

19 de Noviembre de 2010

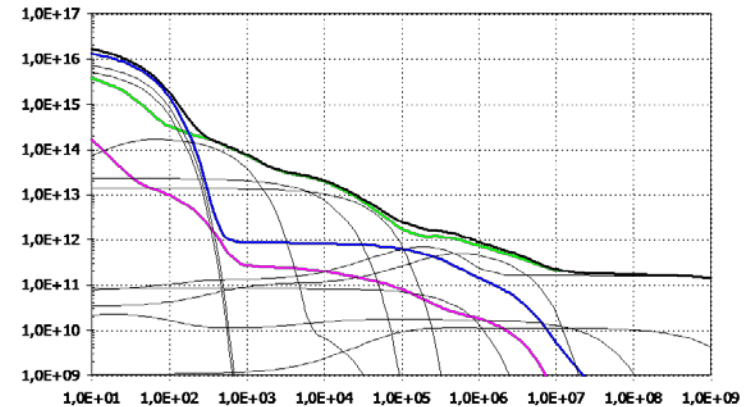
# La gestión del combustible gastado y los residuos radiactivos de alta actividad

Pablo Zuloaga  
ENRESA

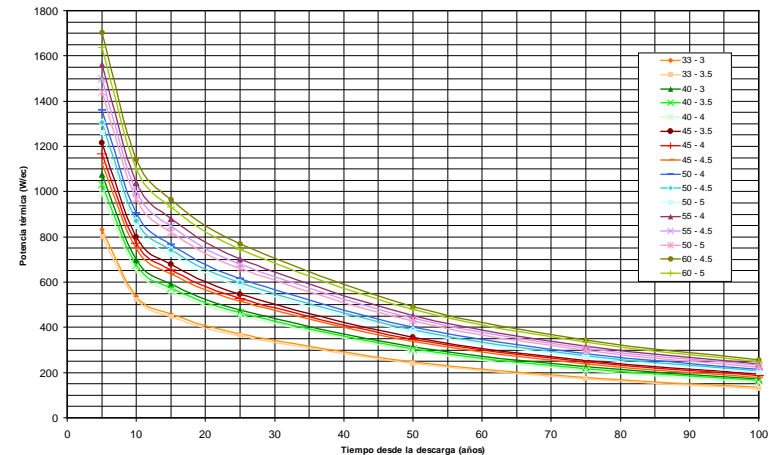
## El combustible gastado



- Contiene
  - Uranio
  - Plutonio
  - Productos de Fisión
  - Actínidos minoritarios
- Genera calor
- Se caracteriza por:
  - Grado de quemado
  - Enriquecimiento inicial
  - Tiempo de enfriamiento
  - Estado



Potencia térmica residual del combustible gastado (EC PWR 17x17) para distintos grados de quemado (GWd/tU) y enriquecimientos U235 (%) iniciales



## Opciones de gestión a largo plazo del combustible

- **Opciones de gestión a largo plazo**

- almacenamiento final directo

- *encapsulado*

- reciclado industrial

- *Reproceso + gestión U Rep y Plutonio (MOX) + gestión residuos (vidrios y RMA)*

- reciclados avanzados en desarrollo

- *Reproceso + separación avanzada*

- *Nuevos tipos de reactores o ADS*

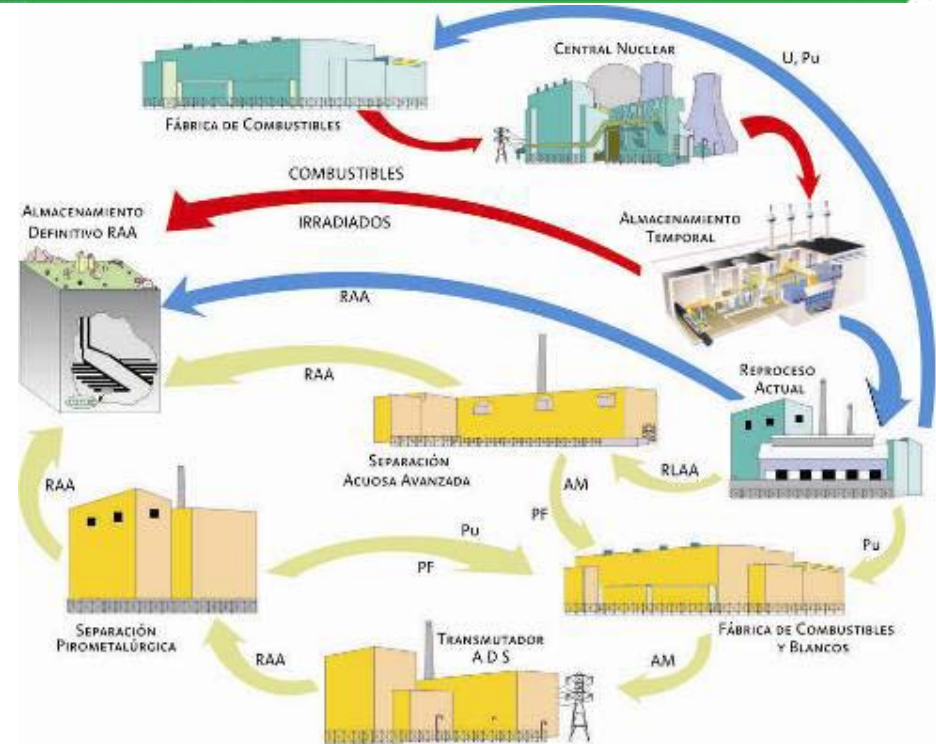
- **Su definición necesita tiempo**

- estrategia energética

- desarrollo tecnológico

- consenso social

- ***El almacenamiento temporal durante décadas es una necesidad***



LEYENDA

<span style="color: red;">■</span>	Ciclo Abierto
<span style="color: blue;">■</span>	REPROCESO CONVENCIONAL
<span style="color: green;">■</span>	REPROCESO AVANZADO (SEPARACIÓN Y TRANSMUTACIÓN)
ADS	ACCELERATOR DRIVEN SYSTEM
AM	ACTIVIDADES MENORITARIAS
RAA	RESIDUOS ALTA ACTIVIDAD
RLAA	RESIDUOS LÍQUIDOS DE ALTA ACTIVIDAD
PF	PRODUCTOS DE FISIÓN
Pu	PLUTONIO
U	URANIO

## Tecnologías de almacenamiento temporal

### • Piscinas

- El agua proporciona refrigeración y blindaje
- Siempre necesaria en los primeros años
- Requiere sistemas activos

### • En seco

- Menos necesidades de vigilancia
- Menos costes de explotación
- Variantes, **con las mismas bases**
  - *Contenedores metálicos en edificio*
  - *Contenedores metálicos en módulos de hormigón sobre losa*
  - *Nichos con cápsulas en horizontal*
  - *Contenedores metálicos sobre losa*
  - *Bóvedas*
- Conveniencia de variante según cantidad a gestionar
  - *Para el ATC seleccionada: **bóvedas***
  - **Compacta, celdas calientes, condiciones de conservación**



## Combustible y residuos de alta y media a gestionar

De acuerdo con las hipótesis del VI PGRR:

- 6700 tU de combustible gastado (20.000 elementos)
- 84 cápsulas de unos 0,176 m<sup>3</sup> de residuos de alta actividad vitrificados, procedentes del reproceso de combustible de Vandellós 1
- Residuos de media actividad, no previstos en El Cabril, procedentes de
  - Reproceso de combustible de Vandellós 1 en Francia
  - Desmantelamiento de internos de los reactores de las centrales



## Incremento de la capacidad en central

- **Cambio de bastidores en todas las centrales**

- Sustitución de los originales por otros más compactos, con absorbentes de neutrones.
- Cambio de bastidores en C.N. Cofrentes en 2009.

- **Almacenamiento en seco en contenedores en C.N. Trillo**

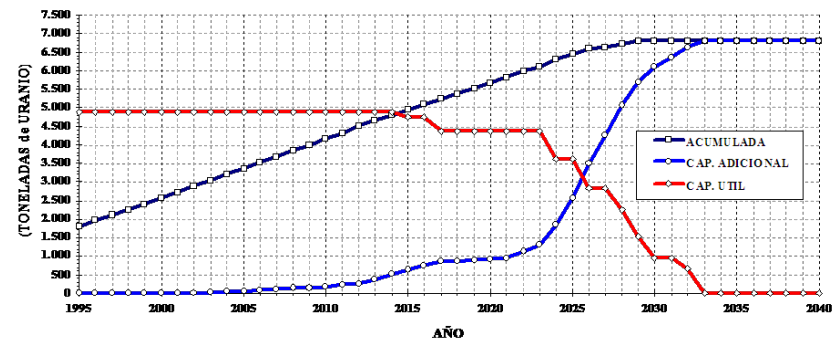
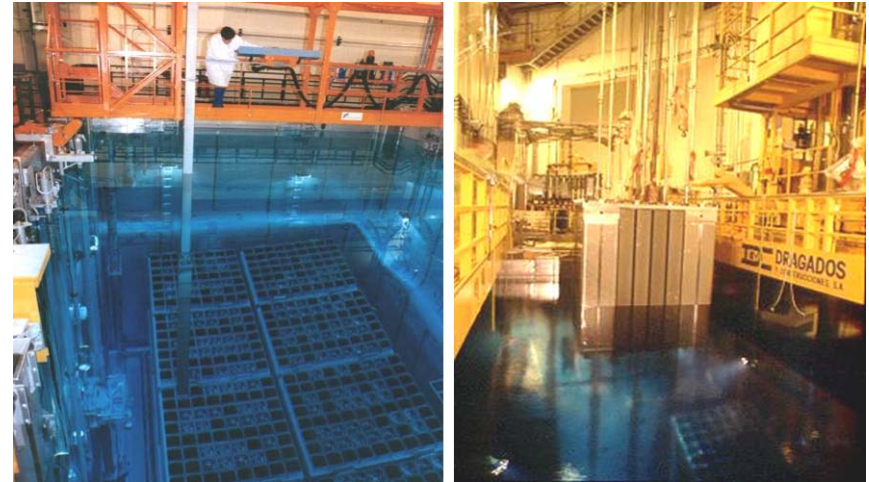
- Contenedores ENSA DPT

- **Almacenamiento en seco en C.N. Zorita**

- Inventario total para permitir el desmantelamiento
- Sistema HI STORM

- **Almacenamiento en seco en C.N. Ascó**

- Sistema HI STORM
- Cantidad de módulos dependerá de la puesta en servicio del ATC (inicialmente 10)
- Inicio de operación previsto en 2012



## ATI CN TRILLO

- **Sistema de almacenamiento**
  - Contenedores metálicos de doble propósito.
- **ENSA DPT**
  - ENRESA titular de la licencia
  - 21 elementos por contenedor
  - Licencia ampliada de 45 a 49 GWd/tU
- **ATI puesto en servicio en 2002**
  - Dentro de un Edificio
  - Capacidad para 80 contenedores
  - 20 contenedores almacenados
    - *420 elementos combustibles*



## ATI CN José Cabrera (Zorita).

### Sistema norteamericano HI STORM

- Cápsulas Multipropósito MPC
- Módulos de blindaje HI STORM
- Contenedores de transferencia HI TRAC
- Contenedor de Transporte HI STAR
- Sistemas auxiliares, incluyendo el de secado por recirculación de helio

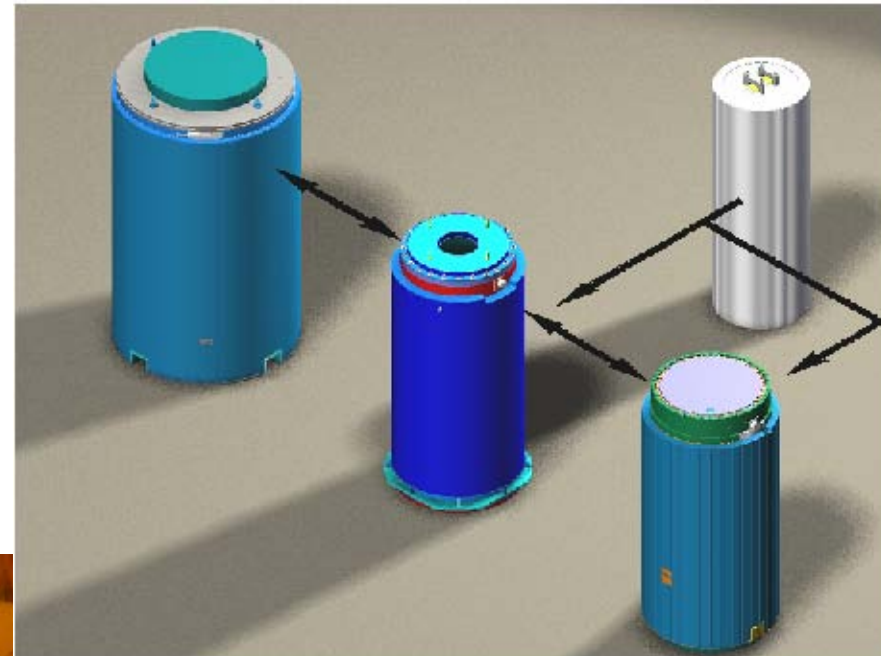
### Instalación: Losa con 12 módulos (+4 para Residuos de media)

### 100% del inventario transferido en 2009

- 377 elementos (100.5 tU)
- Espacio muy limitado en contención

### Mismo sistema previsto en Ascó

- Manejo más fácil en edificio de combustible
- Contenedor de Transporte el mismo que en Zorita

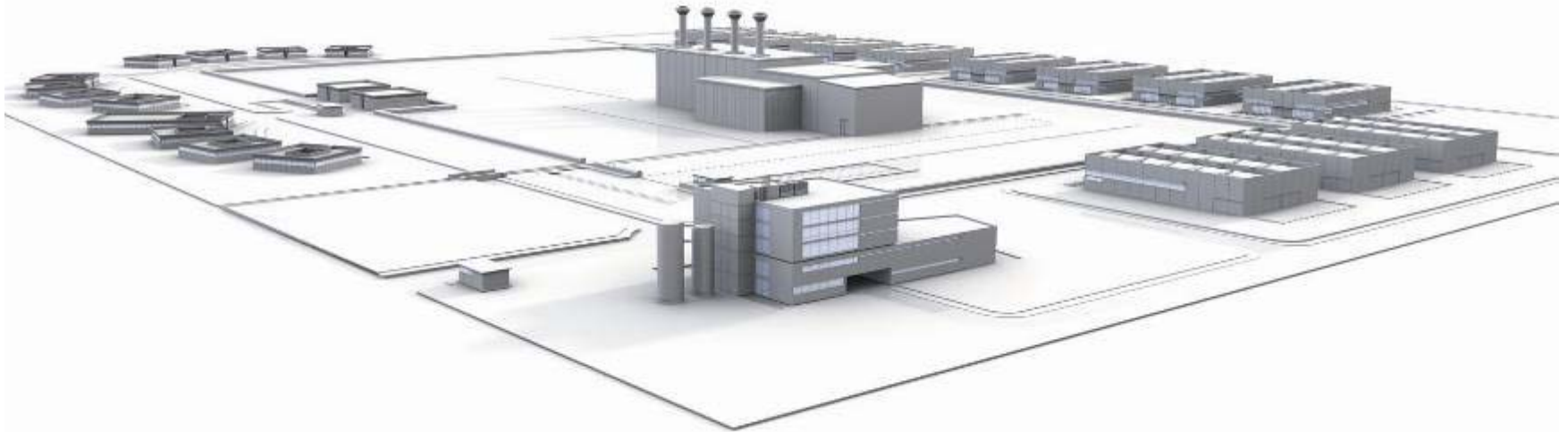


## Objetivos de una instalación de almacenamiento en seco

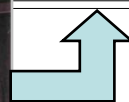
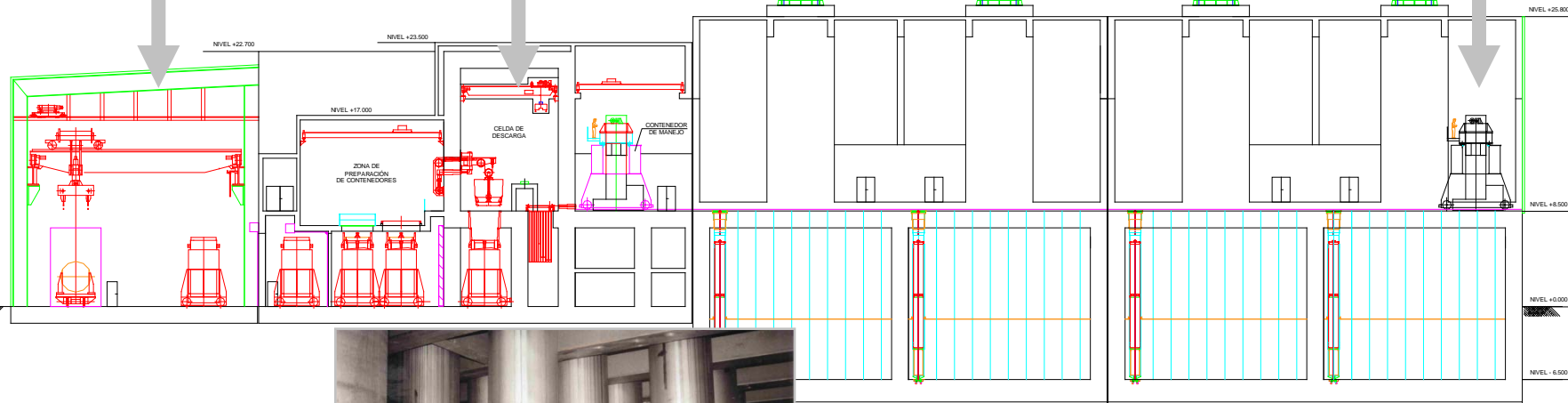
- **Protección de los trabajadores, del público y del medio ambiente**
  - Criticidad
    - *Impedir la posibilidad de una reacción en cadena.*
    - *Geometría + Absorbentes neutrónicos*
  - Confinamiento
    - *Impedir la posible dispersión de elementos radiactivos*
    - *Doble barrera*
  - Blindaje
    - *Reducir los niveles de radiación para los trabajadores y el público*
- **Recuperabilidad**
  - No condicionar decisiones sobre opciones futuras
    - *Condiciones de manejo, transporte y almacenamiento*
- **Para ello:**
  - **Refrigeración:** no superación de la temperatura máxima de la vaina
- **Por tratarse de plazos prolongados:**
  - Refrigeración **pasiva**
  - Condiciones ambientales de almacenamiento (combustible en **gas inerte**)
- **Instrucciones de seguridad específicas del CSN**
  - IS-20, contenedores: IS-29, Instalaciones de almacenamiento temporal

## El parque tecnológico del ATC

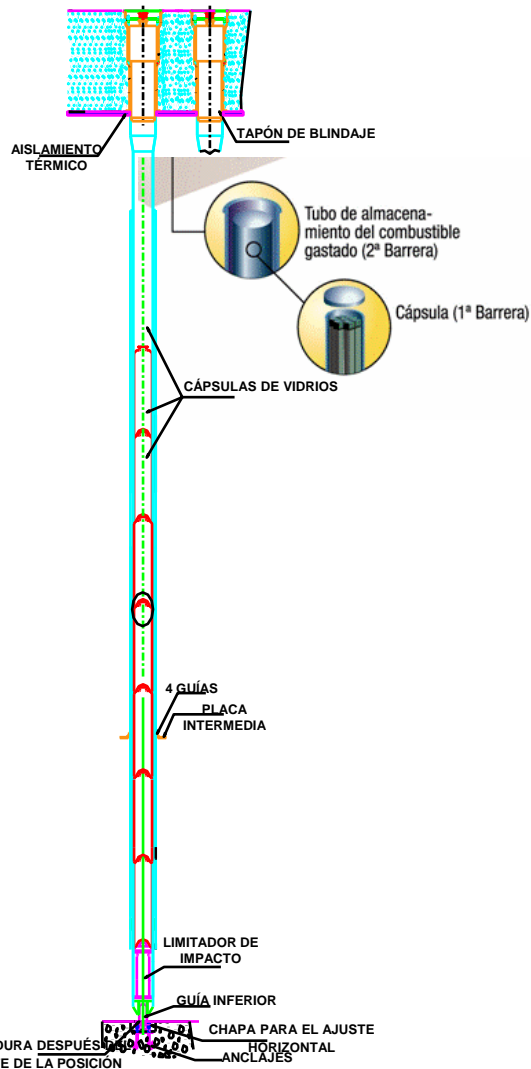
- **El ATC forma parte de una actuación de un conjunto industrial y de investigación: El Parque tecnológico ATC**
- **Consta de tres partes principales:**
  - El ATC
  - El centro tecnológico
  - El parque empresarial



## Sección de la Instalación



## Bóvedas de almacenamiento



- **Combustible dentro de una cápsula de acero inoxidable sellada (soldada y verificada)**
  - En atmósfera de gas inerte seco (helio)
  - Temperatura de vaina inferior a 380°C:
    - *va disminuyendo;*
    - *máximo reglamentario 400°C*
- **Cápsula dentro de un tubo o pozo de almacenamiento**
  - Gas inerte dentro del tubo: argón o nitrógeno para permitir detección de helio
  - Absorbedor de choque en la parte inferior del tubo
  - Pared del tubo de almacenamiento doble, formando una camisa por la que circula el aire de enfriamiento: éste no está en contacto con el combustible, ni siquiera con la cápsula
- **Refrigeración por tiro natural:**
  - una chimenea de 45 m por bóveda

## Prevención

- **En la zona de recepción**
  - El combustible está dentro del contenedor de transporte, ensayado para condiciones accidentales (caída, fuego, etc)
- **En la zona de proceso**
  - Combustible fuera del contenedor sólo dentro de la zona blindada con paredes de más de 1,8 m de espesor
  - Celdas calientes de manipulación para descarga, transferencia a las cápsulas y sellado de éstas
  - En depresión, con confinamiento dinámico mediante la ventilación, con doble filtración absoluta (HEPA)
  - Equipos a prueba de fallo único + hipótesis de caída
- **En la zona de almacenamiento**
  - Combustible en cápsulas, en atmósfera de helio seco
  - Cápsulas en tubos en atmósfera de nitrógeno
  - Aire de enfriamiento por fuera del tubo (camisas de refrigeración), nunca en contacto con el combustible, ni siquiera con la cápsula
  - Enfriamiento por tiro natural
  - Bóvedas de hormigón armado de cerca de dos metros de espesor

## Puntos fuertes y Retos

- **Puntos fuertes:**
  - Resuelto tecnológicamente. Amplias referencias internacionales
  - Experiencia de almacenamiento en seco en España
  - Genérico apreciado favorablemente por CSN
  - Compacidad, robustez, resistencia
  - Facilidad de la reversibilidad, capacidades de las celdas
- **Retos:**
  - El emplazamiento
  - Complejidades técnicas de los equipamientos
    - *Optimización de cápsulas para todo el inventario de combustible*
    - *Cargas pesadas.*
    - *Manejo y mantenimiento a distancia.*
    - *Contenedores y equipos de transferencia especiales.*
    - *Equipamiento celda caliente*
  - Plazos

## Experiencias internacionales

- Existe una larga experiencia internacional
- La opción de almacenar el combustible gastado en un ATC ha sido la escogida por los países más avanzados como Suecia, Holanda, Francia, Japón, Bélgica, Suiza, Alemania y Reino Unido cuya experiencia avala su seguridad.
- El modelo para el ATC español es el centro HABOG, en Holanda, en funcionamiento desde el año 2003.



HABOG. Países bajos. Llegada, descarga contenedor, celda y tubos de almacenamiento



## El centro tecnológico asociado al ATC

- **ENRESA mantiene, desde los años 80, planes de Investigación y Desarrollo para apoyar la gestión de residuos:**
  - Optimización de procesos y prácticas de aspectos de la gestión que están a nivel industrial
  - Desarrollo de tecnologías en prácticas aún no implantadas industrialmente
  - Profundización del conocimiento para mejora de las evaluaciones de seguridad, reducción de incertidumbres, y evaluación de los márgenes de seguridad
  - Apoyo a la toma de decisiones sobre opciones de gestión
- ***El centro tecnológico asociado al ATC es una oportunidad para la investigación y desarrollo y presenta sinergias con el propio ATC***
  - *Celda caliente del ATC*
  - *Posibilidades de inspección y Ensayos de comportamiento de combustible*
  - *Instalaciones auxiliares comunes*

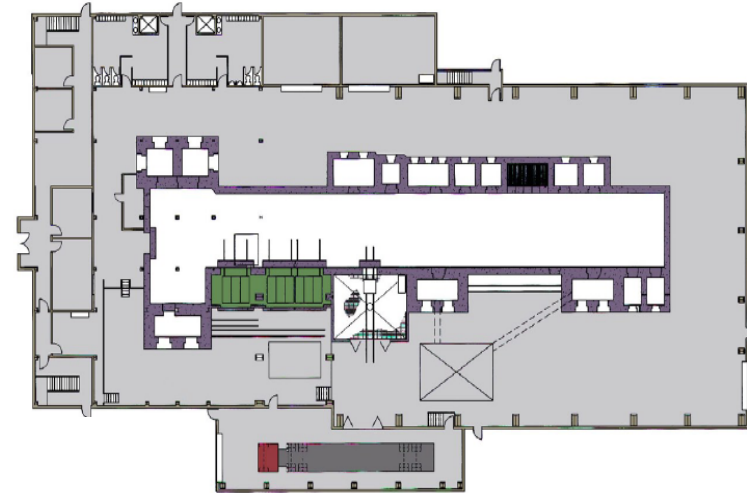
## Laboratorios del centro tecnológico ATC

- **Combustible irradiado y residuos**
  - *De CG y RAA y de RBMA*
- **Convencionales:**
  - *Química avanzada y medio ambiente;*
  - *Robótica y prototipos industriales;*
  - *Materiales;*
  - *Centro de modelos y cálculo*



## Objetivos y alcance del laboratorio de combustible y residuos

- **Estudiar las características del combustible irradiado en diversos ambientes**
- **Estudiar materiales en apoyo de la definición de las opciones de gestión a largo plazo**
  - Características de otros materiales irradiados
- **Alcance**
  - Caracterización del combustible irradiado y comportamiento en condiciones de reactor, ATC y AGP, sobre barras, pastillas e interacción pastilla vaina
  - Comportamiento de barreras de aislamiento para AGP
  - Caracterización de materiales irradiados (p. ej. muestras para transmutación)



## Los transportes. Requisitos de los contenedores

- **Reglamentación internacional**
  - OIEA, UE
- **En contenedores aprobados, proyectados y ensayados de acuerdo a normativa internacional:**
- **Deben soportar accidentes del tipo:**
  - **Fuego a 800 °C durante 30 minutos**
  - **Caída desde 1 metro sobre punzón**
  - **Inmersión hasta 200 metros**
  - **Caídas desde 9 metros en cualquier posición sobre blanco rígido**
    - Secuencias de ensayos
- **Deben garantizar todas las funciones de seguridad (disipación del calor, blindaje y protección radiológica, subcriticidad, contención del material contenido, etc.) en todas las condiciones de operación y accidente.**



## Resumen y Conclusiones

- **Los periodos necesarios para la toma de decisiones e implantación de opciones de gestión final del combustible hacen necesarios unos plazos de almacenamiento temporal**
- **El almacenamiento en seco es una solución probada y aceptada en la mayor parte de países.**
  - Los requisitos son equivalentes para cualquier modalidad de almacenamiento en seco. Ésta depende de las cantidades a gestionar
- **El almacenamiento temporal centralizado es más eficiente para lograr el cumplimiento de los mismos requisitos de seguridad**
- **El ATC es una instalación segura y con amplias referencias internacionales**
  - Almacenamiento temporal durante 60 años
  - Diseño Genérico apreciado favorablemente por el CSN
  - Instalación robusta, resistente a fenómenos naturales e intervenciones humanas
- **El Centro tecnológico asociado es una oportunidad para la I+D**
  - Apoyo a los planes de I+D de ENRESA
  - Soporte a la zona
  - Infraestructura de investigación sobre combustible y residuos
    - *Soporte de decisiones sobre opciones de gestión*

Final

**Muchas gracias por su atención**

