

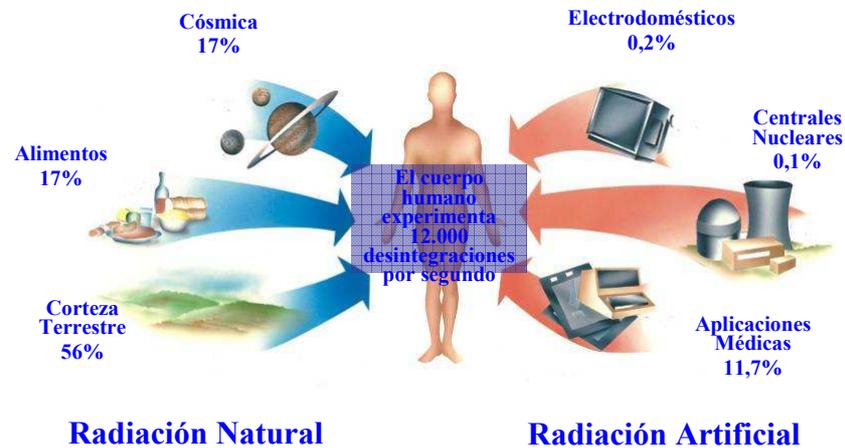


LA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS RADIATIVOS EN ESPAÑA

Cámara de Comercio e Industria de Zaragoza
27 de enero de 2011

Jorge Lang-Lenton
Director División de Administración

Radiaciones naturales y artificiales



Los plátanos son radiactivos, naturalmente (I)

En efecto, todos sabemos que esta fruta es rica en potasio, pero lo que tal vez nos sorprenda es descubrir que parte de ese potasio aparece en forma de isótopo radioactivo, el potasio-40. No os preocupéis, el contenido de esta sustancia es realmente bajo (apenas un 0,0117% del total del potasio), de modo que cada banana contiene aproximadamente 370 picocurios de potasio radioactivo (o 14 becquerelios), lo cual es una cantidad realmente despreciable.

De todos modos, la dosis es lo bastante elevada como para que los lectores de radiación situados en los puertos y aduanas den falso positivo de vez en cuando. Tranquilo, el contador Geiger no va a saltar si llevas un plátano en el bolso, pero si conduces un camión cargado de esta fruta, o descargas un contenedor de un barco, el contador lo notará.



Los plátanos son radiactivos, naturalmente (II)

La vida media del potasio-40 es de 1.240 millones de años. Si te comes un plátano, cada segundo que pase se desintegrarán 14 átomos de potasio-40 en tu organismo de forma totalmente inocua. De hecho, esta propiedad hace que este isótopo se emplee también (como el carbono-14) para hacer dataciones bajo ciertas circunstancias.

Si estás pensando que estas dosis son acumulables te equivocas. El hecho de que te comas un plátano diario no va a incrementar tus contenidos en potasio-40. Nuestro cuerpo controla internamente los niveles de este isótopo, de modo que cuando entra más potasio del necesario, el organismo se libra del exceso.

5

Residuos Radiactivos. Origen

ORIGEN

Los residuos radiactivos se generan en las siguientes actividades:

- Producción de energía eléctrica de origen nuclear y etapas necesarias para ello (Ciclo del Combustible Nuclear)
- Aplicación de isótopos radiactivos en múltiples actividades (medicina, industria, agricultura, investigación, etc.)
- Desmantelamiento de instalaciones nucleares y radiactivas



6

Clasificación de los Residuos Radiactivos

RESIDUOS DE BAJA Y MEDIA ACTIVIDAD (RBMA)

Contienen emisores β – γ con períodos de semidesintegración inferiores a 30 años, no generan calor y la concentración en emisores α es muy pequeña.

Pueden ser almacenados en El Cabril (Córdoba), incluyendo entre ellos el subconjunto de los Residuos de muy Baja Actividad (RBBA)

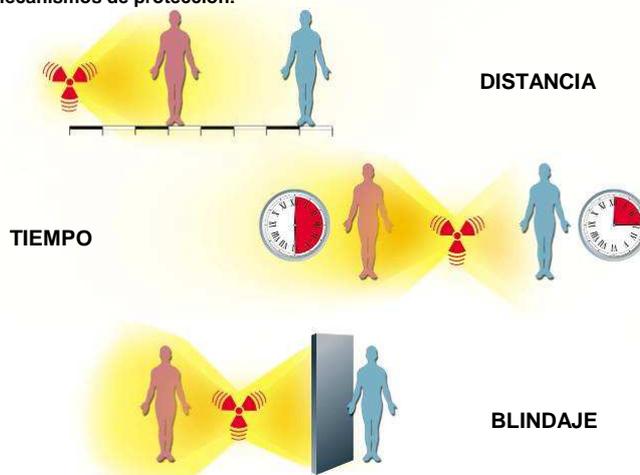
RESIDUOS DE ALTA ACTIVIDAD (RAA)

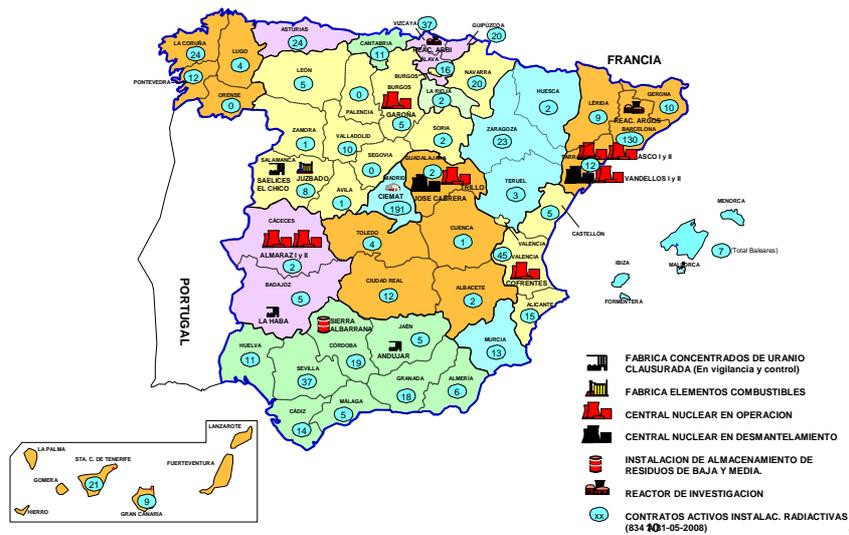
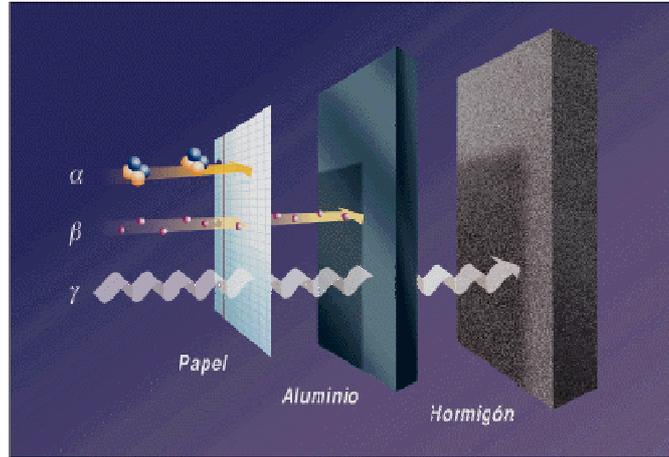
Contienen emisores α de vida larga, con período de semidesintegración superior a 30 años, en concentraciones apreciables y generan calor.

Por otra parte, el Combustible Gastado (CG) descargado de los reactores nucleares contiene los productos de fisión y los transuránidos generados durante su quemado. También hay otros residuos específicos de alta actividad y adicionalmente se incluyen los residuos de media actividad (RMA) que por sus características no son susceptibles de ser gestionados en El Cabril y requieren instalaciones específicas.

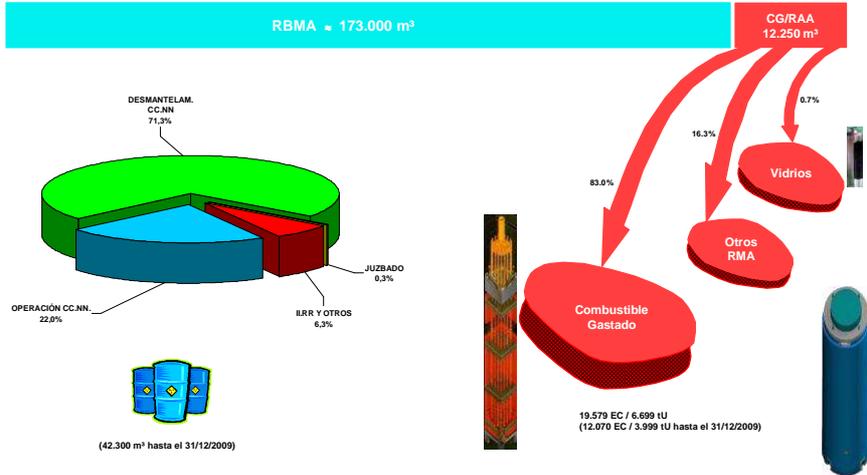
Residuos Radiactivos. Protección frente a las Radiaciones Ionizantes

Los radionucleidos emiten un tipo de radiación denominada IONIZANTE, que puede ser perjudicial para la salud y el medio ambiente. Para protegernos de sus efectos existen los siguientes mecanismos de protección:



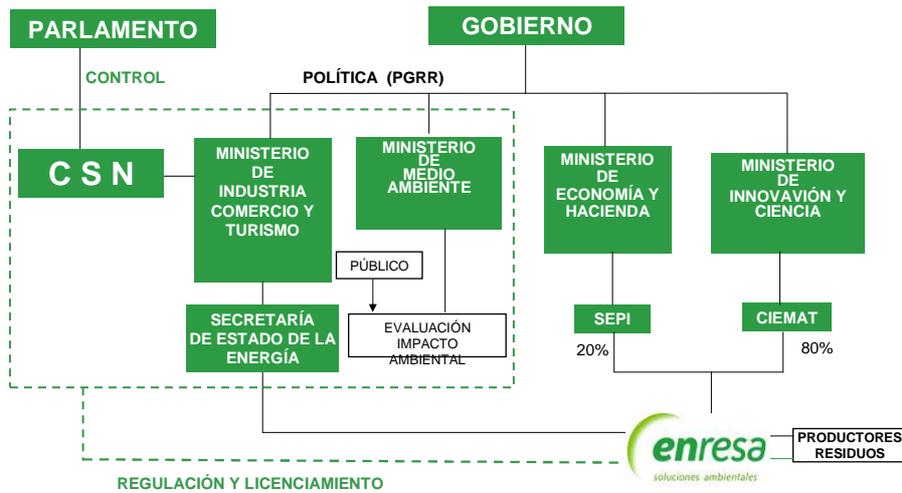


Residuos Radiactivos a gestionar en España



RBMA = Residuos de Baja y Media Actividad acondicionados (incluye residuos de muy baja actividad)
 CG/RAA = Combustible Gastado y Residuos de Alta Actividad encapsulados (incluye residuos de media actividad)
 EC = Elementos Combustibles
 CC.NN. = Centrales Nucleares
 I.R.R. = Instalaciones Radiactivas

Residuos Radiactivos. Estructura Organizativa



Resumen Formulación Política y Estrategia

Corresponde al Gobierno establecer la política sobre gestión de los residuos radiactivos y desmantelamiento y clausura de instalaciones nucleares y radiactivas

Aprobación Consejo de Ministros

- Revisión: Cada 4 años o a petición del MITYC
- ENRESA elabora y remite al MITYC
- Trámite de información
CSN, CC.AA, Industria, Agentes sociales, ...

Publicación en página web



Información a las Cortes



Detalle de RBMA



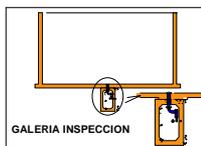
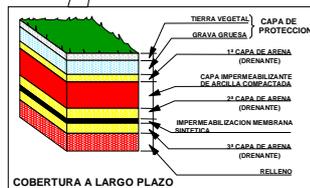
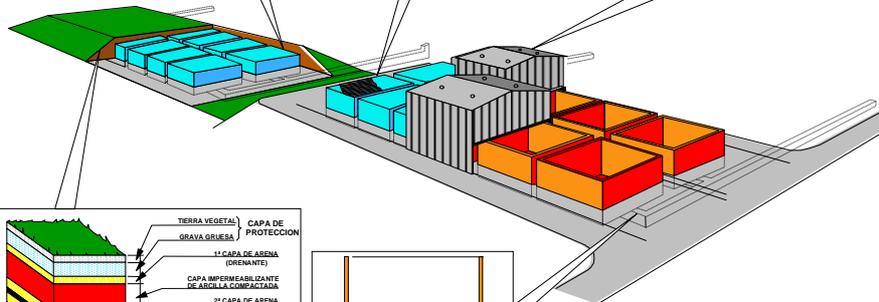
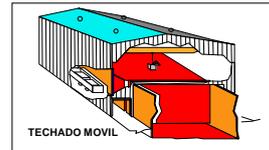
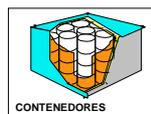


Carga de un camión en una central nuclear



Transporte a El Cabril

EL CABRIL





Llenado de un contenedor con bultos



Interior celda de almacenamiento





ROKKASHO (JAPON)



L'AUBE (FRANCIA)



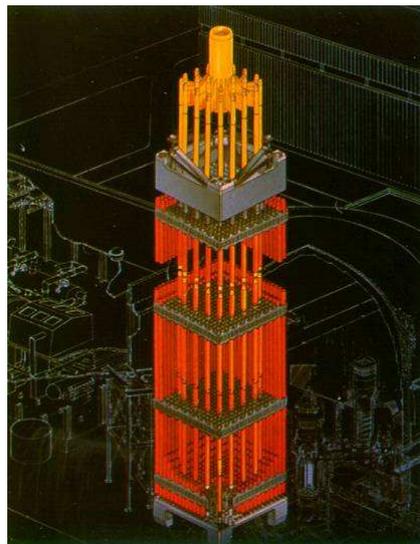
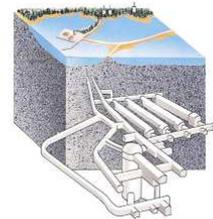
DRIGG (REINO UNIDO)



KONRAD (ALEMANIA)



SFR (SUECIA)



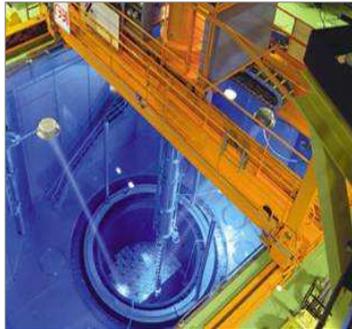


PASTILLAS DIÓXIDO URANIO

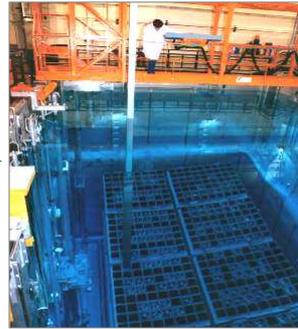
Centrales Nucleares



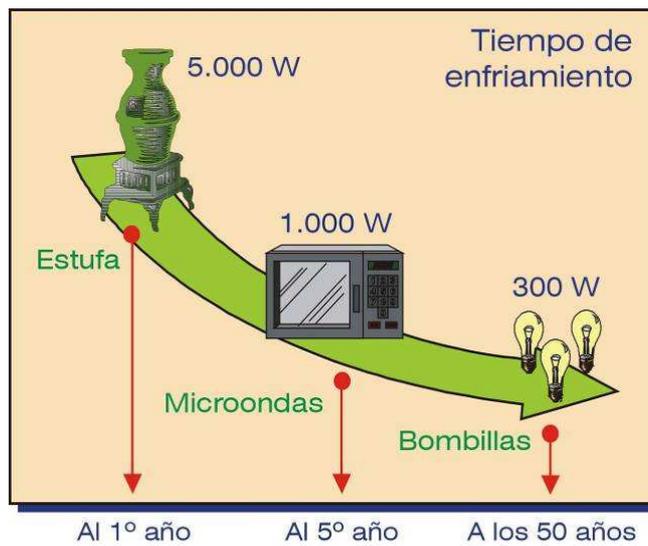
ELEMENTO COMBUSTIBLE FRESCO



NÚCLEO REACTOR



PISCINA CENTRAL NUCLEAR



Gestión Combustible Gastado/RAA

ALMACENAMIENTO TEMPORAL DEL CG

Total CG a gestionar = 6.675 tU

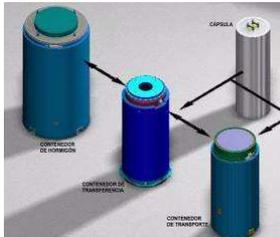
a 31/12/08 { 3.637 tU en piscinas
160 tU en Almacén C.N. Trillo



PISCINA DE UNA CENTRAL NUCLEAR



ALMACÉN C.N. TRILLO (finales de 2007)



SISTEMA ALMACENAMIENTO C.N. JOSÉ CABRERA

Necesidades de Gestión del Combustible Gastado

Escenario inicial

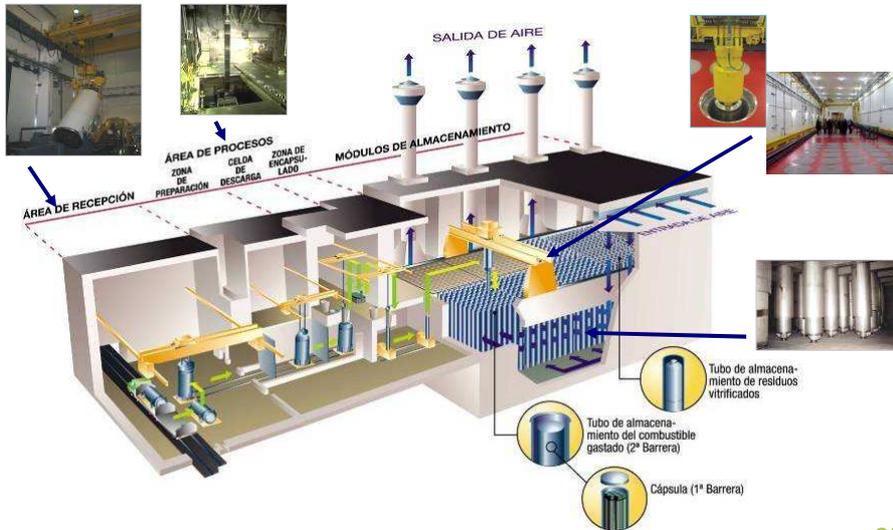
- Los residuos del reproceso de Vandellós I deben regresar a España a partir de 2011.
- El almacenamiento en las propias centrales nucleares empieza a ser insuficiente.
- El desmantelamiento de las centrales nucleares requiere la retirada del combustible gastado de sus piscinas.
- Hasta que se adopte una vía de gestión final, el combustible gastado debe estar aislado de forma segura del ser humano y del medio ambiente.



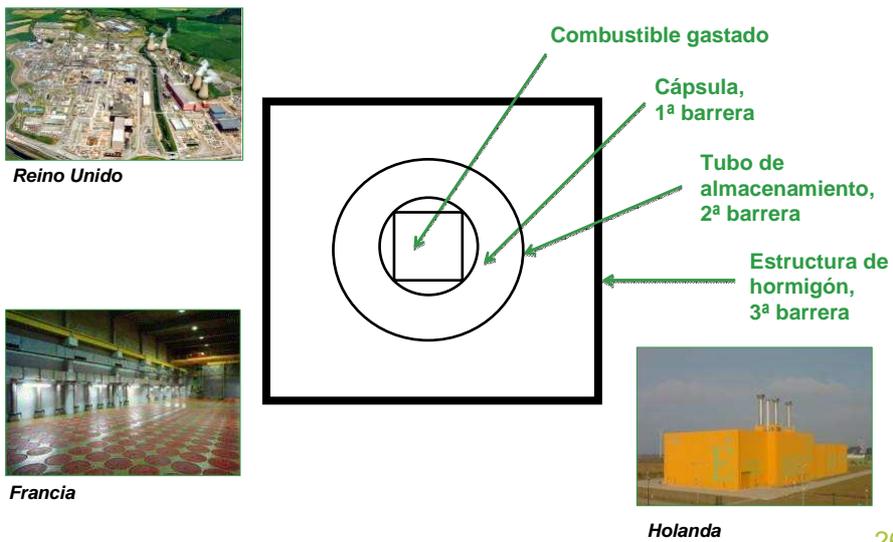
Necesidades actuales

- España necesita un Almacenamiento Temporal para el combustible gastado y los residuos de alta actividad.
- Es preferible que la instalación sea centralizada por motivos económicos y de seguridad.

Un sistema seguro de Aislamiento con Barreras



Un sistema de tres barreras contrastado en todo el mundo

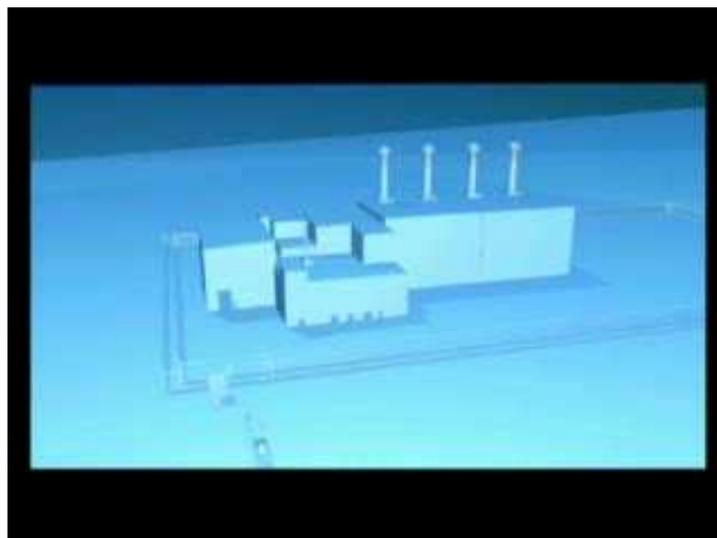


Qué es el Almacén Temporal Centralizado



- Una instalación industrial en la que se almacenará de manera segura el combustible gastado durante 60 años.
- Es una nave blindada que almacena el combustible en cápsulas selladas y garantiza su aislamiento total.
- Su diseño garantiza la ausencia de impacto sobre el medio ambiente y sobre las personas.
- Su diseño y estructura de hormigón aseguran el enfriamiento y aislamiento del combustible gastado.
- La tecnología de almacenamiento en seco en bóvedas para combustible gastado y vidrios, y en naves de hormigón para otros residuos acondicionados, está plenamente consolidada y disponible desde hace años.
- Permite recuperar el combustible gastado una vez decidido su destino final.

27



28



Comprende:

- Centro Tecnológico de ENRESA
- Polígono Industrial
- Otros Centros Tecnológicos asociados (CIEMAT, Local, ...)

HABOG (HOLANDA)



El Parque Tecnológico es un complejo industrial investigador que integra las funciones de almacenaje e investigación sobre combustible gastado. Consta de tres grandes instalaciones:

- El Almacén Temporal
- El Centro Tecnológico
- El Parque Empresarial



La Investigación en el Centro Tecnológico



Laboratorio de Residuos de Baja y Media Actividad y Radiactividad Ambiental



Laboratorio de Combustible



No se construirá ningún reactor nuclear



Laboratorio de Prototipos Industriales, Robótica y Simulación



Laboratorio de Materiales



Laboratorio de Química Avanzada y Medio Ambiente

Instalaciones de Almacenamiento Temporal Centralizado existentes en el mundo

<i>País</i>	<i>Instalación</i>	<i>Tipo</i>	<i>Material almacenado</i>
Alemania	Ahaus	Contenedores metálicos	Combustible gastado
	Gorleben	Contenedores metálicos	Combustible gastado y vidrios
Bélgica	Dessel	Bóveda	Vidrios
EEUU.	PFS*	Contenedores metal-hormigón	Combustible gastado
Federación Rusa	Mayak**	Piscina	Combustible gastado
	Krasnoyarsk**	Piscina Combustible	Combustible gastado
Francia	La Hague**	Piscina	Combustible gastado
		Bóveda	Vidrios
	CASCAD	Bóveda	Vidrios
Holanda	Habog	Bóveda	Combustible gastado y vidrios
Japón	Rokkasho	Piscina	Combustible gastado
		Bóveda	Vidrios
Reino Unido	Sellafield**	Piscina	Combustible gastado
		Bóveda	Vidrios
Suecia	CLAB	Piscina	Combustible gastado
Suiza	Zwilag	Contenedores metálicos	Combustible gastado y vidrios

* En fase de concertación. ** Incluidas en los propios complejos de reprocesado

Instalaciones de Almacenamiento Temporal en Países Seleccionados (I)

HOLANDA

- Número de centrales en operación: 1
- Descarga anual de combustible gastado: 8t
- Reproceso: Si
- Experiencia en almacenes centralizados: Habog está en operación desde 2003. Se almacenan residuos de alta actividad y combustible gastado de reactores de investigación. Tiene una vida de diseño de al menos 100 años



EMPLAZAMIENTO	I=INDIVIDUAL C=CENTRALIZADA	TECNOLOGÍA
HABOG	C	BOVEDAS

Instalaciones de Almacenamiento Temporal en Países Seleccionados (II)

FRANCIA

- Número de centrales en operación: 58
- Descarga anual de combustible gastado: 1100
- Reproceso: Si
- Experiencia en almacenes centralizados: Desde los años 60 en piscina, y en los 70 en bóvedas



EMPLAZAMIENTO	I=INDIVIDUAL C=CENTRALIZADA	TECNOLOGÍA
LA HAGUE	C	PISCINAS, BOVEDAS
CADARACHE	C	BOVEDAS

Instalaciones de Almacenamiento Temporal en Países Seleccionados (III)

SUIZA

- Número de centrales en operación: 5
- Descarga anual de combustible gastado: 60t
- Reproceso: Si
- Experiencia en almacenes centralizados: El almacén de Zwilag entró en operación en 2001. Tiene una capacidad de 200 contenedores



EMPLAZAMIENTO	I=INDIVIDUAL C=CENTRALIZADA	TECNOLOGÍA
ZWILAG	C	CONTENEDORES METÁLICOS

Instalaciones de Almacenamiento Temporal en Países Seleccionados (IV)

SUECIA

- Número de centrales en operación: 10
- Descarga anual de combustible gastado: 180
- Reproceso: No (si en el pasado)
- Experiencia en almacenes centralizados: CLAB está en operación desde 1985, junto a la central de Oskarsham. La piscina se encuentra situada en una caverna en el granito a 30m de profundidad



EMPLAZAMIENTO	I=INDIVIDUAL C=CENTRALIZADA	TECNOLOGÍA
OSKARSHAM	C	PISCINAS

Instalaciones de Almacenamiento Temporal en Países Seleccionados (V)

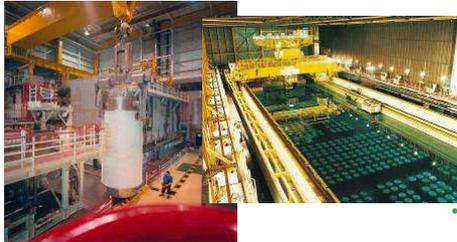
REINO UNIDO

Número de centrales en operación: 19

Descarga anual de combustible gastado: 309 t

Reproceso: Si

Experiencia en almacenes centralizados: Desde los años 60 en piscinas y 70 en bóvedas



EMPLAZAMIENTO	INDIVIDUAL	
	C=CENTRALIZADA	TECNOLOGÍA
SELLAFIELD	C	PISCINAS, BOVEDAS
WYLFA	I	BOVEDAS

Convocatoria Pública (B.O.E. 29-12-09)



Procedimiento Administrativo Licenciamiento



IMPACTO
SOCIOECONÓMICO DEL
PARQUE TECNOLÓGICO
ATC

Inversión y Empleo Previstos

- Están previstas inversiones por valor de 700 millones de euros para el desarrollo del Parque Tecnológico.
- Se estima que un elevado porcentaje de la mano de obra implicada en el proyecto será local.
 - Entre 300 y 500 trabajadores durante la fase de construcción.
 - 150 trabajadores durante la fase de operación.
- Un 50% de los gastos de explotación necesarios para el funcionamiento del Parque Tecnológico reverterán en el entorno.
- Se prevé que los recursos invertidos en la zona generarán un volumen de actividad económica, en términos de renta y empleo cuatro veces superior.
- La inversión prevista se financiará con cargo al Fondo para la Financiación de la gestión de los residuos radiactivos, Fondo independiente de los Presupuestos Generales del Estado.



Impacto Socioeconómico Asociado a la Construcción

	INVERSIÓN	EMPLEO DIRECTO
	MILLONES EUROS	Nº PERSONAL/DÍA
CONSTRUCCIÓN		
CONSTRUCCIÓN ATC FASE I (2010-2015)	284	DE 300 A 500
CONSTRUCCIÓN CENTRO TECNOLÓGICO (2010-2015)	90	80
CONSTRUCCIÓN PARQUE EMPRESARIAL (2010-2015)	10	INCLUIDO ATC FASE I
CONSTRUCCIÓN ATC FASE II (2019-2021)	170	150
CONSTRUCCIÓN ATC FASE III (2027-2029)	146	150

PERFILES PROFESIONALES

- TITULADOS SUPERIORES E INGENIEROS DE DIVERSAS ESPECIALIDADES.
- SUPERVISORES DE OBRA.
- PROFESIONALES DE LA CONSTRUCCIÓN (TODOS LOS OFICIOS).
- MONTADORES, SOLDADORES, CONDUCTORES, MAQUINISTAS, ETC.
- PERSONAL DE PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES, GARANTÍA DE CALIDAD Y MEDIOAMBIENTE.
- PERSONAL ADMINISTRATIVO.
- PERSONAL SEGURIDAD FÍSICA.
- PERSONAL SANITARIO (MÉDICO/ATS).

Impacto Socioeconómico Asociado a la Operación

	EXPLOTACIÓN	
	GASTOS MILLONES EUROS	EMPLEO DIRECTO Nº PERSONA/DÍA
ATC (ALMACENAMIENTO + RECEPCIÓN) (2015-2035)	8,9	90
PERSONAL	5,4	
SUMINISTROS	3,5	
ATC (ALMACENAMIENTO) (2035-2075)	5,3	45
PERSONAL	2,8	
SUMINISTROS	2,5	
CT (2015-HASTA FINAL)	4,8	30
PERSONAL	1,8	
SUMINISTROS	0,5	
PROYECTOS I+D	2,5	

PERFILES PROFESIONALES DURANTE LA OPERACIÓN

- OPERADORES DE LA PLANTA.
- TÉCNICOS Y OPERARIOS GESTIÓN DE RESIDUOS.
- PERSONAL DE MANTENIMIENTO (MECÁNICO, ELÉCTRICO, ETC), PROTECCIÓN RADIOLÓGICA, PREVENCIÓN RIESGOS LABORALES, GARANTÍA DE CALIDAD Y MEDIOAMBIENTE, SISTEMAS DE INFORMACIÓN, FORMACIÓN/COMUNICACIÓN.
- PERSONAL ADMINISTRATIVO.
- PERSONAL SEGURIDAD FÍSICA.
- CONDUCTORES/MAQUINISTA.
- OPERARIOS LIMPIEZA INDUSTRIAL, MANTENIMIENTO DEL EMPLAZAMIENTO.

Actividades y Suministros durante la Operación

- MANTENIMIENTO Y EQUIPAMIENTO**
- Obra civil y limpieza
 - Jardinería
 - Mobiliario
 - Droguería/Ferretería
 - Carpintería, pintura y otros servicios
 - Mantenimiento de vehículos

- MANTENIMIENTO EXTERNO**
- Control centralizado de ventilación
 - Equipamiento de seguridad física
 - Control de la contaminación
 - Equipos de climatización
 - Sistema contra incendios

- SUMINISTROS Y TRABAJOS**
- Repuestos (climatización, ventilación, calderas, electricidad, mecánicos,...)
 - Repuestos, instrumentación
 - Equipos de laboratorio
 - Carburante, gasóleo y gas
 - Servicio de vigilancia

- FORMACIÓN**
- Formación continuada de supervisores y operadores
 - Especialistas médicos
 - Formación en Prevención de Riesgos Laborales
 - Formación en Protección Radiológica



Resumen Impactos Económicos

Riqueza Regional	La actuación ATC supondrá una inversión de 700 M€ en construcción (179 de éstos en obra civil) distribuidas en 3 fases
	Funcionamiento del ATC y su Centro Tecnológico asociado supondrá para la región de acogida de 13,7 M€ anuales en gastos de operación y explotación
	Estas cifras se verán incrementadas por el efecto indirecto e inducido de la inversión en función de la localización definitiva
	La recaudación impositiva también se verá incrementada, tanto por el incremento de la actividad económica y empresarial y por la asignación de 7,8 M€ , según Orden Ministerial
Modelo Productivo	Es previsible la atracción de empresa de media y media alta tecnología a la zona (actividades informáticas de seguridad, repuestos de instrumental y electrónica, etc.)
	Es posible que se registre una progresiva modernización empresarial
	El presupuesto del Centro Tecnológico asciende a 2.5 M€ en

45

Resumen Impactos en la Sociedad

Calidad de Vida	El personal que trabaja en el ATC o en el Centro Tecnológico tiene una renta media estima de unos 60.000 € anuales por trabajador
	Se generará 150 empleos directos estables y de alta cualificación. A esta cifra se debe de incorporar el empleo indirecto e inducido generado por el estímulo económico regional, que variará en función de la localización seleccionada
Población	Aumento de población estimado en 300 personas
	En función de la localización definitiva, es previsible que el incremento de la población debida al ATC rejuvenezca la estructura demográfica
Formación Científica	La actividad científica del Centro Tecnológico impulsará la creación de nuevas carreras y formación técnica
	La colaboración del Centro Tecnológico con la Universidad favorecerá el incremento del número de doctores

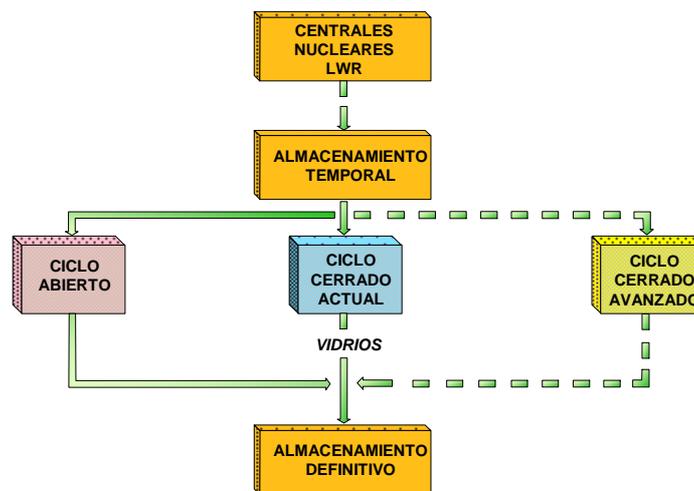
46

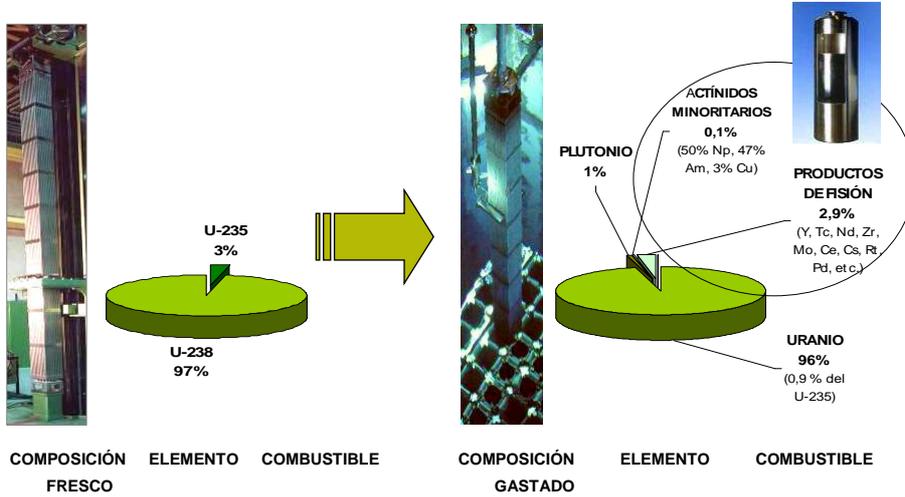
Conclusiones

- El ATC es una instalación industrial y científica.
- Su tecnología es segura, económica y probada.
- Generará empleo y riqueza en la zona.
- Potenciará la investigación en el entorno y será lugar de encuentro de investigadores nacionales e internacionales.
- Constituirá un punto de referencia internacional.



Rutas alternativas de gestión del combustible gastado





OBJETIVOS BÁSICO

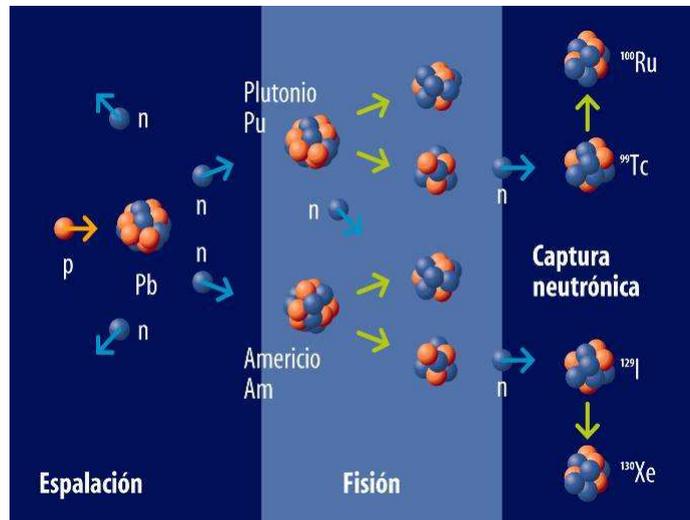


Reducir el inventario radiotóxico de los residuos de alta actividad y, como consecuencia, el riesgo radiológico potencial a largo plazo.

SEPARAR Y TRANSMUTAR

Eliminar los actínidos (U, Pu, Am, Cm, Np) presentes en el combustible irradiado y algunos productos de fisión de vida larga (I, Tc, Cs) y alta movilidad.

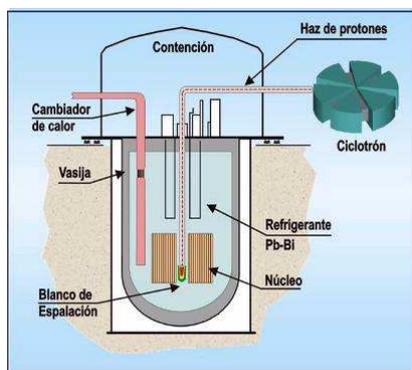
Esquema de la Transmutación



51

ÁREA 1: Tecnología del Residuo

LÍNEAS 2 Y 3: SEPARACIÓN Y TRANSMUTACIÓN



(en fase de diseño)

- ❑ Mejora de la Tecnología de separación y extracción de actínidos y productos de fisión. (Participación en los proyectos EUROPART y Red de excelencia ACTINET).
- ❑ Participación en los desarrollos europeos de transmutadores según la tecnología ADS. (Evolución y mejora de diseños conceptuales de sistemas subcríticos accionados por acelerador).
- ❑ Análisis y evaluación de ciclos avanzados del combustible nuclear. Impacto de la Transmutación en la gestión de residuos radiactivos: RED IMPACT.
- ❑ Mejora de las tecnologías de simulación y participación en foros internacionales (6º PM, OCDE).

52

Tratamiento final. Instalación WIPP



Vista interior de las galerías principales de WIPP



Vista general de la instalación de WIPP

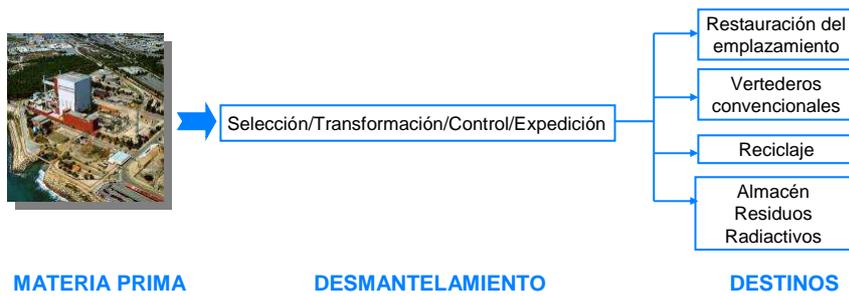
Desmantelamiento



Antes y después del desmantelamiento a nivel 2 de la C.N. Vandellós 1

Desmantelamiento C.N. Vandellós I. Parámetros de un Desmantelamiento

- Desmantelar no es Demoler
- El desmantelamiento es un proceso industrial controlado, que asegura el cumplimiento de la normativa exigida a los productos finales en función de su destino



Desmantelamiento C.N. Vandellós I. Gestión de materiales

MATERIALES PROCEDENTES DEL DESMANTELAMIENTO



Almacenamiento



Contenedores Metálicos de Transporte



Centro de Almacenamiento de El Cabril



Contenedores de Medida y Desclasificación



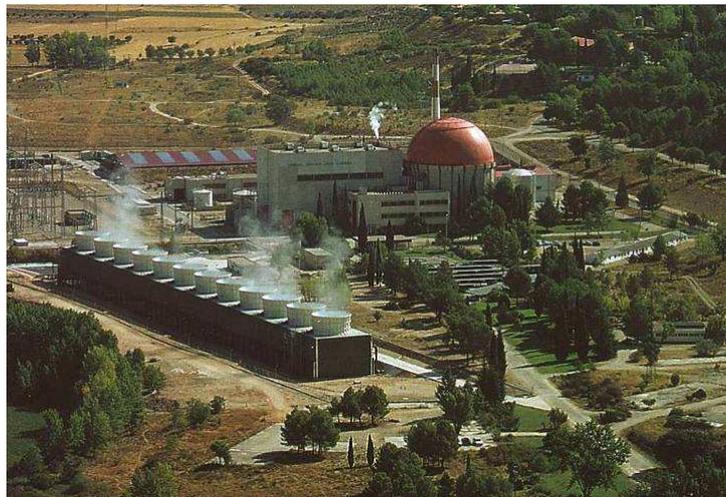
Reciclaje



Contenedores para segregación de banales



Vertederos controlados



Clausura de la FUA



Situación de las antiguas instalaciones de la FUA antes de su desmantelamiento



Estado final del emplazamiento después de las labores de desmantelamiento realizadas por ENRESA

La ejecución de las obras, llevadas a cabo desde 1991 a 1994, supusieron la estabilización de 361.000 m³ de estériles.

Ensayos de Resistencia de Contenedores



DENOMINACIONES DE ORIGEN EN FRANCIA

Fuente: MINISTERIO DE AGRICULTURA
Instituto Nacional del Origen y de la Calidad (Francia)

Productos franceses con Denominación de Origen

Central nuclear	Término municipal	Productos con D.O	Otros productos
BLAYAIS	Braud-et-Saint Louis	Mantequilla Vinos: Bordeaux, Blaye Vinos base para elaboración de otros	Carnes: Ternera de Pauillac, Buey de Bazas Patos para elaboración de Foie gras Embutido: Jamón de Bayonne
CHINON	Avoine	Vinos: Chinon, Sainte-Maure de Tourain, e Crémant de Loire Vinos base para elaboración de otros	Carnes: Cordero de Poitou- Charentes Buey de Maine
SAINT LAURENT	Saint Laurent-Nouan	Vinos : Cheverny, Crémant de Loire Vinos base para elaboración de otros	Aves de Orléanais
MARCOULE	Chusclan	Vinos : de Ribera del Rhône de Ribera del Rhône (Chusclan)	Miel de Provence, Aves de Languedoc
CHOOZ	Chooz		Jamones curados de Ardennes Aves de Champagne

Productos franceses con Denominación de Origen

Central nuclear	Término municipal	Productos con D.O	Otros productos
BUGEY	Saint - Vulbas	Quesos: Comté	Quesos: Emmental francés del Est-Central Gruyère Aves de l'Ain
FESSENHEIM	Fessenheim		Queso fresco (crema) de Alsace Miel de Alsace Patés de Alsace Aves de Alsace
PIERRELATTE	Pierrelatte	Queso: Picodon	Ajos de Drôme, Miel de la Provence, Aves de Drôme
DAMPIERRE	Dampierre-sur-Loire		Carnes: Buey de Maine, Melón: de Haut Poitou
CRUAS	Cruas	Queso: Picodon	Aves de Drome
PALUEL	Paluel	Queso: Camembert de Normandie	Sidra de Normandie Carne: Cerdo de Normandie Aves de Normandie
FLAMANVILLE	Flamanville	Quesos: Camembert de Normandie Pont-l'Évêque Cassoulet - Mont Saint	Sidra de Normandie Carne: Cerdo de Normandie Aves de Normandie

63

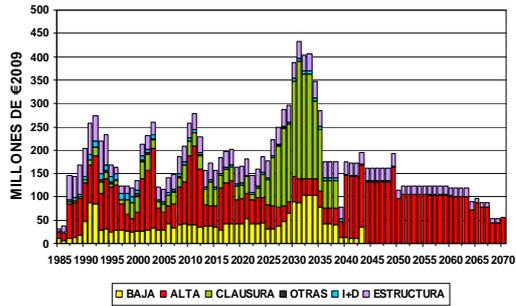
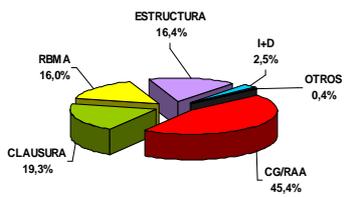
Productos franceses con Denominación de Origen

Central nuclear	Término municipal	Productos con D.O	Otros productos
SAINT ALBAN	Saint- Alban du Rhône		Queso: Emmental francés Est-Central Aves de Drôme
CATTENOM	Cattenom		Frutas: Bergamota de Nancy Ciruelas blancas de Lorraine
BELLEVILLE	Léré	Queso: Chavignol (cabra)	Aves de l'Orléanais Aves de Berry
GOLFECH	Golfech		Patos para Foie gras Embutido: Jamón de Bayonne Fruta: ciruelas negras de Agen Aves de Gascone
CIVAUX	Civaux	Mantequilla: Cherentes-Poitou Charentes Deux Sevres	Embutido: Jamón de Bayonne Carnes: Cordero de Poitou-Charentes Cerdo de Limousin Ternera blanca de Limousin

64

COSTE DE LA GESTIÓN

Coste total estimado \approx 15.000 M€09 (1985-2070)



- Incurrido \approx 25% del total a finales de 2007

