



INSTITUTO DE LA INGENIERIA  
DE ESPAÑA



Real  
Academia  
de Ingeniería

# Transporte de Residuos Nucleares y su Almacenamiento.

Riesgo en el transporte de productos radioactivos

**ANTONIO SERRANO RODRÍGUEZ.**

Dr. Ingeniero de Caminos.

Licenciado en Ciencias Económicas.

Diplomado en Ordenación del Territorio.

Catedrático de Urbanística y Ordenación del  
Territorio Universidad Politécnica de Valencia (jubilado)

Miembro del CIDES y del Comité de Transportes  
del Instituto de la Ingeniería de España.

Miembro del Think Hub de la Fundación Caminos.

# DOCUMENTOS BÁSICOS DE REFERENCIA.

## Plan Estratégico del CSN

2020 - 2025



## El transporte de materiales radiactivos / CSN



## 7º Plan General de Residuos Radiactivos

27 de diciembre de 2023

## ORIGEN Y DESTINO DE LOS TRANSPORTES.

Consideramos transportes hacia o desde:

**Primera Fase:** la instalación nuclear de fabricación de combustible nuclear,

**Segunda Fase:** las siete centrales nucleares: cinco en operación, una en cese de explotación y una en desmantelamiento,

**Tercera Fase:** transporte de residuos radiactivos y de productos radioactivos desde las centrales en funcionamiento o en desmantelamiento.

**Primera Fase: Transportes hacia o desde la instalación nuclear de fabricación de combustible nuclear.**

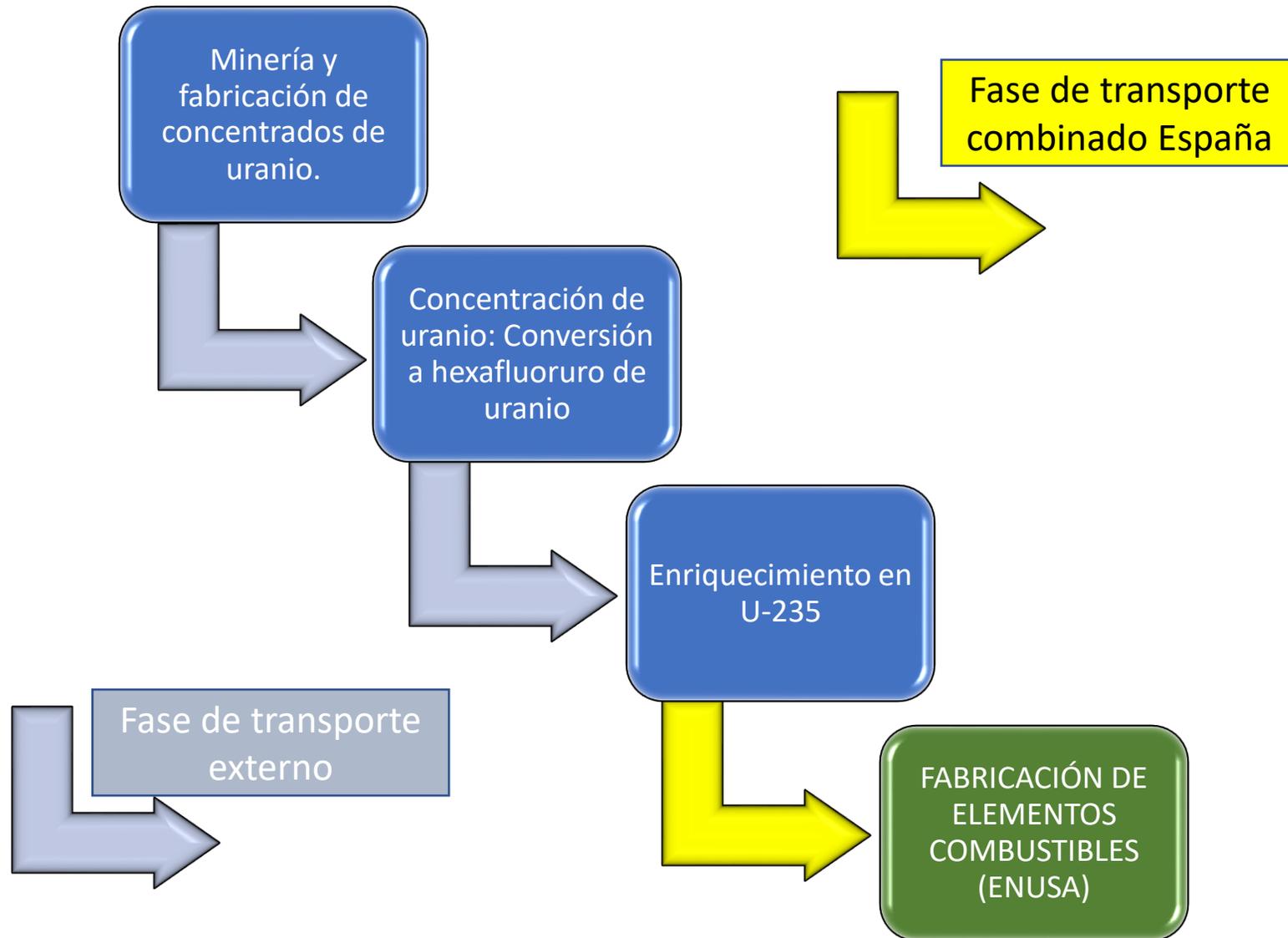
El óxido de uranio proviene en su totalidad del extranjero y tiene como destino la fábrica de combustible nuclear de Juzbado (Salamanca) de [Enusa Industrias Avanzadas](#) (ENUSA).

En su mayor parte se transporta por **vía marítima hasta los puertos españoles y a partir de ahí por carretera hasta dicha instalación.**

Actualmente, los principales países proveedores de este material son el **Reino Unido y Estados Unidos de América.**

## Primera Fase:

# ESPAÑA DEPENDE AL 100% DEL EXTERIOR EN EL ABASTECIMIENTO DE URANIO ENRIQUECIDO



Los tres primeros procesos (minería, fabricación /concentración y enriquecimiento de uranio) se realizan en el exterior, dependiendo totalmente ESPAÑA del exterior en el abastecimiento de Uranio enriquecido.

El U-235 se transporta a ENUSA (Juzbado. Salamanca).

**(TRANSPORTE INTERNACIONAL REGULADO + TRANSPORTE COMBINADO ESPAÑA)**

### **Segunda Fase:**

**Transporte del combustible desde ENUSA (Juzbado-Salamanca) a todas las centrales (salvo Trillo) y de EXPORTACIÓN a Francia, Suiza, Suecia, Alemania, Bélgica y Finlandia.**

A partir del óxido de uranio, la instalación de Enusa en Juzbado fabrica elementos combustibles para centrales nucleares españolas y europeas.

En España el transporte se realiza por carretera, mientras que los transportes con destino a otros países europeos suelen ser por carretera o mediante transporte multimodal carretera y marítimo (m/c).

## Segunda Fase:

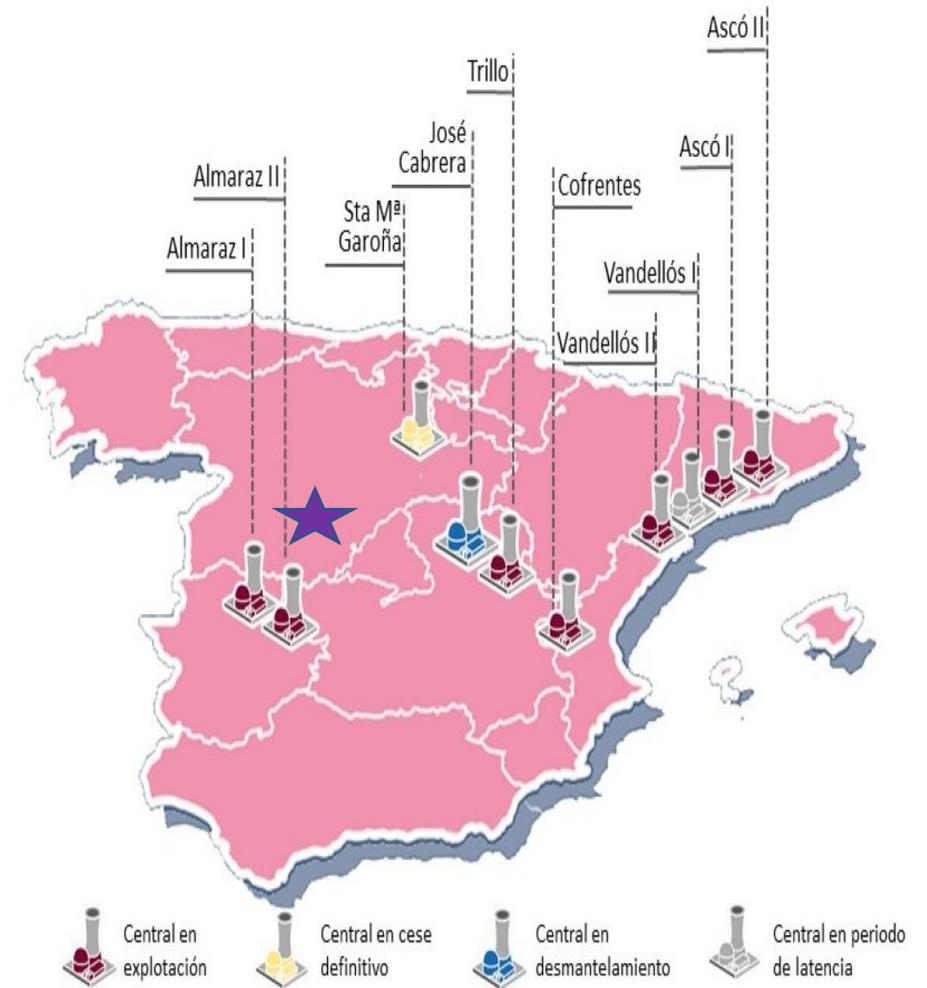
**ENUSA (Juzbado-Salamanca) envía el combustible a todas las centrales (salvo Trillo) y EXPORTA a Francia, Suiza, Suecia, Alemania, Bélgica y Finlandia.**

**ENUSA  
(Juzbado-  
Salamanca)**

Transporte interior  
(CARRETERA) a Centrales  
Nucleares

Transporte interior  
(CARRETERA)  
EXPORTACIÓN

Transporte COMBINADO  
EXPORTACIÓN



## **Tercera Fase:**

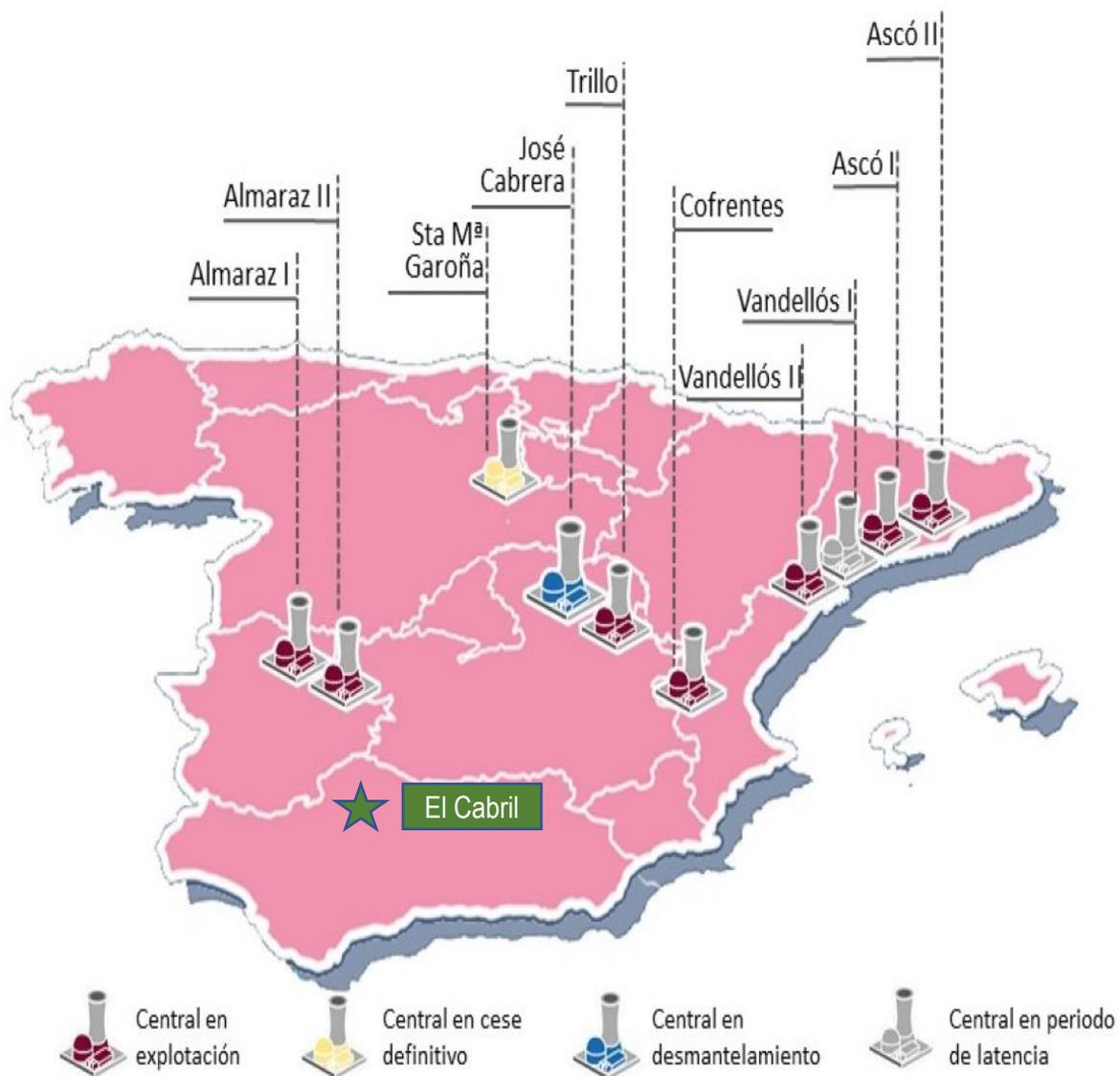
**transporte de residuos radiactivos y de productos radioactivos desde las centrales en funcionamiento o en desmantelamiento.**

Los residuos de baja y media actividad se transportan a El Cabril- Córdoba (ENRESA).

Transportes de combustible irradiado, entre los que se encuentran los de combustible nuclear gastado, salvo movimientos esporádicos de barras irradiadas dentro de programas de investigación, actualmente no se dan en España.

El combustible nuclear gastado permanece almacenado en las centrales nucleares, bien en sus piscinas de combustible o en contenedores de almacenamiento en seco, en tanto no sea autorizada una instalación de almacenamiento temporal centralizado para ese combustible.

# Tercera Fase: TRANSPORTE de RESIDUOS RADIOACTIVOS y de PRODUCTOS RADIOACTIVOS asociados a DESMANTELAMIENTO INSTALACIONES.



**CENTRALES NUCLEARES**  
En Funcionamiento: 5  
En cese, desmantelamiento o latencia: 3

**Residuos de baja actividad**  
Transporte interior (CARRETERA) a Centro Almacenamiento de ENRESA en El Cabril (Córdoba)

**Residuos de baja y media actividad**  
Transporte interior (CARRETERA) a Centro Almacenamiento de ENRESA en El Cabril (Córdoba) y Almacenamiento temporal en la propia Central

**Residuos de alta actividad (RAA) y especiales (RE)**  
Almacenamiento temporal en la propia Central

Almacén Temporal Descentralizado (ATD) / Individualizado (ATI) para el combustible nuclear gastado (CG), RAA y RE en cada central nuclear con CG (Almaraz, Ascó, Cofrentes, Santa María de Garoña, José Cabrera, Trillo y Vandellós II).

**Previsiones Futuras:  
TRANSPORTES ASOCIADOS.  
ESCENARIO DE REFERENCIA 2024-2035  
7º Plan de Gestión de Residuos Radiactivos (diciembre de 2023)**

Central Nuclear	Fecha de cese de explotación (mes/año)
CN Almaraz I	11/2027
CN Almaraz II	10/2028
CN Ascó I	10/2030
CN Cofrentes	11/2030
CN Ascó II	9/2032
CN Vandellós II	2/2035
CN Trillo	5/2035

**ESQUEMA ALMACENES**

**Almacenes Temporales Individualizados (ATI)** para el combustible gastado en las centrales nucleares, que permitan su explotación y su desmantelamiento.

**Almacenes Temporales Descentralizados (ATD = ATI + medidas adicionales mantenimiento contenedores)** en los emplazamientos de las centrales nucleares, para el combustible gastado y los residuos de alta actividad, hasta su traslado al almacenamiento definitivo.

**Almacén Geológico Profundo (AGP)** para almacenamiento definitivo del combustible gastado y de los residuos de alta actividad.

**NECESIDADES TRANSPORTE**

Retorno a España RR procedentes del reproceso de CG de CN Vandellós I, que permanecen en Francia

Definición y traslado al futuro almacenamiento geológico profundo (AGP) NO DEFINIDO ACTUALMENTE como opción más sostenible y segura como punto final de la gestión de los RAA y del CG.

## MAGNITUD DE LAS EXPEDICIONES DE TRANSPORTE/TRASLADO.

Los transportes de óxido de uranio y de elementos de combustible nuclear no irradiados suponen aproximadamente **70 transportes al año** y se realizan utilizando bultos de sustancias fisiónables.

Se realizan alrededor de **10 tránsitos de concentrados de uranio al año** a través de los puertos españoles, en general con destino a Europa.

Los transportes de residuos radiactivos, en su mayor parte transportados en bultos clasificados como Industriales, suponen alrededor de **250 transportes al año** y se realizan principalmente por carretera desde las instalaciones radiactivas y nucleares hasta la instalación de almacenamiento temporal de residuos radiactivos que ENRESA posee en El Cabril (Córdoba).

Tipo de Bulto	Aplicación del material radiactivo	Transportes al año	Modos de transporte
Exceptuados y Tipo A	Medicina, investigación, industria	~ 100 000 envíos ~ 200 000 bultos	Carretera Multimodal a/c
Industrial	Residuos radiactivos	~ 250	Carretera Multimodal m/c (desde Baleares y Canarias)
	Concentrados de Uranio	~ 10	Marítimo (tránsitos en puertos sin descarga)
Tipo B	Equipos de gammagrafía	~ 10 000	Carretera
	Fuentes de alta actividad	~ 5	Carretera Multimodal a/c Marítimo (tránsitos en puertos sin descarga)
Fisiónables	Óxido de uranio y elementos de combustible nuclear no irradiados	~ 70	Carretera Multimodal m/c

## Objetivos

- Impedir la dispersión del material radiactivo y su posible incorporación por las personas que estén en las inmediaciones.
- Prevenir el riesgo de las radiaciones emitidas por dicho material.
- Evitar los daños derivados del calor emitido por ciertos bultos de transporte.
- **Evitar la posibilidad de una reacción en cadena (criticidad) cuando se transportan sustancias fisiónables.**

## Medidas:

1. Se asegura que la contención del material es la adecuada para evitar su dispersión; con este fin se tiene en cuenta la resistencia mecánica del embalaje y la naturaleza y actividad del material transportado.
2. Se controla el nivel de radiación externa utilizando materiales de blindaje en los bultos y advirtiendo de los niveles de radiación en su exterior mediante la correspondiente etiqueta de señalización.
3. Se evitan los daños producidos por el calor a través del diseño del embalaje y de las condiciones de estiba de los bultos.
4. **Se impide la criticidad mediante un adecuado diseño de los embalajes y con la limitación del contenido de cada bulto y del número de estos por envío.**

# **BULTOS TIPO B: LOS REQUISITOS DE LOS EMBALAJES PARA EL TRANSPORTE SON MÁS ESTRICOTOS AL AUMENTAR EL RIESGO DE SU CONTENIDO.**

## **Bultos tipo B**

Son los utilizados para transportar mayores actividades de materiales radiactivos (superiores a los valores  $A_1$  y  $A_2$ ). Deben poder resistir, además de las *condiciones normales de transporte*, los efectos de accidentes graves. Para ello **se someten a ensayos de resistencia mecánica y térmica y de inmersión en agua, que simulan condiciones de accidentes graves.**

Bultos industriales tipo 1 (BI-1). Se diseñan para soportar sólo las *condiciones rutinarias de transporte*, pero aumentan los requisitos de señalización y de documentación. En ellos se transportan minerales, uranio natural y materiales de muy baja actividad específica.

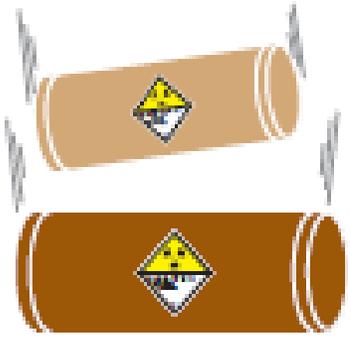
Bultos industriales tipo 2 (BI-2). Deben ser sometidos además a ensayos de caída libre y apilamiento.

Bultos industriales tipo 3 (BI-3). Deben, además, pasar ensayos de aspersion con agua y de penetración.

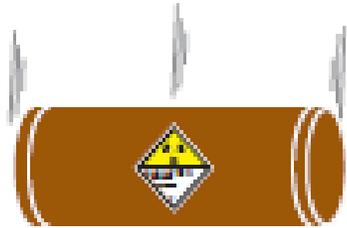
Tipo de bulto	Contenidos
Exceptuado	<ul style="list-style-type: none"><li>- Fracciones de <math>A_1</math> y <math>A_2</math></li><li>- Instrumentos con dosis muy bajas en superficie</li><li>- Artículos con U ó Th natural ó U empobrecido</li><li>- Embalajes vacíos</li><li>- Menos de 0,1 kg de <math>UF_6</math></li></ul>
Industrial	<ul style="list-style-type: none"><li>- Materiales de Baja Actividad Específica (BAE): BAE-I, BAE-II ó BAE-III</li><li>- Objetos Contaminados en Superficie (OCS): OCS-I u OCS-II</li><li>- Dosis máxima a 3 m del material: 10 mSv/h</li><li>- Según la <math>A_0</math> y la contaminación se precisará un BI-1, BI-2 ó BI-3</li></ul>
Tipo A	<ul style="list-style-type: none"><li>- Materiales no BAE ni OCS con actividades inferiores a <math>A_1</math> ó <math>A_2</math></li></ul>
Tipo B	<ul style="list-style-type: none"><li>- Materiales con actividades superior a <math>A_1</math> ó <math>A_2</math></li></ul> <p>(*) No contendrán actividades superiores a las autorizadas para el diseño del bulto</p>
Tipo C (sólo transporte aéreo)	<ul style="list-style-type: none"><li>- <math>A &gt; 3000 A_1</math> ó <math>100.000 A_2</math> (material encapsulado en forma especial)</li><li>- <math>A &gt; 3000 A_2</math> (resto de materiales)</li></ul> <p>(*) No contendrán actividades superiores a las autorizadas para el diseño del bulto</p>
Fisionable	<ul style="list-style-type: none"><li>- U-233, U-235, Pu-239 y Pu-241 o sus combinaciones</li><li>- Se excluye el U natural o empobrecido no irradiado, y el U natural o empobrecido irradiado sólo en reactores térmicos</li><li>- Según características del material serán además bultos industriales, de tipo A, B, C o con <math>UF_6</math></li></ul> <p>(*) No para contenidos diferentes a los autorizados para el diseño del bulto</p>
Hexafluoruro de Uranio ( $UF_6$ )	<ul style="list-style-type: none"><li>- 0,1 kg o más de <math>UF_6</math></li></ul> <p>(*) No contendrán masas de <math>UF_6</math> superiores a las autorizadas para el diseño del bulto</p>

## **BULTOS TIPO B: LOS REQUISITOS DE LOS EMBALAJES PARA EL TRANSPORTE SON MÁS ESTRICOTOS AL AUMENTAR EL RIESGO DE SU CONTENIDO.**

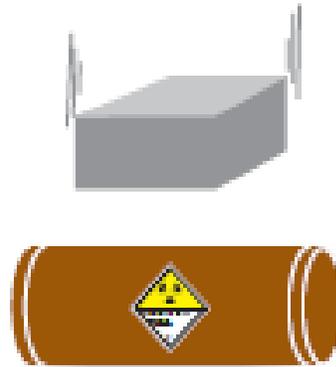
### Condiciones de accidente



Caída: desde 9 m sobre superficie indeformable



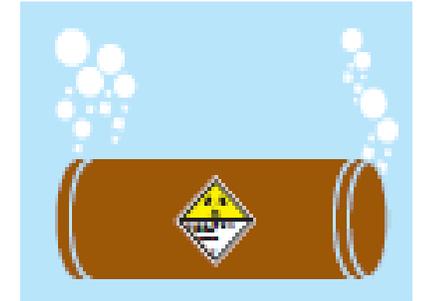
Perforación: caída desde 1 metro sobre una barra



Aplastamiento: caída de plancha de 500 kg desde 9 m (para bultos de peso y densidad bajos)



Térmico: fuego a 800°C durante 30 minutos



Inmersión: entre 15 y 200 metros de profundidad

### **Las pruebas establecidas simulan la realidad con suficiente margen de seguridad.**

Aunque no son exigidas por la reglamentación, en alguna ocasión se han realizado, con resultados satisfactorios, pruebas de una gran severidad para analizar el comportamiento de determinados embalajes, normalmente de aquellos que transportan el material de mayor riesgo, el combustible irradiado. Así, se han lanzado camiones y vagones de ferrocarril, que portaban contenedores, contra barreras de hormigón macizo a velocidades de impacto de entre 100 y 130 km/h o incluso se han hecho chocar contra los contenedores locomotoras pesadas que se desplazaban a velocidades de entre 130 y 165 km/h.

## Transporte de minerales de uranio enriquecido y residuos radiactivos.

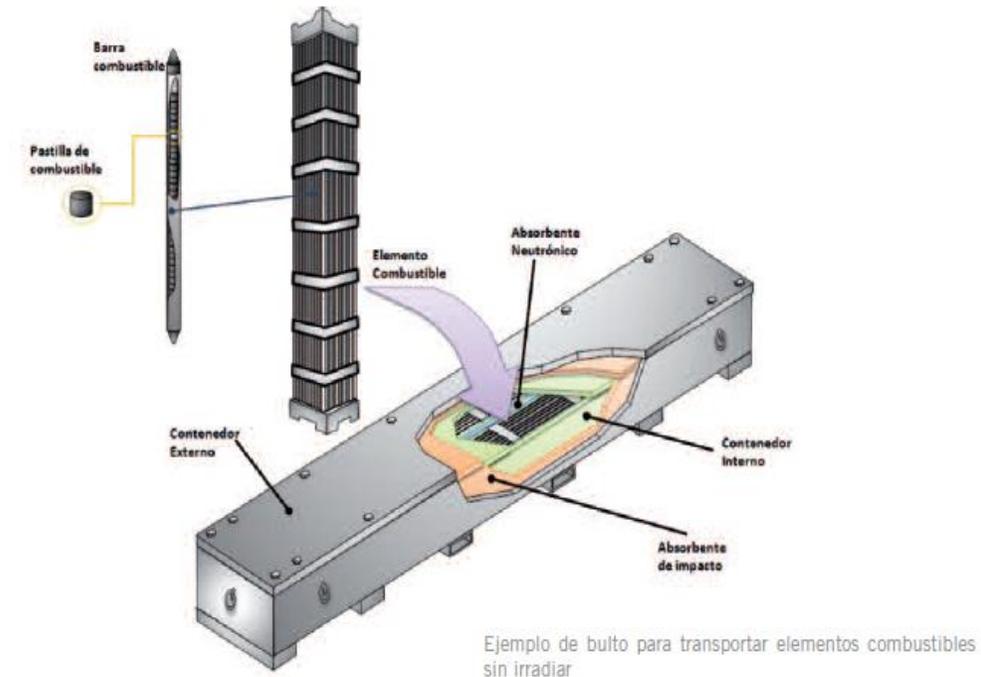
Cuando las instalaciones llegan al final de su vida útil y se descontaminan y clausuran, los materiales radiactivos generados en las operaciones de desmantelamiento también deben transportarse hasta los lugares de almacenamiento.

Los envíos de sustancias nucleares como el **combustible irradiado y no irradiado** se suelen considerar expediciones singulares con empleo exclusivo de un medio de transporte, y **van acompañadas de medios de protección física para impedir el robo, el desvío no autorizado o el sabotaje.**

## Bultos con hexafluoruro de uranio.

Como material radiactivo, el hexafluoruro de uranio ha de transportarse en embalajes que además de cumplir con los requisitos correspondientes al tipo industrial, A, B o C, deberán demostrar que cumplen una determinada norma industrial (norma ISO-7195) y ensayos específicos tras los que no se debe dar pérdida de contenido.

Además, si el hexafluoruro de uranio cumple las características que lo clasifiquen como fisionable, el bulto deberá ajustarse a los requisitos aplicables a ese tipo de bultos.



## **Bultos que contienen combustible irradiado.**

A diferencia de la mayoría de los materiales radiactivos, el combustible irradiado tiene **alta actividad, emite calor y tiene carácter fisiónable**. Por tal motivo, **el diseño de los embalajes para contener este material es mucho más complejo y exigente**.

La normativa de transporte no define requisitos específicos para los contenedores de combustible irradiado, sino que estos, en función de las características radiológicas de su contenido, se clasifican dentro de uno de los tipos de bulto que define esa normativa y han de cumplir los requisitos que se establecen para ese tipo concreto de bulto: requisitos de diseño, etiquetado, marcado, documentación de transporte, etc.

Los contenedores de combustible irradiado normalmente quedan clasificados dentro del tipo B(U)F, es decir bultos del tipo B(U) (que han de soportar las condiciones de accidente) para contenidos fisiónables (F).

### **Estudio de Seguridad Específico.**

Incluye los análisis que demuestran que, para un determinado contenido (“el contenido aprobado”), se cumplen todos los requisitos de seguridad que garantizan que el transporte se hará de manera segura, sin suponer un riesgo ni para el público, ni para los trabajadores ni para el medio ambiente.

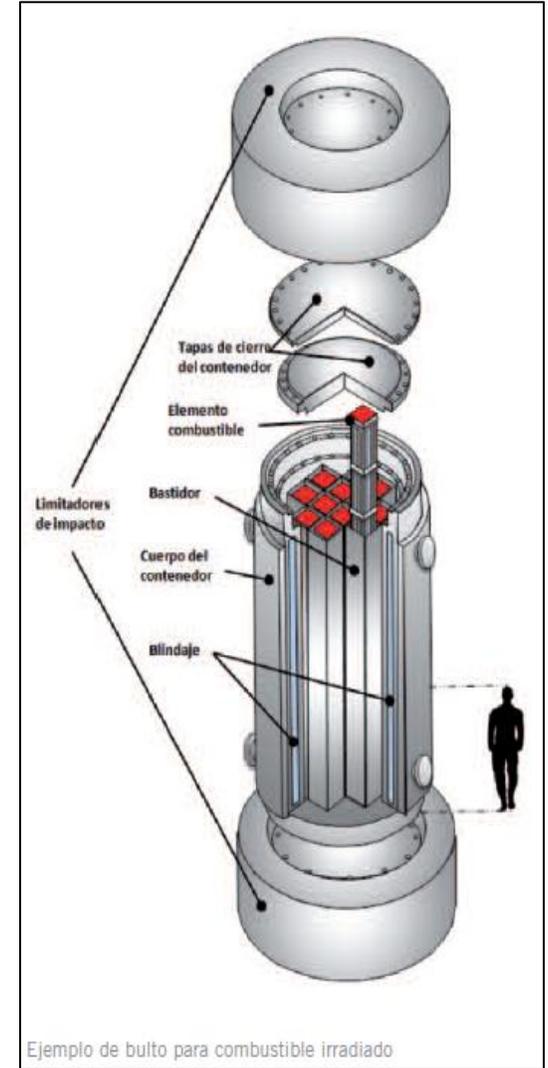
### Bultos que contienen sustancias fisionables.

Son aquellos que portan un **material capaz de producir una reacción nuclear en cadena (criticidad)**.

El objetivo en el **diseño de estos bultos es evitar la criticidad**, además de cumplir con los requisitos que les imponga el tipo en el que se clasifiquen por las características radiactivas del material (industrial, A, B o C). Para estos bultos se precisan **evaluaciones y controles especiales**, y cada diseño precisa de aprobación multilateral.

**En ellos se transporta el óxido de uranio enriquecido, materia prima de los elementos combustibles, los elementos sin irradiar hasta las centrales nucleares y desde las centrales nucleares una vez irradiados, en su viaje de destino a instalaciones de reprocesado o de almacenamiento definitivo.**

En ciertos casos se han de utilizar medios de transporte especialmente diseñados, como por ejemplo en el caso del transporte marítimo del combustible irradiado.



# RIESGOS ASOCIADOS AL TRANSPORTE DE RESIDUOS RADIACTIVOS

**Probabilidad de ocurrencia.  
Magnitud de los Efectos.  
Áreas y población en exposición  
Vulnerabilidad a los Efectos..**

## DEFINIR:

1. La Probabilidad de Ocurrencia.
2. La Magnitud de los Efectos.  
Establecimiento de medidas de prevención y de compensación.
3. Las Áreas y Población en Exposición.  
Ámbitos espaciales, patrimoniales y de población afectados y sus circunstancias.
4. La Vulnerabilidad de las Áreas y Población a los Efectos posibles.
5. Adaptación de las normas aplicables a la minimización del Riesgo.



# ACCIDENTES EN EL TRANSPORTE DE MERCANCÍAS PELIGROSAS POR CARRETERA 2022 (marzo de 2023).

## 1. Datos sobre accidentes en el transporte de MMPP por carretera 2022

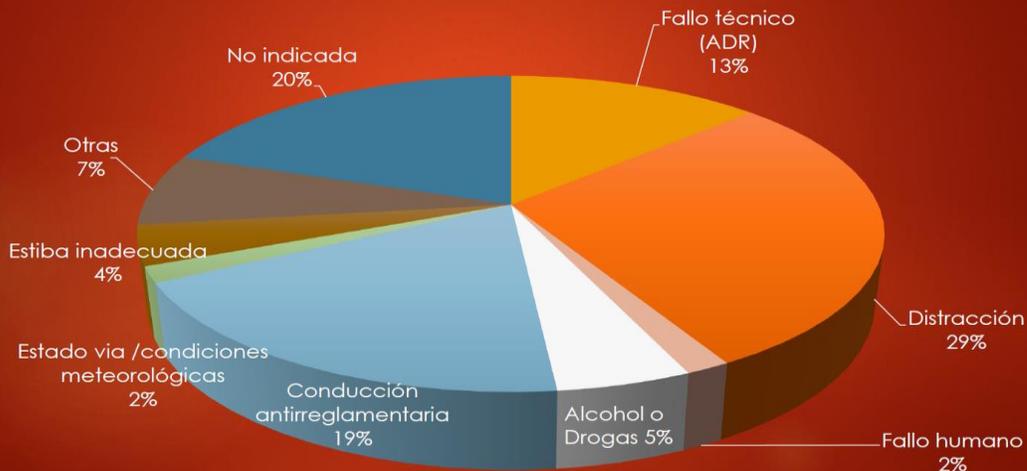
Pág. 2 de 20

Pág. 16 de 20

- 122 accidentes**  
Incluye País Vasco y Cataluña (108 en 2021)
- Realizadas 25 pruebas de estupefacientes al conductor ADR hubo **3 casos positivos (12%)** (9% en 2021; 10 % en 2020)
- 27 sucesos notificables** conforme al ADR
- El **20%** se han producido en vías de doble sentido. **10%** en C/D
- El **52%** han sido causados por el vehículo ADR  
En 2021 44%
- Y, 55 comprobaciones de tasa de alcoholemia **1 caso dio positivo** (distinto conductor del positivo en estupefacientes)

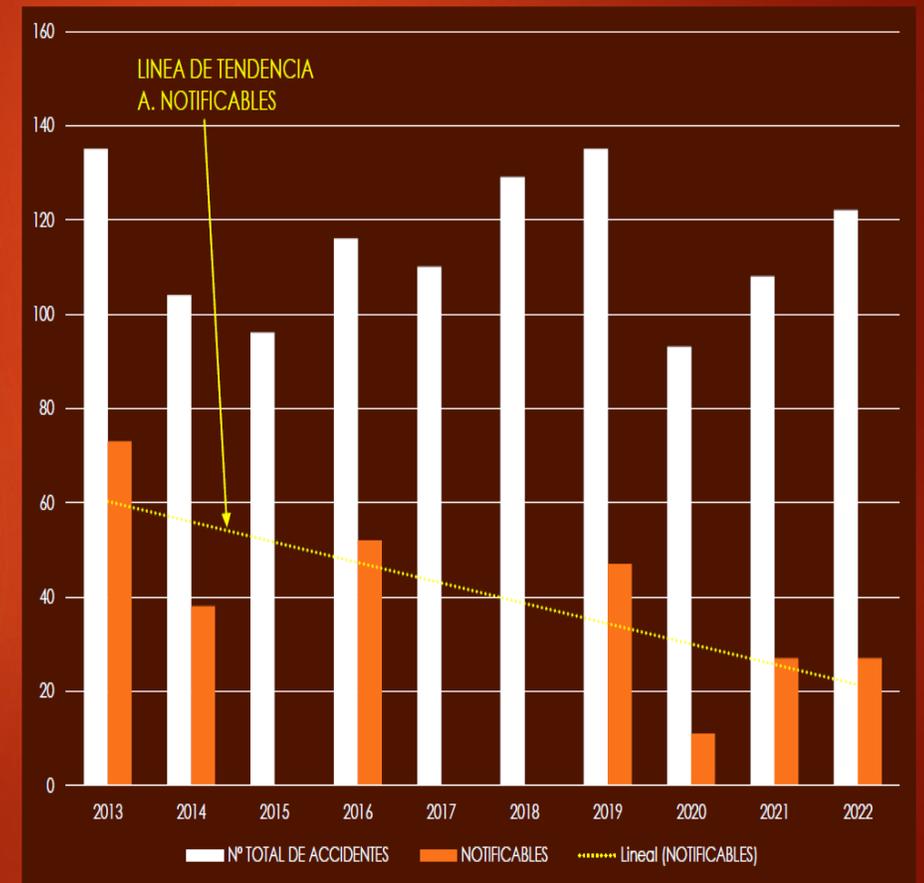
## 2.1.1. Resumen causas accidentalidad en el transporte de MMPP por carretera 2022

Pág. 4 de 20



AÑO	NOTIFICABLE	Nº TOTAL
2013	73	135
2014	38	104
2015		96
2016	52	116
2017		110
2018		129
2019	47	135
2020	11	93
2021	27	108
2022	27	122

## 6.2. Evolución anual del N° accidentes en el transporte de MMPP por carretera



## Análisis de los sucesos ocurridos en el transporte de materiales radiactivos en España desde 2000 hasta 2020



Colección  
Otros Documentos  
44.2022

Análisis de los sucesos ocurridos en el transporte de material radiactivo que han sido notificados al CSN entre el año 2000 y el 2020, ambos incluidos, en cumplimiento de los requisitos reglamentarios establecidos.

### **Suceso en el transporte de material radiactivo (IS-42 del CSN):**

Todo incidente o accidente que se produzca o se detecte en el proceso de carga, transporte, almacenamiento en tránsito o descarga y que pueda o haya podido afectar a la seguridad radiológica de los bultos o de la expedición.

### **Transporte (párrafo 106 de la norma SSR-6 del OIEA):**

El transporte abarca todas las operaciones y condiciones relacionadas con el traslado de materiales radiactivos e inherentes al mismo, tales como el diseño, la fabricación, el mantenimiento y la reparación de embalajes, y la preparación, expedición, carga, acarreo, incluido el almacenamiento en tránsito, la expedición después del almacenamiento, la descarga y la recepción en el destino final de cargas de materiales radiactivos y bultos.

# RESUMEN DE LOS 100 SUCESOS ACONTECIDOS EN ESPAÑA 2000-2022, MATERIALES RADIOACTIVOS INVOLUCRADOS E INCIDENCIA DE LOS LIGADOS AL CICLO NUCLEAR (CCN)

Clase de suceso	Radiofármacos	Material radiactivo usado en investigación	Fuentes terapia médica	Fuentes industriales	Óxido de Uranio	Combustible irradiado	Residuos radiactivos	OCS	Total
Deficiencias en el embalaje	2	0	0	1	3	0	0	0	6
Contenido del bulto inadecuado	0	0	1	0	0	0	1	0	2
Suceso en procesos de carga/descarga	5	0	0	0	0	0	0	0	5
Superación límites de contaminación (NC IS-34 CSN)	0	0	0	0	0	1	0	1	2
Superación límites de radiación (NC IS-34 CSN)	0	0	3	0	0	0	0	0	3
Incidencias en terminales de aeropuertos	21	0	0	1	0	0	0	0	22
Accidente de tráfico	29	0	0	3	0	0	2	0	34
Robo de bultos	3	1	0	11	0	0	0	0	15
Extravío de bultos	10	0	0	0	0	0	0	0	10
Protección física	0	0	0	0	1	0	0	0	1
<b>Total</b>	<b>70</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>16</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>100</b>

Atendiendo a los sectores en los que se realizan los transportes, una amplia mayoría de los sucesos se produjeron en el ámbito médico (74%), seguido de otras aplicaciones industriales<sup>5</sup> (14%) y **actividades ligadas al ciclo de combustible nuclear - CCN (7%)**.

Quedan muy por debajo los bultos de mayor riesgo: de sustancias fisionables (4%) y del tipo B (2%).

Los sucesos acontecidos dentro del CCN se han debido mayormente a **deficiencias en el embalaje (43%) y a la superación de los límites de contaminación superficial (29%)**. Dos sucesos se asocian a accidentes de tráfico. **En ninguno de los sucesos se produjo la superación de los límites legales de dosis de radiaciones radiológicas** anuales en trabajadores o público. **En dos de los 100 sucesos ocurridos se produjo una exposición resaltable de personas y en el tercero se produjo una contaminación superficial de una zona.**

# NIVELES DE GRAVEDAD DE LOS SUCESOS OCURRIDOS ENTRE 2000 Y 2020

## ESCALA INES

Accidente grave  
Nivel 7

Accidente importante  
Nivel 6

Accidente con consecuencias  
de mayor alcance  
Nivel 5

Accidente con consecuencias  
de alcance local  
Nivel 4

Incidente importante  
Nivel 3

Incidente  
Nivel 2

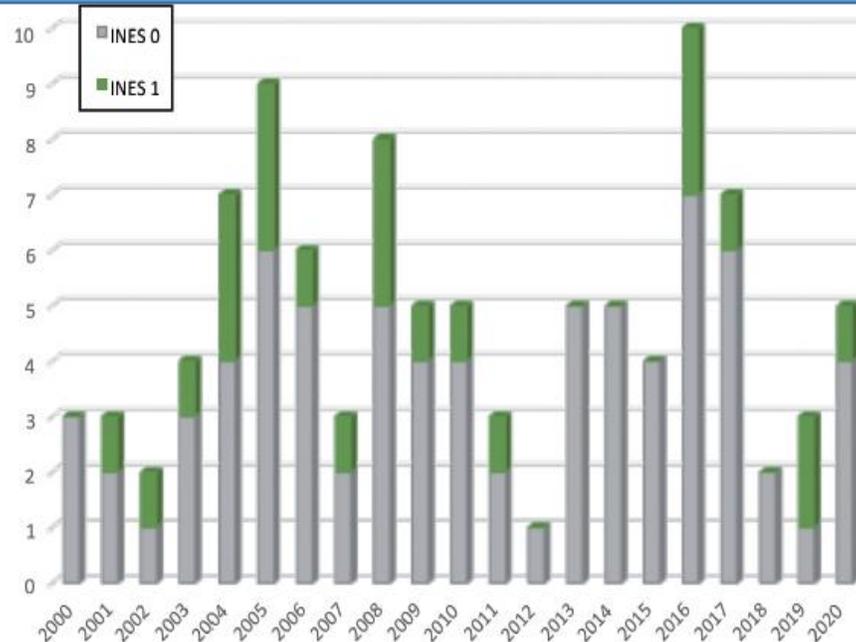
Anomalía  
Nivel 1

Sin significación para la seguridad  
(Debajo de la escala/ Nivel 0)

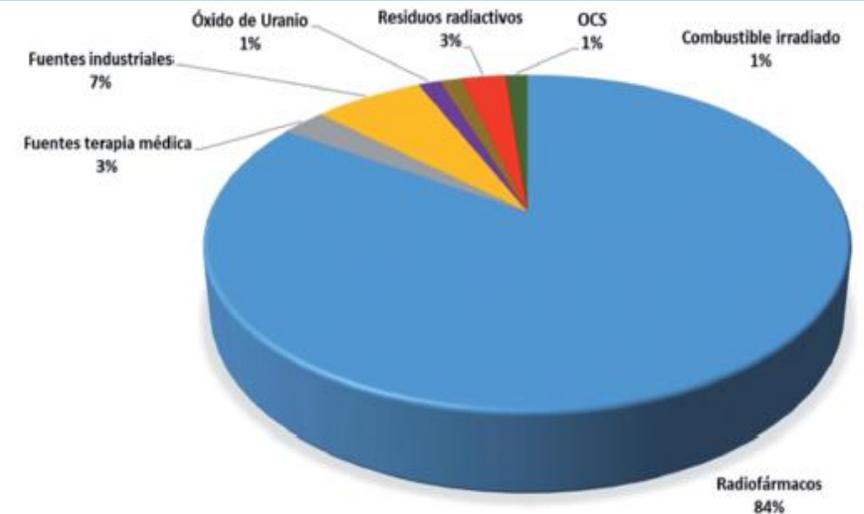
Ninguno de los 100 sucesos ha superado el nivel 1 (anomalía).

La Gravedad de los sucesos ligados al ciclo nuclear se encuentran en el nivel cero (SIN SIGNIFICADO PARA LA SEGURIDAD) o uno (ANOMALÍA)

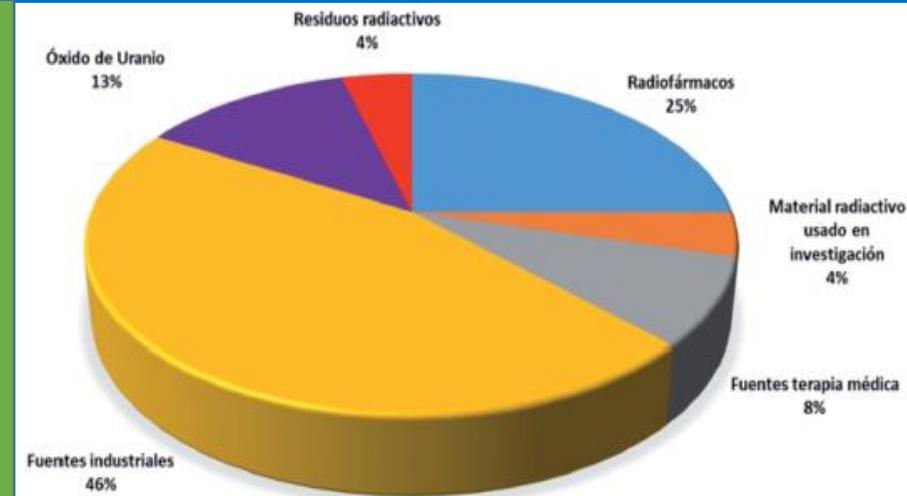
## EVOLUCIÓN DE LOS SUCESOS POR NIVEL INES



## SUCESOS SIN SIGNIFICADO PARA LA SEGURIDAD



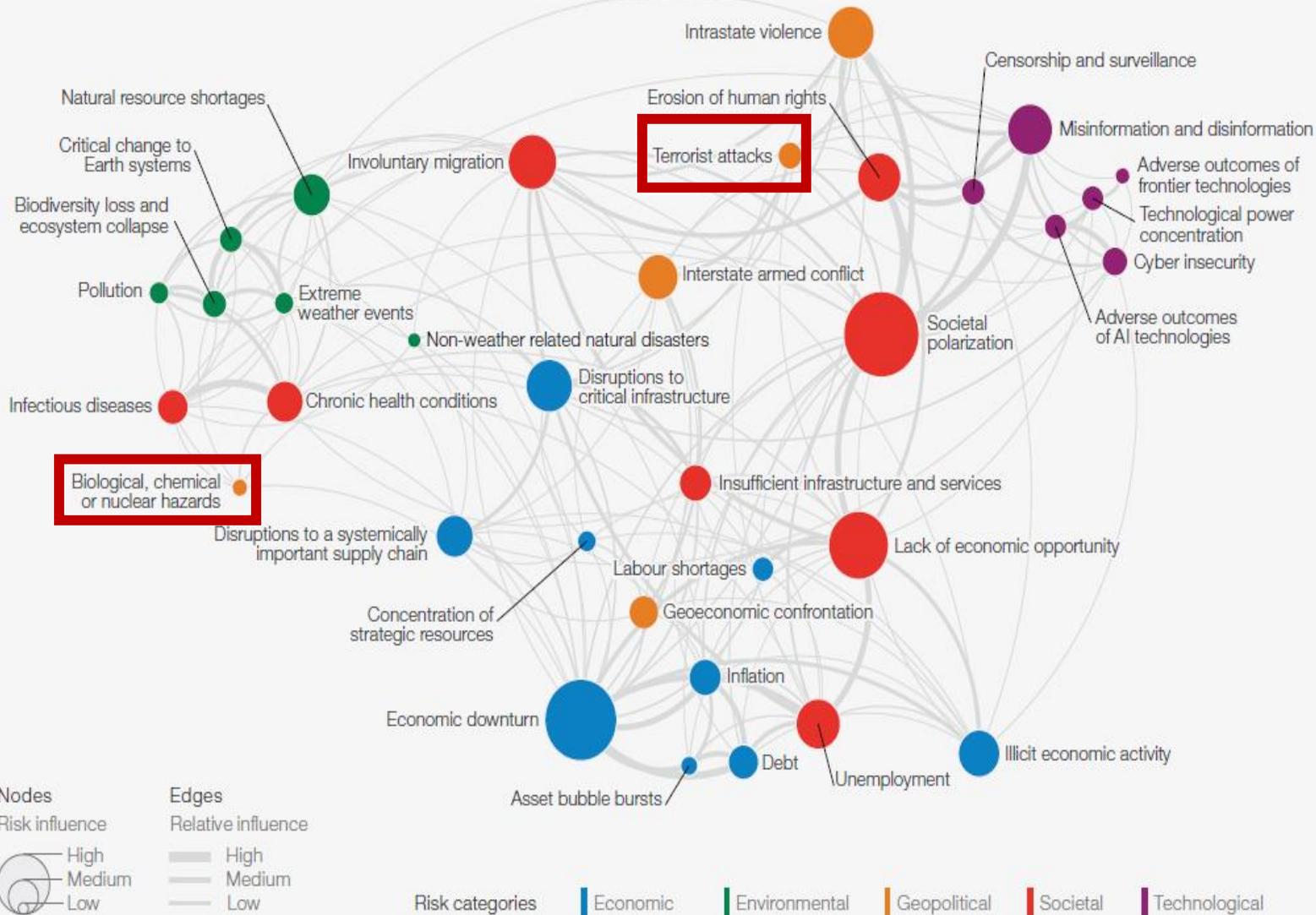
## SUCESOS NIVEL 1 ANOMALÍAS



# **SUCESOS EN EL TRANSPORTE DE MATERIALES RADIOACTIVOS EN ESPAÑA 2000-2020. CONCLUSIONES RELEVANTES DESDE EL PUNTO DE VISTA DE LA PROBABILIDAD Y GRAVEDAD**

- **La probabilidad de sucesos y su gravedad es baja en comparación con el número de envíos.**
- **El traslado (movimiento de una ubicación a otra) es la fase de transporte en la que más sucesos ocurren**, si bien también son resaltables la fase de carga, descarga y manipulación de los bultos (de la carga).
- **Los sucesos más frecuentes son los accidentes de tráfico (34%)**, con un valor medio de unos 2 sucesos/año. Les siguen las incidencias ocurridas en la manipulación de bultos radiactivos en terminales de aeropuertos (22%), alrededor de 1 suceso/año, y los robos (15%) y extravíos de bultos (10%), que entre ambos suponen también una media aproximada de uno al año.
- **Son mínimos los sucesos que afectan a vehículos de gran tamaño (de más de 3.5 Tm), habitualmente utilizados en los transportes relacionados con el ciclo de combustible nuclear.**
- **El número de sucesos en el ciclo de combustible nuclear y en la gestión de residuos radiactivos es muy reducido, inferior al 10% del total en el periodo de análisis.**
- **Ningún suceso ha superado el nivel 1 (anomalía)** de acuerdo con los criterios de la escala INES del OIEA, clasificándose el 76% como de nivel 0 (sin importancia para la seguridad/por debajo de escala).
- Únicamente en dos de los 100 sucesos ocurridos se produjo una exposición resaltable de personas (siempre con dosis inferiores a los límites reglamentarios) y un tercero en el que se produjo una ligera contaminación de una zona externa a una instalación nuclear o radiactiva.

# LOS RIESGOS NUCLEARES EN LA CONSIDERACIÓN DE RIESGOS GLOBALES (Global Risk 2024).



Source  
World Economic Forum Global Risks  
Perception Survey 2023-2024.

## RIESGO

Transporte material nuclear relacionado con Terrorismo por potenciales robos de material

El uso de armas biológicas, químicas o nucleares aparece como uno de los cinco principales riesgos en numerosos países, incluso de la UE: Bélgica, Letonia, Lituania y Polonia. Y también en EEUU.

## RIESGO

Nuclear hazards en 31ª posición de 34 Riesgos considerados a corto plazo (2 años)

## RIESGO

Nuclear hazards en 26ª posición de 34 Riesgos considerados a largo plazo (10 años)



INSTITUTO DE LA INGENIERIA  
DE ESPAÑA



Real  
Academia  
de Ingeniería

**MUCHAS GRACIAS POR SU  
ATENCIÓN**

Riesgo en el transporte de productos radioactivos

**ANTONIO SERRANO RODRÍGUEZ.**

Dr. Ingeniero de Caminos.

Licenciado en Ciencias Económicas.

Diplomado en Ordenación del Territorio.

Catedrático de Urbanística y Ordenación del  
Territorio Universidad Politécnica de Valencia (jubilado)

Miembro del CIDES y del Comité de Transportes  
del Instituto de la Ingeniería de España.

Miembro del Think Hub de la Fundación Caminos.