

## **ANÁLISIS DE RIESGOS GEOLÓGICOS DEL EMPLAZAMIENTO PROYECTADO PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL ALMACÉN TEMPORAL CENTRALIZADO (ATC)**

**Estudio:** Revisión de las Evaluaciones de la Caracterización de las Condiciones del Subsuelo y del Terreno Proyectado para la Construcción del Almacenamiento Temporal Centralizado (ATC) de Residuos de Combustible y de Desmantelamiento de Centrales Nucleares, Realizadas por el Área de Ciencias de la Tierra (CITI) y la Consultora URS, S.L. para el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN).

**Situación:** Parajes de La Campana, Corral de los Bateos y Corral Colorado, entre los Caminos del Molino y de la Campana, a 2Km al Norte del Casco Urbano de Villar de Cañas (Cuenca).

**Peticionario:** ECOLOGISTAS EN ACCIÓN.

**Fecha:** Agosto de 2016.



---

Tel. 629 325 648

 e.ingema@ingemacb.com

---

---

## ÍNDICE

I.- INTRODUCCIÓN .....	3
II.- RIESGO DE AMPLIFICACIÓN SISMOTECTÓNICA (R.ASis.) .....	5
III.- RIESGO DE INUNDACIÓN (R.Inu.) .....	6
IV.- RIESGO DE CONTAMINACIÓN DE ACUÍFEROS (R.CAc.) .....	7
V.- RIESGO DE KARSTIFICACIÓN DEL TERRENO (R.K.) .....	8
VI.- RIESGO DE EXPANSIVIDAD DEL TERRENO (R.E.) .....	9
VII.- CONCLUSIONES .....	10

---

## **I. INTRODUCCIÓN.**

Los riesgos naturales de tipo geológico que pueden afectar a una instalación, de almacenamiento temporal centralizado (ATC) de residuos de combustibles nucleares, en los terrenos proyectados para su construcción dentro del término municipal de Villar de Cañas (Cuenca) abarcan, tanto a la dinámica interna de la corteza terrestre, como a los procesos que intervienen en el modelado o dinámica más externa de la corteza continental. En el primer caso, a) dinámica interna, se encuentran los movimientos en fracturas de la corteza y la generación de terremotos (sísmica) y, en el segundo caso, b) dinámica externa, las inundaciones de agua por desbordamientos de los cursos principales de agua o por concentración de aguas en vaguadas y barrancos de poca entidad (hidrología superficial), la migración de posibles contaminantes radiactivos a través de las aguas subterráneas en caso de cualquier fallo accidental de la contención de la infraestructura (hidrogeología o hidrología subterránea) y, el desarrollo de depresiones, asentamientos progresivos del terreno o el colapso del macizo rocoso y de las pequeñas cavidades que lo atraviesan, todos ellos, generados por la disolución del macizo rocoso existente (geomorfología y geotecnia cuando los procesos se relacionan con las cimentaciones de las infraestructuras).

### **A) Riesgos Derivados de la Dinámica Interna de la Corteza Terrestre.**

El movimiento discontinuo o a saltos a ambos lados de una fractura cortical provoca la propagación de una vibración que se conoce como terremoto. Dependiendo de la profundidad y tamaño de la falla o longitud de la dislocación de la corteza, la vibración o terremoto será de una magnitud (M) u otra y sus efectos o intensidad (I) también serán mayores o menores. Estos fenómenos geológicos dan lugar al denominado “Riesgo Sismotectónico” (R.Sis.).

Otro fenómeno a tener en cuenta, es el efecto amplificador inducido por el propio terreno del emplazamiento proyectado, ya que dependiendo de la rigidez del mismo, la vibración del terremoto puede atenuarse o multiplicarse, agravándose o minorándose los daños en las estructuras. Este fenómeno da lugar al denominado “Riesgo de Amplificación Sismotectónica” (R.ASis.).

**B) Riesgos Derivados de la Dinámica Externa de la Corteza Terrestre.**

El desbordamiento del curso de agua del río Záncara y la ocupación temporal del emplazamiento proyectado para la construcción del ATC por la lámina de aguas desbordadas o de crecida, debido a lluvias singularmente torrenciales o muy persistentes, o incluso, la concentración en exceso de estas lluvias torrenciales en vaguadas o cauces generalmente secos, definiría al denominado “Riesgo de Inundación” (R.Inu.).

El transporte de posibles contaminantes radiactivos a través de las aguas subterráneas, en caso de cualquier fallo accidental de la contención de la infraestructura, podría ser el medio para alcanzar o bien al río Záncara, o bien, a las rocas que alimentan a los pozos de suministro de aguas agrícolas o incluso de consumo humano o aguas sanitarias. Esto se denomina “Riesgo de Contaminación de Acuíferos” (R.CAc).

El asentamiento, o hundimiento progresivo o brusco, del terreno proyectado para la construcción del ATC, debido a la disolución de las rocas solubles que forman un importante porcentaje del mismo, podría ocasionar agrietamientos o incluso graves daños a las infraestructuras de almacenamiento nuclear. Estos procesos se incluyen en los riesgos de tipo

---

geomorfológico que concretamente se conocen como “Riesgo de Karstificación del Terreno” (R.K.).

Por último, los materiales del terreno presentes en el emplazamiento proyectado para la construcción del ATC, que tienen la propiedad de aumentar sustancialmente su volumen cuando absorben agua son, algunos minerales arcillosos como las esmectitas o, minerales de la familia del yeso como la anhidrita (el alabastro). Gracias a esta propiedad, el terreno puede ejercer empujes verticales sobre las cimentaciones de las infraestructuras nucleares en algunas zonas concretas de las mismas, generando elevaciones que pueden desembocar en agrietamientos importantes de las cimentaciones y muros, constituyendo un riesgo adicional geológico-geotécnico por materiales reactivos, denominado “Riesgo de Expansividad del Terreno” (R.E.).

## **II. RIESGO DE AMPLIFICACIÓN SISMOTECTÓNICA (R.ASis.).**

Las denominadas ‘fallas corticales’ o simplemente ‘fallas’, son grandes fracturas o roturas de la corteza en donde las masas rocosas de un lado de la rotura, se deslizan o se mueven intermitentemente, discontinuamente o a saltos respecto al otro lado, generando grandes vibraciones o terremotos en los momentos en los que las masas rocosas se liberan y deslizan o se mueven bruscamente. Estos movimientos de las masas rocosas pueden ser más o menos verticales u horizontales, siendo principalmente horizontales los desplazamientos de las masas rocosas dislocadas o falladas en la región de Villar de Cañas, fallas que discurren, en el seno o que afectan a rocas de edad paleozoica, rocas antiguas formadas durante la era geológica primaria situadas a profundidades someras (relativamente), entre dos y tres kilómetros  $P_F=2-$

3km, y recubiertas de otras rocas, depositadas durante las eras posteriores secundaria y terciaria, de tal forma, que no es factible la fracturación hasta la superficie del terreno, en caso de que se produzca un terremoto. En función de las longitudes de ruptura de las fallas presentes en la región, las magnitudes máximas esperables son del orden de  $M_w=6$ , magnitudes moderadas pero con capacidad de provocar daños estructurales, según si las estructuras se apoyan sobre depósitos blandos o sedimentos recientes, capaces de prolongar la duración de la vibración y ampliar los desplazamientos del suelo, o si por el contrario se apoyan sobre materiales rocosos mucho más rígidos, tienden a disminuir la duración del terremoto y la cuantía de la amplitud de los movimientos vibratorios del suelo. En el caso del emplazamiento proyectado para las instalaciones del ATC, el terreno de apoyo de las estructuras es rocoso, y por tanto bastante rígido, el cual, no favorece la amplificación de las vibraciones del mayor terremoto posible de esta región.

### **III. RIESGO DE INUNDACIÓN (R.Inu.).**

El desbordamiento de las aguas del río Záncara cubriría totalmente su llanura de inundación, es decir toda la vega, alcanzando altitudes de inundación entre +800-802m, cuando la altitud mínima de las explanadas en las instalaciones de la zona nuclear es de +806m. En cualquier caso, la llanura de inundación del río Záncara, terrenos de origen natural en donde se produce el desbordamiento de la crecida de las aguas del río, se sitúa a unas distancias de la zona nuclear entre  $D=300-800m$ . Por otro lado, existen dos vaguadas en los terrenos asignados para el desarrollo del proyecto de construcción del ATC, una al Norte y otra al Sur, en donde se concentrarán la escorrentía de las aguas de lluvias torrenciales, aunque sin afectar a la zona nuclear de las instalaciones

del ATC y, coincidiendo con una balsa de aguas pluviales, algún aparcamiento y algún edificio de la zona de servicios.

#### **IV. RIESGO DE CONTAMINACIÓN DE ACUÍFEROS (R.CAc.).**

Los materiales geológicos que se encuentran en contacto directo con la zona de almacenamiento nuclear de las instalaciones del ATC, definidos como Lutitas de Balanzas Superiores e identificadas por las siglas “LBS” y que,

Permeabilidad m/día	$10^{-6}$	$10^{-5}$	$10^{-4}$	$10^{-3}$	$10^{-2}$	$10^{-1}$	1	$10^1$	$10^2$
Calificación	Impermeable		Poco Permeable		Algo Permeable		Permeable		
Clasificación Hidrogeológica	Acuícludo		Acuitardo		Acuífero Pobre		Acuífero Bueno		

según los resultados de laboratorio son en realidad margas<sup>1</sup> yesíferas, presentan una permeabilidad media aproximada de  $K=0.01\text{m/día}=1\cdot 10^{-2}\text{m/día}$ , situándose en el campo de transición entre los materiales calificados como poco permeables (o semipermeables) y algo permeables, es decir, materiales clasificados hidrogeológicamente entre acuitardos y acuíferos propiamente dichos. Los materiales subyacentes a las LBS, definidos como Yesos de Balanzas e identificados por las siglas “YB”, presentan unas permeabilidades medias iguales o superiores a las permeabilidades estimadas para las LBS,  $K\geq 1\cdot 10^{-2}\text{m/día}$ , siendo la respuesta hidráulica de estos materiales yesíferos (YB), de nuevo, del campo de transición entre los materiales calificados como poco permeables y algo permeables e hidrogeológicamente clasificados entre acuitardos y acuíferos propiamente dichos, y que además, se sitúan en contacto directo o aflorando, en el edificio del Laboratorio de Combustible

Gastado y a, entre p=3-12m de profundidad por debajo del edificio de Almacenamiento de Combustible Gastado y Cápsulas CSD. Es evidente, que solamente los materiales calificados como impermeables y clasificados hidrogeológicamente como acuicludos, es decir, que no tienen la capacidad de transmitir el agua que los satura, podrían evitar la contaminación de acuíferos en caso de producirse un vertido accidental.

## **V. RIESGO DE KARSTIFICACIÓN DEL TERRENO (R.K.).**

Los materiales geológicos que se encuentran en contacto directo con la zona de almacenamiento nuclear de las instalaciones del ATC, se denominan Lutitas de Balanzas Superiores (LBS) y están constituidas por margas que contienen entre un 30-37% de cristales de yesos y capas o tramos intercalados de yeso. Por otro lado, los materiales subyacentes a las LBS, denominados Yesos de Balanzas (YB), situados en contacto directo o aflorando, en el edificio del Laboratorio de Combustible Gastado y a p=3-12m de profundidad por debajo del edificio de Almacenamiento de Combustible Gastado, están constituidos por capas de yesos con capas intercaladas de margas o lutitas<sup>2</sup> margosas. La capacidad de disolución de las capas de yesos corroborada en los ensayos de lixiviación (experimentos de disolución de minerales) sobre rocas sulfáticas (yesos o blenditas, etc), han demostrado que incluso con aguas de concentraciones hasta C=1.4g/L, correspondientes a aguas salobres no dulces, tienen el potencial suficiente para disolver las capas de yesos de estas formaciones geológicas. Esta propiedad geoquímica, junto con la fracturación presente en las capas de yesos como vías preferentes de flujo de agua y la existencia en el macizo rocoso de pequeñas cavidades de magnitud

---

<sup>1</sup> Roca compuesta por minerales arcillosos con cementación de carbonato cálcico o cálcico-magnésico.

<sup>2</sup> Denominación geológica para las arcillas y limos consolidados, antiguos.



decimétrica, ponen de manifiesto que, frente a las aguas de infiltración natural de origen pluvial, o por daños en el sistema de drenaje de pluviales, o fugas de aguas sanitarias, o de las instalaciones contra incendios, las capas de yesos intercaladas en la unidad margosa de LBS y las capas de la unidad yesífera de YB, se disolverían en una determinada proporción desarrollándose el proceso conocido como karstificación.

## **VI. RIESGO DE EXPANSIVIDAD DEL TERRENO (R.E.).**

Los materiales geológicos que se encuentran en contacto directo con la zona de almacenamiento nuclear de las instalaciones del ATC, las margas yesíferas o margas lutíticas con yesos denominadas Lutitas de Balanzas Superiores (LBS), contienen esmectitas, minerales de la arcilla con la propiedad de incorporar agua y deshidratarse en proporciones mucho mayores que otras arcillas, debido a que el espacio entre láminas de este mineral es más grande y sin elementos (cationes) que las unan rígidamente, intervalo o espacio ocupado fundamentalmente por moléculas de agua que admite una cantidad variable de la misma, haciendo de este espacio una unión interlaminar mucho más elástica en comparación con la de otros minerales arcillosos, lo que les confiere, a las esmectitas, la característica de modificar considerablemente su volumen unitario, siendo el principal agente del denominado grupo de las arcillas expansivas. Este mineral arcilloso se encuentra en suficientes proporciones, en los terrenos donde se proyecta la construcción de las instalaciones nucleares del ATC, como para que las expansiones o hinchamientos potencialmente experimentados se clasifiquen de moderados a altos e incluso ocasionalmente muy altos. Además, no se ha podido establecer una relación entre la profundidad y el grado potencial de expansión del terreno, impidiendo que se pueda discriminar uno u otro emplazamiento de la edificación del laboratorio de

combustible gastado o de la edificación del almacenamiento de combustible gastado, de tal forma que se minore la magnitud de las diferencias entre los grados de hinchamiento o expansión dentro de la superficie ocupada por una misma edificación nuclear, y eliminar así, la posibilidad de agrietamientos en las estructuras de hormigón, debido, a las diferencias inducidas de elevación, alcanzadas en poco espacio de terreno, denominadas distorsiones angulares de las estructuras de hormigón armado<sup>1</sup>.

## **VII. CONCLUSIONES.**

### **A) Riesgo de Amplificación Sismotectónica (R.ASis.).**

Las magnitudes máximas que se han considerado para el diseño sismorresistente de las estructuras de las edificaciones del ATC, son del orden de  $M_w=6$  con unas aceleraciones máximas de la vibración sísmica del terreno de  $PGA=0.325g$ . Estos valores parecen suficientemente razonables, como para que en el diseño de la resistencia sísmica de las edificaciones nucleares, se hayan tenido en cuenta las vibraciones de los mayores terremotos posibles de la región.

### **B) Riesgo de Inundación (R.Inu.).**

El emplazamiento previsto para las edificaciones nucleares de las instalaciones del ATC, no puede ser inundado por el desbordamiento del sistema fluvial del río Záncara. Solamente algunas edificaciones y aparcamientos de la parte de servicios de las instalaciones del ATC, proyectadas en la vaguada o depresión topográfica al Este de las

---

<sup>1</sup> Las distorsiones no originan agrietamientos en las estructuras hasta alcanzar una pendiente de  $\delta=0.002$  o una inclinación de  $\delta=0.115^\circ$ . Estas distorsiones, están provocadas por la diferencia de asiento o en este caso, por la diferencia de elevación que experimenta, por ejemplo, una cimentación, debido al hinchamiento desigual entre dos puntos separados una determinada distancia bajo la estructura de cimentación.

---

edificaciones de almacenamiento, pueden verse encharcadas por las deficiencias que se puedan presentar en los sistemas de drenaje pluvial, pero no por inundación de las llanuras de desbordamiento fluvial del río Záncara.

### C) Riesgo de Contaminación de Acuíferos (R.CAc.).

Las formaciones geológicas sobre las que se proyecta la construcción de las edificaciones nucleares de las instalaciones del ATC, no son calificables como impermeables, sino que por el contrario, se sitúan entre el campo de los materiales poco permeables y el campo de los calificados como algo permeables, es decir, entre los materiales semipermeables y los permeables propiamente dicho. Esto significa, que no se restringiría eficientemente el paso de contaminantes radiactivos a través de estas formaciones geológicas en caso de cualquier vertido accidental y que por tanto, podrían alcanzar acuíferos que suministran agua para el regadío, o agua para el consumo humano, o incluso, alterar el sistema fluvial y palustre del río Záncara.

En la Resolución del Pleno del 27 de septiembre de 1985, instrucción CSN/IS/9/85, "Criterios objetivos para la selección de emplazamientos para el almacenamiento 'definitivo' de residuos radiactivos", el Criterio 8. señala que, 'Las características físico-químicas y geoquímicas del medio geológico en que se encuentre el emplazamiento deberán ser tales que restrinjan la movilización del transporte de radionucleidos hacia la biosfera'. Esta norma, trata de proteger el medio ambiente y las condiciones de salubridad de los hábitat o de los recursos, pero si a lo largo de la vida útil de un almacenamiento 'temporal' de residuos radiactivos, el medio geológico sobre el que se permita emplazar, no tiene la capacidad de restringir el transporte de contaminantes radiactivos hacia los diferentes medios donde se desarrolla la biomasa (constituyentes de la biosfera), debido a cualquier

---

vertido accidental, el motivo de la norma de seguridad mencionada, se habrá vulnerado de todos modos, al admitir que a lo largo de los sesenta años de funcionamiento de un almacenamiento ‘temporal’ de residuos radiactivos de media y alta actividad, el terreno sobre el que se asienten dichas instalaciones, no impida el transporte de contaminantes radiactivos y por tanto, no evite la alteración grave de la biosfera.

#### D) Riesgo de Karstificación del Terreno (R.K.).

Las formaciones geológicas sobre las que se proyecta la construcción de las edificaciones nucleares de las instalaciones del ATC, presentan pequeñas cavidades de disolución y además, se ha reproducido en laboratorio el proceso de disolución de las rocas yesíferas que forman parte de estas formaciones, incluso con aguas salobres, no dulces. Esto significa que el terreno presenta karstificaciones y que potencialmente es karstificable.

Relativo a la consecución de fenómenos de asientos o subsidencias, por la disolución de los minerales solubles yesíferos que forman parte de estas formaciones geológicas, subrayar otra experiencia o demostración de la solubilidad tan importante y rápida que pueden llegar a presentar estas rocas, sobre todo con aguas diluidas o dulces (es decir por la infiltración de aguas torrenciales o del suministro de las instalaciones del ATC), y es de hecho, los resultados que arrojaron varias de las muestras de la última tanda de ensayos de “presión de hinchamiento” (al menos hasta julio de 2015) para continuar con la evaluación del grado de expansividad del terreno, en los que, en lugar de experimentar un hinchamiento de la muestra por hidratación, disminuyó la altura de la muestra, como si hubiera colapsado, debido evidentemente, a la desaparición de los cristales yesíferos que se encontraban inmersos en la matriz de las muestras de margas yesíferas o

lutítico-yesíferas de la unidad LBS (en contacto directo con las edificaciones nucleares proyectadas de las instalaciones del ATC). La karstificación, como un proceso que puede desembocar en colapsos, subsidencias (asentamiento del terreno) o deformaciones graves de las estructuras nucleares, es una de las condiciones excluyentes del terreno, por la que un emplazamiento propuesto se puede considerar inadecuado, según se especifica en la "Guía de licenciamiento para la solicitud previa y de construcción del almacén temporal centralizado", CSN/GEL/GSNA/ATC/1402/02 \_1, de 25-06-2014, criterio tomado a su vez, de los requerimientos de seguridad de la Organización Internacional de la Energía Atómica (OIEA o IAEA, Safety Requirements, NS-R-3, "Evaluación del emplazamiento de instalaciones nucleares", 2010).

E) Riesgo de Expansividad del Terreno (R.E.).

Las formaciones geológicas sobre las que se proyecta la construcción de las edificaciones nucleares de las instalaciones del ATC, presentan un grado de expansividad moderado a alto e incluso pueden llegar a ser muy alto, sin que se halla podido establecer la situación cartográfica de los diferentes grados de expansividad, es decir, determinar la localización concreta de cada grado de expansividad, y así, resituar las edificaciones nucleares y evitar las potenciales diferencias de elevación del terreno que podrían distorsionar las estructuras y agrietarlas. Esto significa, que el terreno puede manifestar un elevado grado de expansividad en cualquier sitio del emplazamiento proyectado para la construcción de las instalaciones del ATC.

F<sup>do</sup> Manuel Bello La Puerta  
Geólogo (Colegiado nº 2.666)