat, sobre fons blanc o groc. La legislació actual estableix l'ús obligatori de l'anglès en l'etiquetatge. A la meitat inferior hi trobem escrit:

- RADIOACTIVE I per a l'etiqueta de la categoria blanca-I, RADIOACTIVE II per a l'etiqueta de la categoria groga-II i RADIOACTIVE III per a l'etiqueta de les categories groga-III.

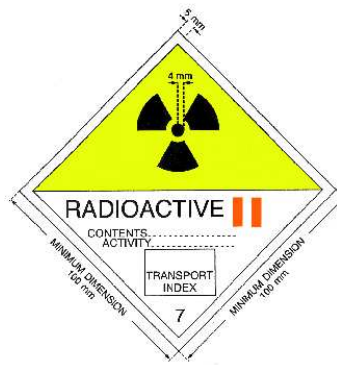


- El contingut de l'embalum (en anglès contents) i la seva activitat (en anglès activity) en Bq o en la unitat antiga Ci.
- Les etiquetes de les categories groga-II i groga-III han d'incloure, a més a més, l'anomenat índex de transport.

Totes les etiquetes inclouen la xifra 7 en la seva part inferior, que correspon al número de la classe a la qual pertanyen les matèries radioactives segons la normativa sobre transport de mercaderies perilloses (ADR, RID...)



Categoria Blanca – I (Nº 7A)



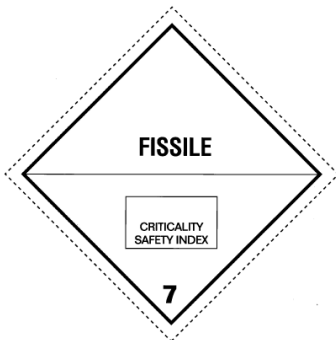
Categoria Groga – II (Nº 7 B)



Categoria Groga – III (Nº 7C)

Tots els embalums que inclouen matèries físsils, a més a més de les etiquetes anteriors, també han de dur l'etiqueta de matèries físsils. (Nº 7E)

L'etiqueta, sempre de fons blanc, inclou a la seva meitat superior la paraula anglesa FISSILE. A la meitat inferior de l'etiqueta cal indicar l'índex de seguretat de criticitat (en anglès criticality safety index) i la xifra 7 associada a matèries radioactives.



Matèries fissils de la classe 7 (Nº 7E)

## 6. Senyalització de vehicles

Els vehicles que transportin mercaderies de la classe 7 han de portar la placa – etiqueta corresponent al risc primari d'acord amb el model de l'etiqueta Nº7D



Aquesta placa – etiqueta no serà obligatòria en vehicles o contenidors que transportin embalums exceptuats. A la resta de casos, caldrà situar les plaques- etiquetes als laterals del vehicle i a la part del darrere.

Hi ha casos en què es possible utilitzar models ampliat de les etiquetes (7A, 7B, 7C, 7E) directament sobre el vehicle, contenidors, cisterna, etc. En aquest cas l'etiqueta farà la doble funció de l'etiqueta que pertoqui i de la placa – etiqueta 7D.

A banda de les plaques – etiquetes, els vehicles que transporten matèries perilloses van senyalitzats també amb la placa taronja. Només en alguns casos concrets aquesta placa portarà indicats el número ONU i el codi de perill.

## 7. Distàncies de seguretat i primeres actuacions

La IAEA<sup>2</sup> recomana radis per a la zona d'intervenció, en funció del tipus d'embalum involucrat.

<sup>2</sup> EPR-METHOD (2003) Método para elaborar disposiciones de respuesta a emergencias nucleares o radiológicas. Actualización del documento IAEA-TECDOC-953/S publicada en 2009.

SITUACIÓ	RADI DE LA ZONA D'INTERVENCIÓ
Embalum intacte <b>amb una etiqueta I-BLANCA, II-GROGA o III-GROGA</b>	Zona que envolta immediatament l'embalum
Embalum danyat <b>amb una etiqueta I-BLANCA, II-GROGA o III-GROGA</b>	Radi de 30 m o: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nivells de taxa de dosis ambiental de 100 µSv/h</li> <li>• Nivells de contaminació superficial gamma/beta de 1000Bq/cm<sup>2</sup></li> <li>• Nivells de contaminació superficial alfa de 100Bq/cm<sup>2</sup></li> </ul>
Font comuna no danyada (producte de consum) com detectors de fum	No s'aplica
Altres fonts sense blindatge o desconegudes (danyades o intactes)	Radi de 30 m o: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nivells de taxa de dosis ambiental de 100 µSv/h</li> <li>• Nivells de contaminació superficial gamma/beta de 1000Bq/cm<sup>2</sup></li> <li>• Nivells de contaminació superficial alfa de 100Bq/cm<sup>2</sup></li> </ul>
Vessament	Zona del vessament més 30 m al seu voltant
Vessament de gran magnitud	Zona del vessament més 300 m al seu votant
Incendi, explosió o fum, combustible gastat, sospita de dispositiu de dispersió radiològica (bomba bruta)	Radi de 300 m (o més com a mesura de protecció contra els efectes d'una explosió) o: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nivells de taxa de dosis ambiental de 100 µSv/h</li> <li>• Nivells de contaminació superficial gamma/beta de 1000Bq/cm<sup>2</sup></li> <li>• Nivells de contaminació superficial alfa de 100Bq/cm<sup>2</sup></li> </ul>

La zona d'alerta establerta al voltant de la zona d'intervenció serà la zona de seguretat requerida pels diversos actants per gestionar correctament l'emergència.

**Aquests criteris serveixen per establir en els primers moments de l'emergència, les zones de planificació. Posteriorment, la valoració de l'emergència que facin els experts radiològics (grup radiològic) permetrà ajustar millor aquesta zonificació en cada cas específic.**

Així mateix, en el mateix document de la IAEA on es pot trobar la taula amb les distàncies d'intervenció, també s'indiquen les següents mesures genèriques de

protecció que es recomana que es duguin a terme per part de les entitats encarregades de la primera resposta dins la zona d'intervenció:

- Allunyar el personal no indispensable i als membres del públic
- Si se sospita de contaminació, sotmetre'ls a vigilància radiològica i descontaminació, si s'escau.
- Dur a terme les mesures necessàries per salvar vides (no endarrerir l'actuació per la presència de radiació).
- Utilitzar protecció respiratòria si se sospita de contaminació atmosfèrica.
- Evitar la ingestió per inadvertència.

Pel que fa a les actuacions que cal que tingui en compte el públic dins la zona del doble de radi de la zona d'intervenció, són les següents:

- No prendre aliments possiblement contaminats fins que hagin estat sotmesos a vigilància radiològica.
- Evitar els fums.
- Evitar la ingestió per inadvertència.

## 8. Fitxes d'intervenció

Les fitxes d'intervenció proporcionen als grups d'intervenció la informació bàsica relativa a les primeres actuacions que cal dur a terme en accidents de transport on hi ha involucrades mercaderies perilloses.

les fitxes relatives a les mercaderies pertanyents a la classe 7 són les següents:

Número fitxa	Tipus de material
7- 01	Matèries radioactives en embalums exceptuats
7- 02	Matèries radioactives en embalums industrials, tipus A, tipus B i tipus C
7- 03	Material radioactiu (hexafluorur d'urani) físsil i no físsil
7- 04	Matèries radioactives físsils

**Totes les fitxes d'intervenció es troben publicades a l'Ordre INT/3716/2004, de 28 de octubre. BOE 276 de 16 de novembre de 2004.**

Les fitxes ERIC es van editar per primera vegada al novembre de 1995. des d'aleshores s'han revisat i actualitzat al gener de 1998 i al maig del 1999.

L'any 2003 les fitxes ERIC van ser adaptades a la versió 2003 de l'ADR i a la llista número 10 del Hazchem del Regne Unit per als codis d'acció en emergències.

Des d'aleshores s'inclouen les fitxes per a les substàncies de la classe 1 (matèries explosives) i de la classe 7 (matèries radioactives).

L'actual versió de les fitxes ERIC està adaptada a l'ADR 2011 i al codi d'acció en emergències del Regne Unit, llistat de 2009.

Les fitxes actuals relatives a les matèries de la classe 7 són les següents:

<b>Número fitxa</b>	<b>Tipus de material</b>
7- 01	Matèries radioactives en embalums exceptuats
7- 02	Matèries radioactives no físsils o físsils exceptuades
7- 03	Matèria radioactiva físsil
7- 04	Matèria radioactiva (hexafluorur d'urani)