



Cursos  
de Verano de  
la Universidad  
Politécnica  
de Madrid  
La Granja  
de San Ildefonso



# LEY DE ALMACENAMIENTO GEOLÓGICO DE CO<sub>2</sub>

Angel Cámara Rascón



Cursos  
de Verano de  
la Universidad  
Politécnica  
de Madrid  
La Granja  
de San Ildefonso



**Panel  
Intergubernamental  
de Naciones Unidas  
dicta:**

**En 2020:**

↓  
Emisiones CO<sub>2</sub> entre  
25 – 40%

**En 2050:**

↓  
Emisiones CO<sub>2</sub> entre  
80 – 95%



Cursos  
de Verano de  
la Universidad  
Politécnica  
de Madrid  
La Granja  
de San Ildefonso



## Alternativas

**Mejorar la eficiencia**

**Cogeneración**

**Cambio combustibles (menor C/H)**

**Energías renovables**

**Energía nuclear**

**CAC**



Cursos  
de Verano de  
la Universidad  
Politécnica  
de Madrid  
La Granja  
de San Ildefonso



**DIRECTIVA 2003/87/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL  
CONSEJO**

**de 13 de octubre de 2003**

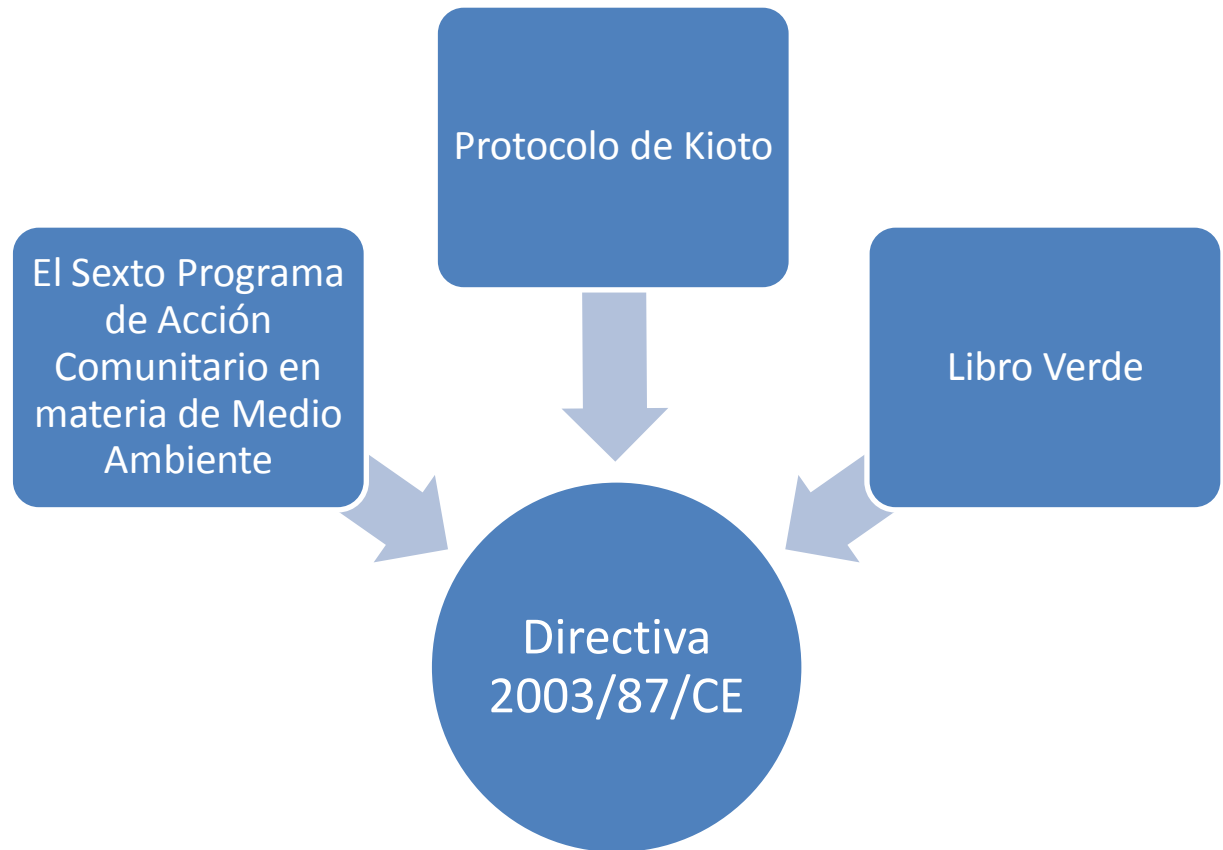
**por la que se establece un régimen para el comercio de derechos  
de emisión de gases de efecto invernadero en la Comunidad y por  
la que se modifica la Directiva 96/61/CE del Consejo**



Cursos  
de Verano de  
la Universidad  
Politécnica  
de Madrid  
La Granja  
de San Ildefonso



## DIRECTIVA 2003/87/CE





Cursos  
de Verano de  
la Universidad  
Politécnica  
de Madrid  
La Granja  
de San Ildefonso

## DIRECTIVA 2003/87/CE



### Objetivo

Reducción del 8%  
(2008-2012).

Reducción del 70%  
en el futuro.

### ¿Sobre qué?

Categoría de  
actividades  
presentes en el  
anexo I.

Gases de efecto  
invernadero del  
anexo II.

### ¿Cómo?

Creación de  
Mercado de  
derechos de  
emisión.

...permisos para  
contaminar  
notificados y  
controlados.



**Cursos  
de Verano de  
la Universidad  
Politécnica  
de Madrid**  
La Granja  
de San Ildefonso



| Actividades                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Gases de efecto invernadero                                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| <i>Actividades energéticas</i><br>Instalaciones de combustión con una potencia térmica nominal superior a 20 MW (excepto las instalaciones de residuos peligrosos o municipales)<br>Refinerías de hidrocarburos<br>Coquerías                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Dióxido de carbono<br>Dióxido de carbono<br>Dióxido de carbono |
| <i>Producción y transformación de metales féreos</i><br>Instalaciones de calcinación o sinterización de minerales metálicos incluido el mineral sulfurado<br>Instalaciones para la producción de arrabio o de acero (fusión primaria o secundaria), incluidas las correspondientes instalaciones de colada continua de una capacidad de más de 2,5 toneladas por hora                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Dióxido de carbono<br>Dióxido de carbono                       |
| <i>Industrias minerales</i><br>Instalaciones de fabricación de cemento sin pulverizar ("clinker") en hornos rotatorios con una capacidad de producción superior a 500 toneladas diarias, o de cal en hornos rotatorios con una capacidad de producción superior a 50 toneladas por día, o en hornos de otro tipo con una capacidad de producción superior a 50 toneladas por día<br>Instalaciones de fabricación de vidrio incluida la fibra de vidrio, con una capacidad de fusión superior a 20 toneladas por día<br>Instalaciones para la fabricación de productos cerámicos mediante horneado, en particular de tejas, ladrillos, ladrillos refractarios, azulejos, gres cerámico o porcelanas, con una capacidad de producción superior a 75 toneladas por día, y/o una capacidad de homeado de más de 4 m <sup>3</sup> y de más de 300 kg/m <sup>3</sup> de densidad de carga por horno | Dióxido de carbono<br>Dióxido de carbono<br>Dióxido de carbono |
| <i>Otras actividades</i><br>Instalaciones industriales destinadas a la fabricación de<br>a) pasta de papel a partir de madera o de otras materias fibrosas;<br>b) papel y cartón con una capacidad de producción de más de 20 toneladas diarias                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Dióxido de carbono<br>Dióxido de carbono                       |



Cursos  
de Verano de  
la Universidad  
Politécnica  
de Madrid  
La Granja  
de San Ildefonso



Mejorar la eficiencia

Cogeneración

Cambio combustibles (menor C/H)

Energías renovables

Energía nuclear

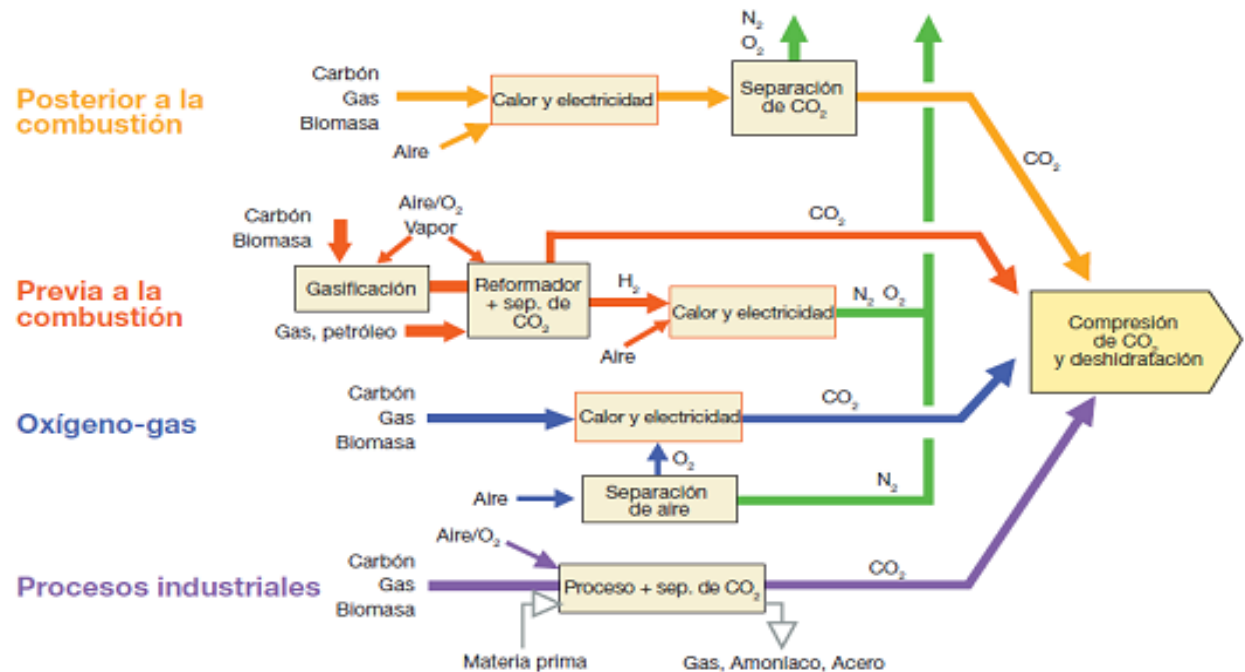
CAC



Cursos  
de Verano de  
la Universidad  
Politécnica  
de Madrid  
La Granja  
de San Ildefonso



## Captura





Cursos  
de Verano de  
la Universidad  
Politécnica  
de Madrid  
La Granja  
de San Ildefonso

# Transporte



Continuo

Gasoductos



Discontinuo

Buques



Camiones



Trenes





Cursos  
de Verano de  
la Universidad  
Politécnica  
de Madrid  
La Granja  
de San Ildefonso

# Almacenes



Yacimientos de gas y petróleo

Segura y factible

Perfectamente estudiados

Recuperación del crudo residual

Acuíferos salinos profundos

Presentes en la mayoría de los países

Cercanas a las grandes fuentes emisoras

Geología incierta

Capas de carbón

Recuperación del metano ECBM



Cursos  
de Verano de  
la Universidad  
Politécnica  
de Madrid  
La Granja  
de San Ildefonso

## Criterios selección emplazamientos



Extensión del almacén

Profundidad del techo del almacén

Potencia de la formación almacén

Porosidad de la roca almacén

Permeabilidad de la roca almacén

Salinidad del agua de formación

Presión hidrostática de la formación

Estructura y tectónica regional del área de  
almacenamiento

Dirección de flujo en la formación almacén

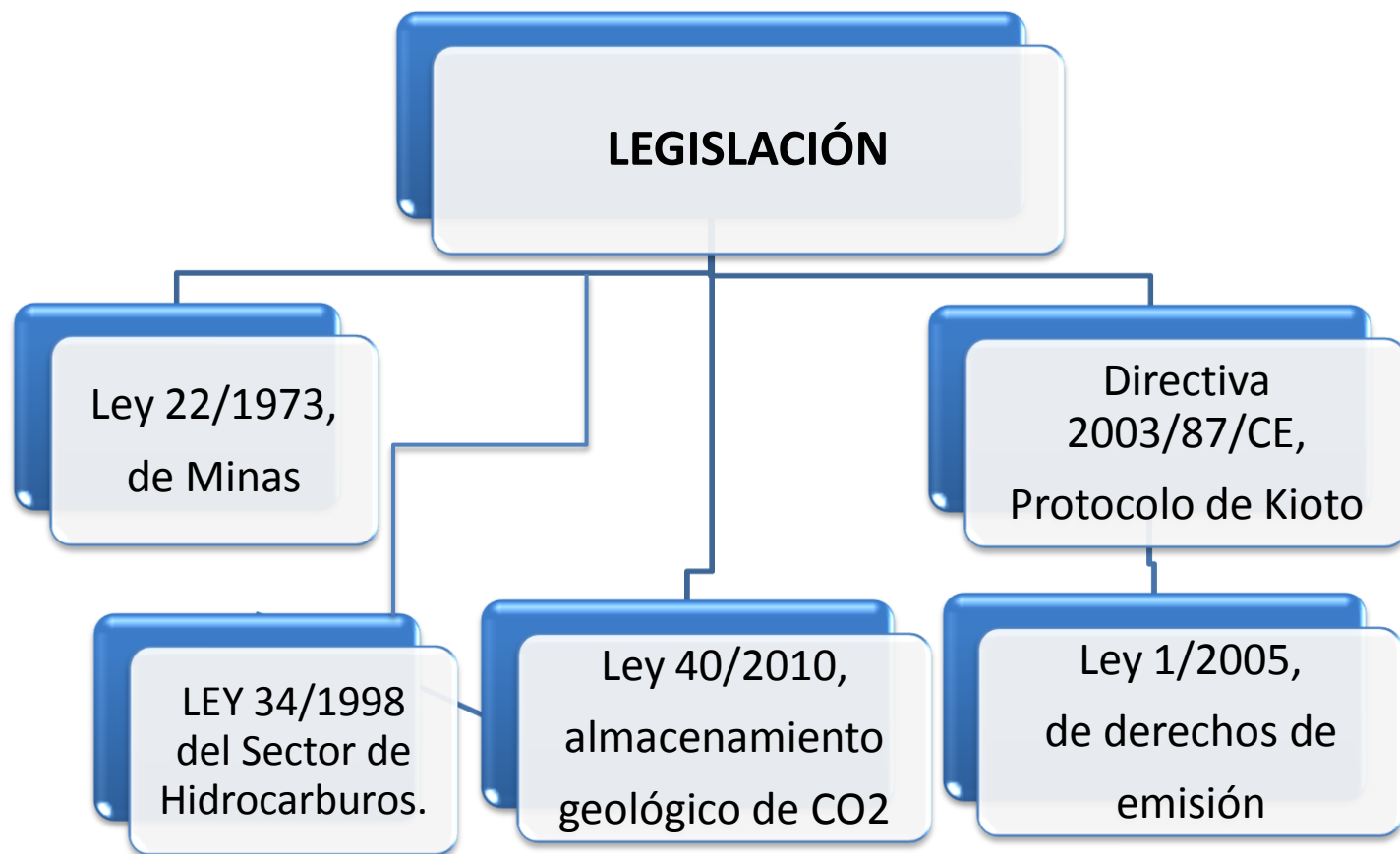
Permeabilidad y características geomecánicas del sello

Potencia del sello

Conexión con acuíferos en explotación



Cursos  
de Verano de  
la Universidad  
Politécnica  
de Madrid  
La Granja  
de San Ildefonso

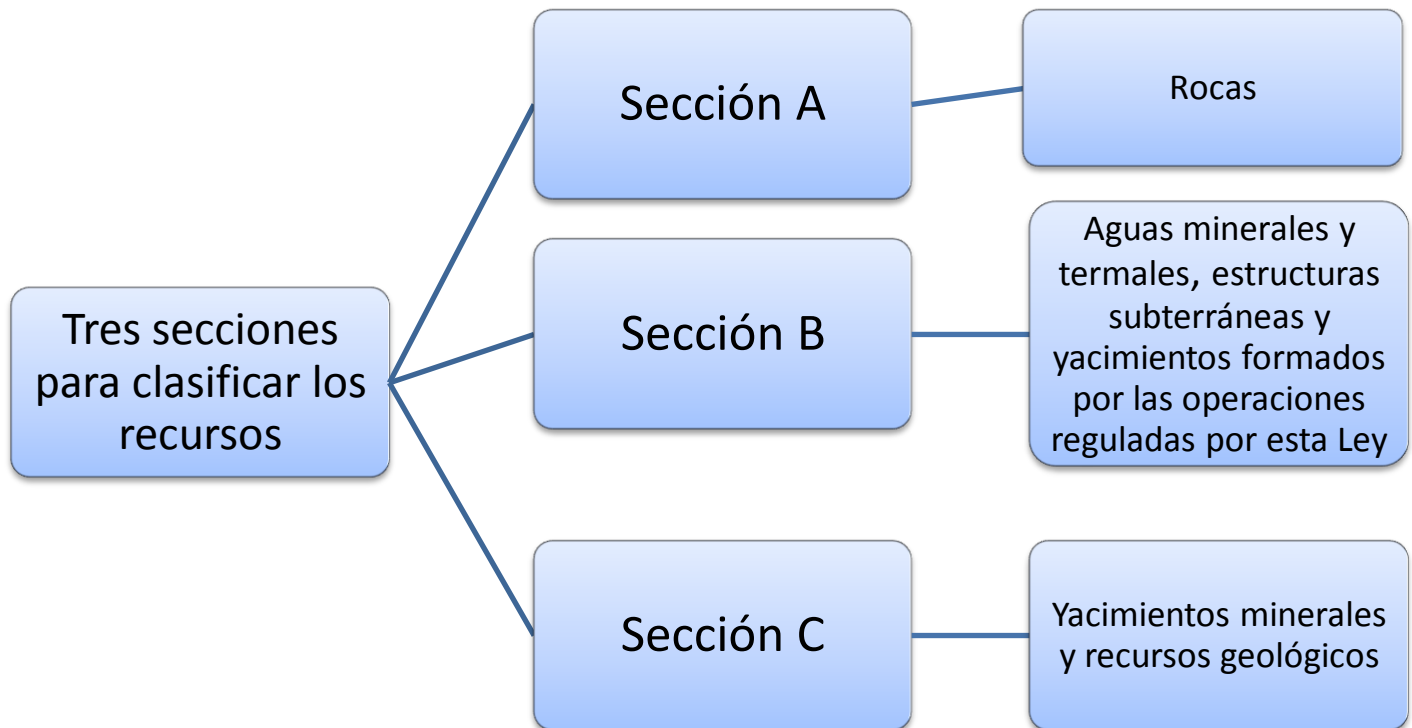




Cursos  
de Verano de  
la Universidad  
Politécnica  
de Madrid  
La Granja  
de San Ildefonso



## Ley 22/1973, de Minas.





Cursos  
de Verano de  
la Universidad  
Politécnica  
de Madrid  
La Granja  
de San Ildefonso



## Ley 22/1973, de Minas.

### *Título IV*

#### *Regulación de los aprovechamientos de recursos de la sección B*

### **Artículo 23**

**3.** Se entiende por estructura subterránea todo depósito geológico, natural o artificialmente producido como consecuencia de actividades reguladas por esta Ley, cuyas características permitan retener naturalmente y en profundidad cualquier producto o residuo que en él se vierta o inyecte.

**4.** Se consideran yacimientos incluidos en la sección B aquellas acumulaciones constituidas por residuos de actividades reguladas por esta Ley que resulten útiles para el aprovechamiento de alguno de sus componentes.



Cursos  
de Verano de  
la Universidad  
Politécnica  
de Madrid  
La Granja  
de San Ildefonso



## Ley 22/1973, de Minas.

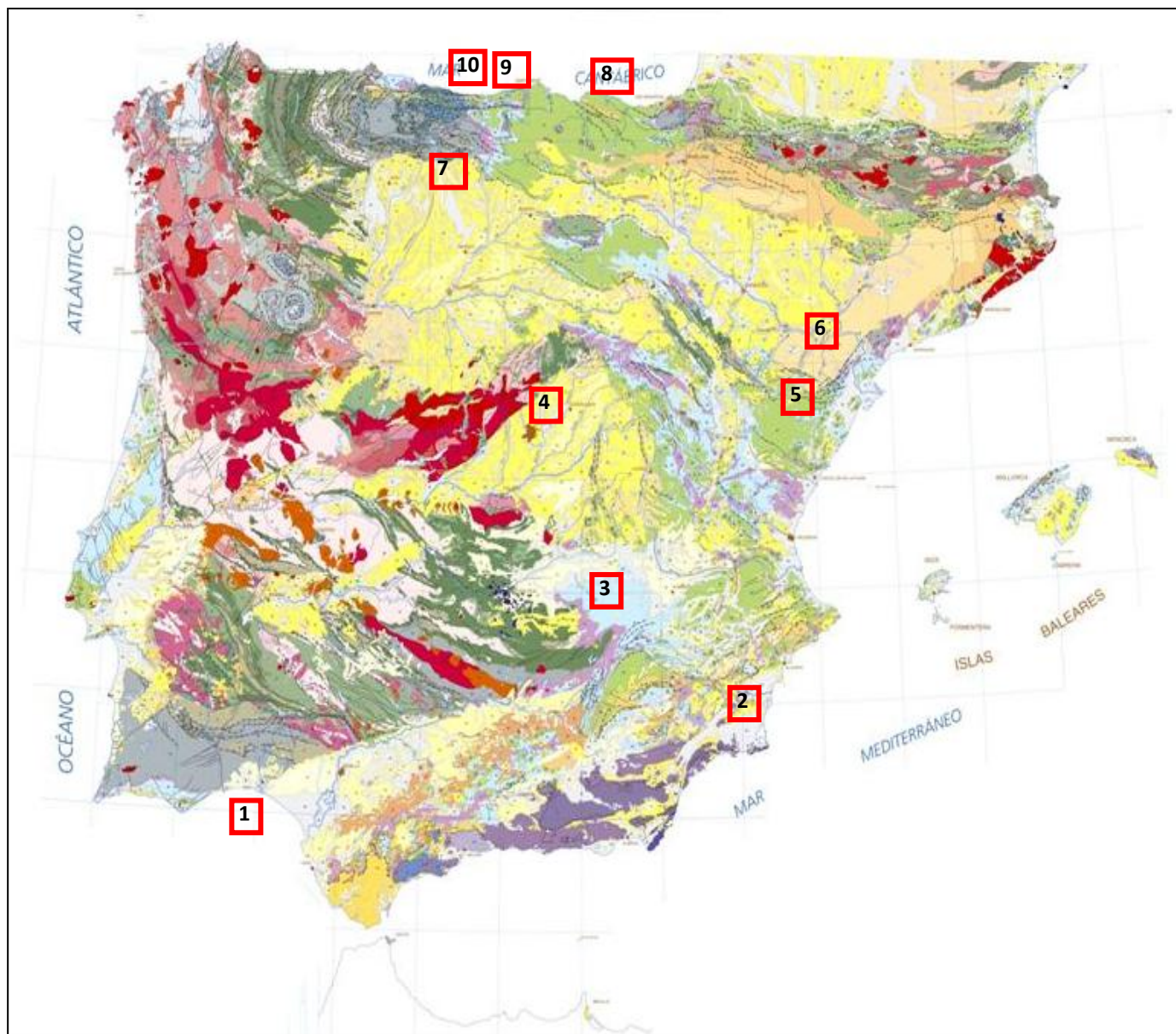
### **Artículo 7.**

El Estado podrá reservarse zonas de cualquier extensión en el territorio nacional, mar territorial y plataforma continental en las que el aprovechamiento de una o varios yacimientos minerales y demás recursos geológicos pueda tener especial interés para el desarrollo económico-social o para la defensa nacional.



Cursos  
de Verano de  
la Universidad  
Politécnica  
de Madrid  
La Granja  
de San Ildefonso

## Reservas del Estado





Cursos  
de Verano de  
la Universidad  
Politécnica  
de Madrid  
La Granja  
de San Ildefonso

## SELECCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE ÁREAS Y ESTRUCTURAS FAVORABLES PARA EL ALMACENAMIENTO GEOLÓGICO DE CO<sub>2</sub> EN ESPAÑA



| Criterios                       |       | Parámetros                             |
|---------------------------------|-------|----------------------------------------|
| Nombre                          | Peso  | Nombre                                 |
| 1. Calidad Formación Almacén FA | 25,25 | 1. Profundidad techo (m)               |
|                                 |       | 2. Potencia (m)                        |
|                                 |       | 3. Litología                           |
|                                 |       | 4. Homogeneidad litológica vertical    |
|                                 |       | 5. Homogeneidad litológica horizontal  |
|                                 |       | 6. Espesor de estratos                 |
|                                 |       | 7. Porcentaje de matriz arcillosa (%)  |
|                                 |       | 8. Espesor útil (m)                    |
|                                 |       | 9. Porosidad tipo                      |
|                                 |       | 10. Porosidad media (%)                |
|                                 |       | 11. Permeabilidad intrínseca FA (mD)   |
| 2. Calidad Formación Sello FS   | 30,31 | 12. Potencia (m)                       |
|                                 |       | 13. Litología                          |
|                                 |       | 14. Homogeneidad litológica horizontal |
|                                 |       | 15. Espesor de estratos                |
|                                 |       | 16. Espesor útil (m)                   |
|                                 |       | 17. Permeabilidad intrínseca FS (mD)   |
|                                 |       | 18. Fracturación natural estimada      |

| Criterios                                         |       | Parámetros                                            |
|---------------------------------------------------|-------|-------------------------------------------------------|
| Nombre                                            | Peso  | Nombre                                                |
| 3. Tipo de estructura                             | 5,05  | 19. Tipología de trampa                               |
|                                                   |       | 20. Complejidad trampa                                |
|                                                   |       | 21. Pre yacimiento/yacimiento                         |
|                                                   |       | 22. Fracturación y compartimentación                  |
|                                                   |       | 23. Presencia sello a muro FA                         |
|                                                   |       | 24. Gradiente geotérmico (°C/km)                      |
|                                                   |       | 25. Evidencia de tectónica cuaternaria                |
|                                                   |       | 26. Peligrosidad sísmica (a <sub>0</sub> /g)          |
|                                                   |       | 27. Límites de la estructura                          |
|                                                   |       | 28. Superficie estructura (km <sup>2</sup> )          |
|                                                   |       | 29. Porosidad efectiva (%)                            |
| 4. Capacidad almacenamiento                       | 20,20 | 30. Capacidad máxima estimada (M Tm CO <sub>2</sub> ) |
|                                                   |       | 31. Densidad CO <sub>2</sub> (g/cm <sup>3</sup> )     |
|                                                   |       | 32. Flujo profundo                                    |
| 5. Hidrogeología profunda de la formación almacén | 10,10 | 33. Permeabilidad intrínseca FA (mD)                  |
|                                                   |       | 34. Condiciones para el estado supercrítico           |
|                                                   |       | 35. Salinidad agua (ppm equivalente ClNa)             |

| Criterios                                            |      | Parámetros                                                                   |
|------------------------------------------------------|------|------------------------------------------------------------------------------|
| Nombre                                               | Peso | Nombre                                                                       |
| 6. Recursos hidrogeológicos potencialmente afectados | 5,05 | 36. Presencia masa de agua                                                   |
|                                                      |      | 37. Población dependiente (nº hab)                                           |
|                                                      |      | 38. Regadío dependiente (ha)                                                 |
| 7. Recursos mineros potencialmente afectados         | 1,01 | 39. Presencia de aguas mineromedicinales                                     |
|                                                      |      | 40. Existencia de perímetros de protección aguas mineromedicinales           |
|                                                      |      | 41. Existencia de permisos de explotación de yacimientos de hidrocarburos    |
|                                                      |      | 42. Existencia de permisos de exploración geotérmica                         |
|                                                      |      | 43. Existencia derechos mineros                                              |
| 8. Interacción del CO <sub>2</sub> con el almacén    | 3,03 | 44. Potencial de desplazamiento de fluido                                    |
|                                                      |      | 45. Posibilidad de reacción del CO <sub>2</sub> con almacén                  |
|                                                      |      | 46. Solubilidad CO <sub>2</sub> (salinidad agua en ppm equivalentes de ClNa) |



**Cursos  
de Verano de  
la Universidad  
Politécnica  
de Madrid**  
**La Granja  
de San Ildefonso**

## SELECCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE ÁREAS Y ESTRUCTURAS FAVORABLES PARA EL ALMACENAMIENTO GEOLÓGICO DE CO<sub>2</sub> EN ESPAÑA



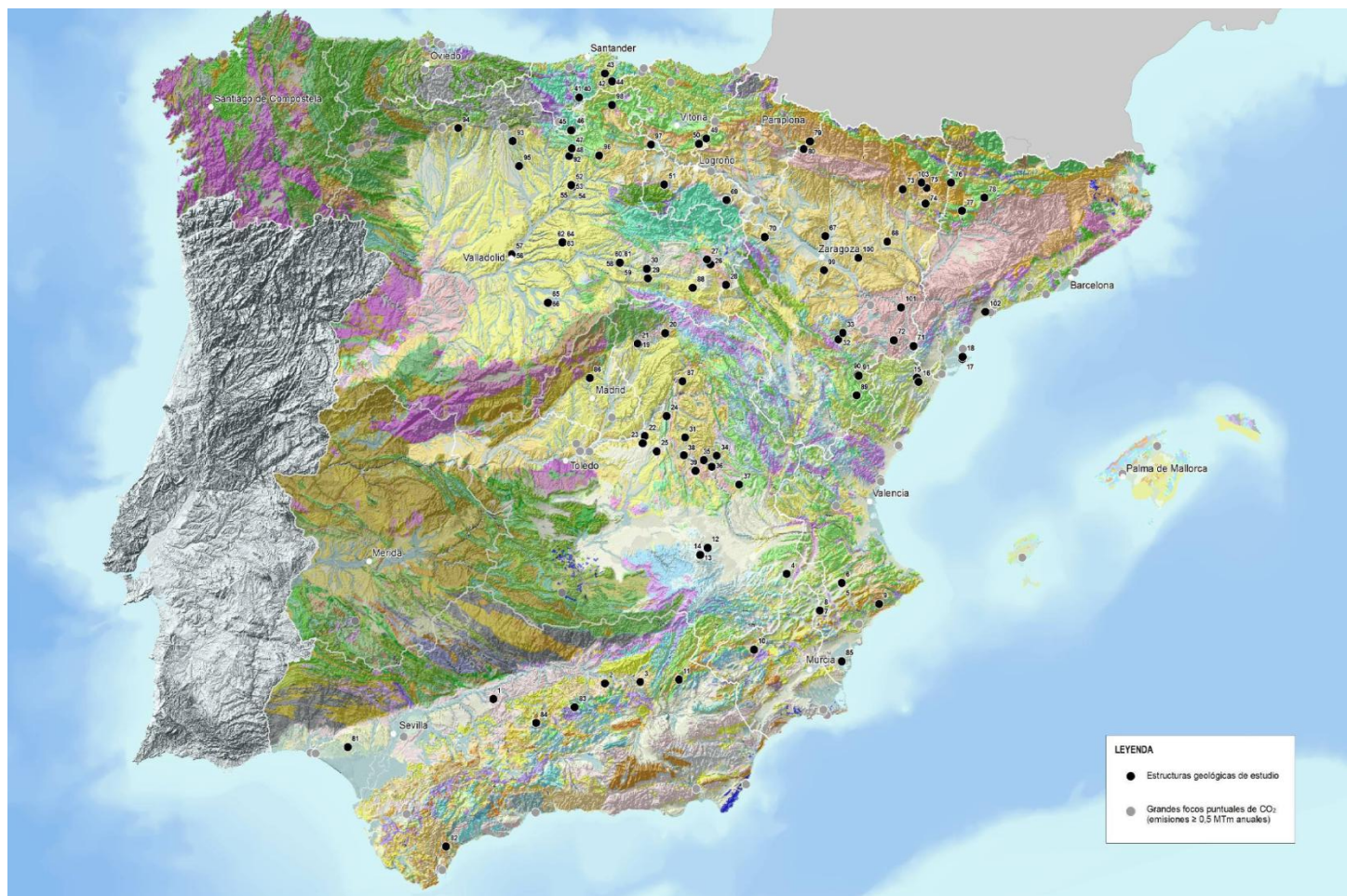
| Criterios                                                            |      | Parámetros                                                                                    |
|----------------------------------------------------------------------|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nombre                                                               | Peso | Nombre                                                                                        |
| 1. Generación de emisiones, transporte y capacidad de almacenamiento | 5    | 1. Emisiones totales anuales de CO <sub>2</sub> procedentes de GFP en un radio de 50 km (Mt)  |
|                                                                      |      | 2. Emisiones totales anuales de CO <sub>2</sub> procedentes de GFP en un radio de 300 km (Mt) |
|                                                                      |      | 3. Vida útil del almacenamiento: Capacidad                                                    |

| Nombre                                          | Peso | Nombre                                                                                                             |
|-------------------------------------------------|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                 |      | estructura geológica / Emisiones de CO <sub>2</sub> anuales en un radio de 300 km (años)                           |
|                                                 |      | 4. Proximidad a otras estructuras geológicas en un radio de 100 km (N/S)                                           |
|                                                 |      | 5. Distancia a redes de gaseoductos existentes (km)                                                                |
| 2. Preservación del territorio y medio ambiente | 2    | 6. Figuras de protección patrimonio natural en las áreas susceptibles de investigación explorativa                 |
|                                                 |      | 7. Figuras de protección patrimonio cultural y arqueológico en las áreas susceptibles de investigación explorativa |
| 3. Aspectos socioeconómicos                     | 3    | 8. Existencia de núcleos de población en el complejo de almacenamiento (N/S)                                       |
|                                                 |      | 9. Número de habitantes en la estructura geológica                                                                 |
|                                                 |      | 10. Factores de favorabilidad geoclimática en el área de la estructura geológica                                   |
|                                                 |      | 11. Nivel de desarrollo del municipio/s de la estructura geológica según región FEDER                              |
|                                                 |      | 12. Oportunidad laboral del municipio/s de la estructura geológica según número de habitantes                      |
|                                                 |      | 13. Total de fuentes emisoras GFP en un radio de 50 km (nº)                                                        |
|                                                 |      | 14. Situación de la estructura geológica respecto a las fuentes emisoras                                           |
|                                                 |      | 15. Presencia de tradición en actividad minera (N/S)                                                               |



Cursos  
de Verano de  
la Universidad  
Politécnica  
de Madrid  
La Granja  
de San Ildefonso

## SELECCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE ÁREAS Y ESTRUCTURAS FAVORABLES PARA EL ALMACENAMIENTO GEOLOGICO DE CO<sub>2</sub> EN ESPAÑA





Cursos  
de Verano de  
la Universidad  
Politécnica  
de Madrid  
La Granja  
de San Ildefonso



## Ley 22/1973, de Minas.

### **Artículo 34.**

1. Cualquier persona natural o jurídica que reúna las condiciones exigidas en el [Título VIII](#) podrá obtener autorización para utilizar una estructura subterránea. Con este fin deberá presentar la solicitud correspondiente en la Delegación Provincial del Ministerio de Industria, aportando, además de los documentos que señale el [Reglamento de esta Ley](#) un proyecto que justifique la conveniencia de dicha utilización, así como la designación del perímetro de protección que se considere necesario.

- .....
4. La estructura se considerará recurso extinguido, quedando sin efecto la autorización de su aprovechamiento, al agotarse la capacidad de almacenamiento, si se usa para residuos, o por variar las condiciones que la definen como tal estructura subterránea.



Cursos  
de Verano de  
la Universidad  
Politécnica  
de Madrid  
La Granja  
de San Ildefonso



## LEY 34/1998 del Sector de Hidrocarburos.

### ***Artículo 7. Actividades objeto de regulación.***

El presente Título establece el régimen jurídico de:

La exploración, investigación y explotación de los yacimientos de hidrocarburos.

La exploración, investigación y explotación de los almacenamientos subterráneos para hidrocarburos.

Las actividades de transporte, almacenamiento y manipulación industrial de los hidrocarburos obtenidos, cuando sean realizadas por los propios investigadores o explotadores de manera accesoria y mediante instalaciones anexas a las de producción.



Cursos  
de Verano de  
la Universidad  
Politécnica  
de Madrid

La Granja  
de San Ildefonso



## LEY 34/1998 del Sector de Hidrocarburos.

*Artículo 24 bis. Derechos de los titulares de las concesiones de explotación de almacenamiento subterráneo de hidrocarburos.*

*Los titulares de una concesión de almacenamiento subterráneo de hidrocarburos tendrán derecho a almacenar hidrocarburos de producción propia o propiedad de terceros en el subsuelo del área otorgada y se otorgará por un período de treinta años, prorrogable por dos períodos sucesivos de diez años. Asimismo, podrán realizar actividades de investigación de dichos almacenamientos.*



Cursos  
de Verano de  
la Universidad  
Politécnica  
de Madrid  
La Granja  
de San Ildefonso



## LEY 34/1998 del Sector de Hidrocarburos.

### **Artículo 15.** Permisos de investigación.

1. Los permisos de investigación se otorgarán por el Gobierno o por los órganos de Gobierno de las Comunidades Autónomas cuando afecte a su ámbito territorial y conferirán el derecho exclusivo de investigar las áreas a que vayan referidas durante un período de seis años.

Con carácter excepcional, este período podrá ser prorrogado, a petición del interesado, por un plazo de tres años. El otorgamiento de prórroga supondrá la reducción de la superficie original del permiso en un 50 % y estará condicionada al cumplimiento por el titular del permiso de las obligaciones establecidas para el primer período de vigencia.

2. Con carácter general las superficies de los permisos de investigación tendrán un mínimo de 10.000 hectáreas y un máximo de 100.000 hectáreas.

Reglamentariamente, se determinará en qué casos la superficie del permiso de investigación podrá quedar fuera del rango establecido en el párrafo anterior.

3. Las superficies de los permisos se delimitarán por coordenadas geográficas, admitiéndose en cada permiso de investigación desviaciones hasta del 4 % de los límites máximos establecidos



Cursos  
de Verano de  
la Universidad  
Politécnica  
de Madrid  
La Granja  
de San Ildefonso

**LEY 40/2010, de 29 de diciembre de 2010,**

**DE ALMACENAMIENTO GEOLÓGICO DE DIÓXIDO DE CARBONO**



➤ Esta Ley tiene por objeto incorporar al ordenamiento interno español las disposiciones contenidas en la Directiva 2009/31/CE, adaptándolas a la realidad industrial, geológica y energética de nuestro país.

- Capítulo I: Disposiciones generales del régimen de almacenamiento geológico del carbono.
- Capítulo II: Regula los permisos de investigación y la concesión de almacenamiento.
- Capítulo III: Funcionamiento de los lugares de almacenamiento y su cierre.
- Capítulo IV: Regula el acceso de terceros a la red de transporte y a los lugares de almacenamiento.
- Capítulo V: Creación de un registro de concesiones de almacenamiento.
- Capítulo VI: Establece el régimen sancionador.



Cursos  
de Verano de  
la Universidad  
Politécnica  
de Madrid  
La Granja  
de San Ildefonso

**LEY 40/2010, de 29 de diciembre de 2010,**  
**DE ALMACENAMIENTO GEOLÓGICO DE DIÓXIDO DE CARBONO**



➤ **PERMISO DE INVESTIGACIÓN** (art. 8 y 9 del cap.II)

-Validez del permiso: **4 años +( 2 ) + (2)**

-Resolución otorgamiento del permiso:

Orden Ministerial del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio previo informe favorable del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino y de la CCAA afectadas.

Plazo máximo de resolución de solicitudes: 1 año.

-Documentación:

a) nombre y dirección del titular

b) Acreditación de la competencia técnica y económica del titular.

c) La superficie del permiso delimitada por sus **coordenadas geográficas**, de acuerdo con lo establecido en el artículo 8.3 de esta ley, definida por la agrupación de **cuadriláteros (de almacenamiento?) de 1'x 1'=270 ha** siempre que no supere un máximo de **100.000 hectáreas**.

d) Un plan de investigación del lugar de almacenamiento que incluya un plan de labores con todas las actuaciones programadas y los medios necesarios para su ejecución, de conformidad con los criterios del **Anexo I.**



Cursos  
de Verano de  
la Universidad  
Politécnica  
de Madrid  
La Granja  
de San Ildefonso

LEY 40/2010, de 29 de diciembre de 2010,

DE ALMACENAMIENTO GEOLÓGICO DE DIÓXIDO DE CARBONO

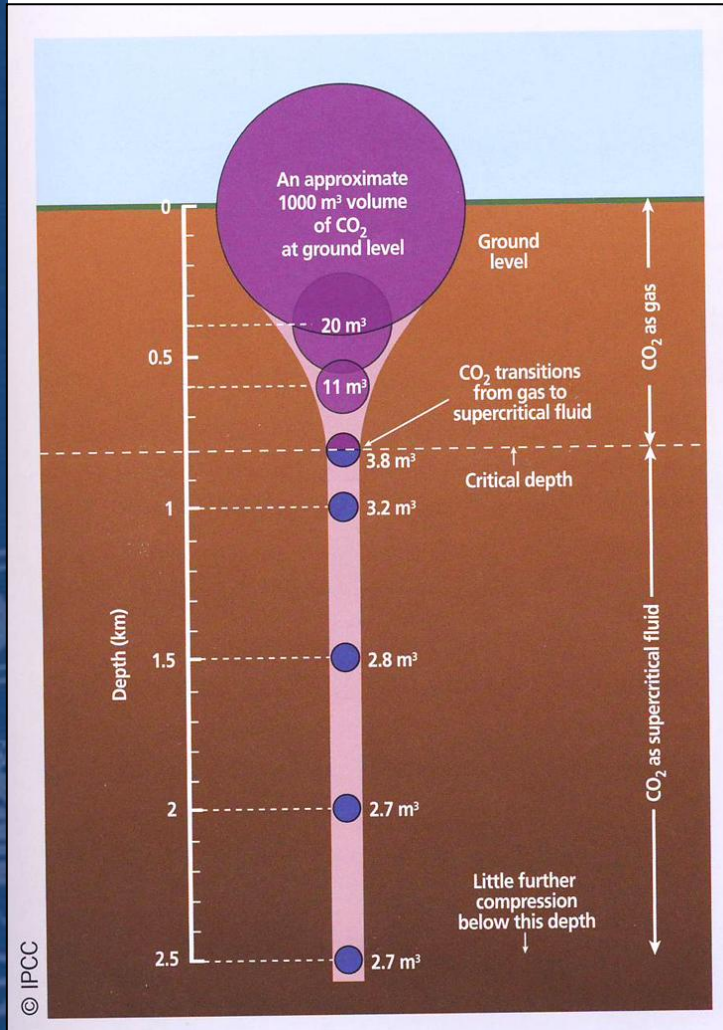


## **Artículo 5.** *Competencias que corresponden a cada Administración*

- **Ministerio de Industria, Turismo y Comercio:** Otorga los permisos de investigación cuya superficie abarque el territorio de más de una comunidad autónoma, y otorgar y revocar los permisos de almacenamiento,
- **Comunidades Autónomas:** otorgan los permisos de la investigación en su territorio, inspeccionan los lugares de almacenamiento, realizan el seguimiento y establecen medidas correctoras.
- **Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino:** aprobación del plan definitivo de gestión posterior al cierre y proponer al Consejo de Ministros la transferencia de responsabilidad sobre los lugares de almacenamiento cerrados.



Cursos  
de Verano de  
la Universidad  
Politécnica  
de Madrid  
La Granja  
de San Ildefonso



● El CO<sub>2</sub> inyectado en el subsuelo alcanza el estado supercrítico alrededor de los 800 m de profundidad.

● Reducción drástica de volumen en profundidad



1000 m<sup>3</sup> de CO<sub>2</sub> en superficie ocupan  
2.7 m<sup>3</sup> a 2000 m de profundidad

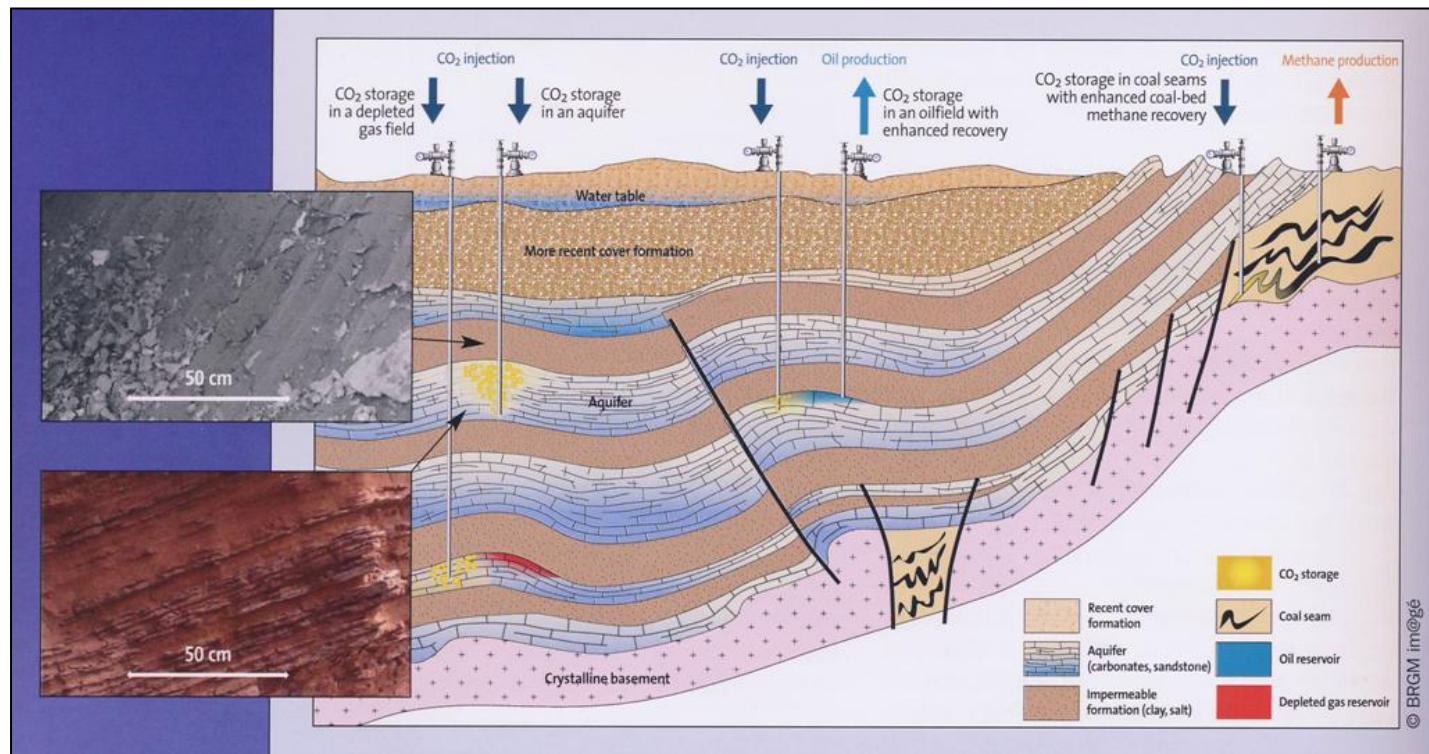


Cursos  
de Verano de  
la Universidad  
Politécnica  
de Madrid  
La Granja  
de San Ildefonso



## Principales opciones de almacenamiento

- Depósitos de petróleo y gas (EOR y EGR)
- Acuíferos salinos profundos
- Capas de carbón (ECBM)





Cursos  
de Verano de  
la Universidad  
Politécnica  
de Madrid  
La Granja  
de San Ildefonso



## 5 TRAPPING MECHANISMS

These trapping processes take place over many years at different rates from days to years to thousands of years, but in general, geologically stored CO<sub>2</sub> becomes more securely trapped with time.

Contribution of each form of trapping over time  
Elapsed time since injection - years



### Structural Trapping

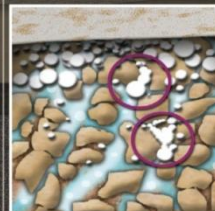
Once injected, the supercritical CO<sub>2</sub> can be more buoyant than other liquids that might be present in the pore space. The CO<sub>2</sub> will therefore percolate up through the porous rocks until it reaches the top of the formation where it meets, and is trapped by, an impermeable layer of cap-rock.

CAPROCK



### Residual Trapping

As the supercritical CO<sub>2</sub> is injected into the formation it displaces fluid as it moves through the porous rock. As the CO<sub>2</sub> continues to move, fluid again replaces it, but some of the CO<sub>2</sub> will be left behind as disconnected - or residual - droplets in the pore spaces which are immobile, just like water in a sponge.



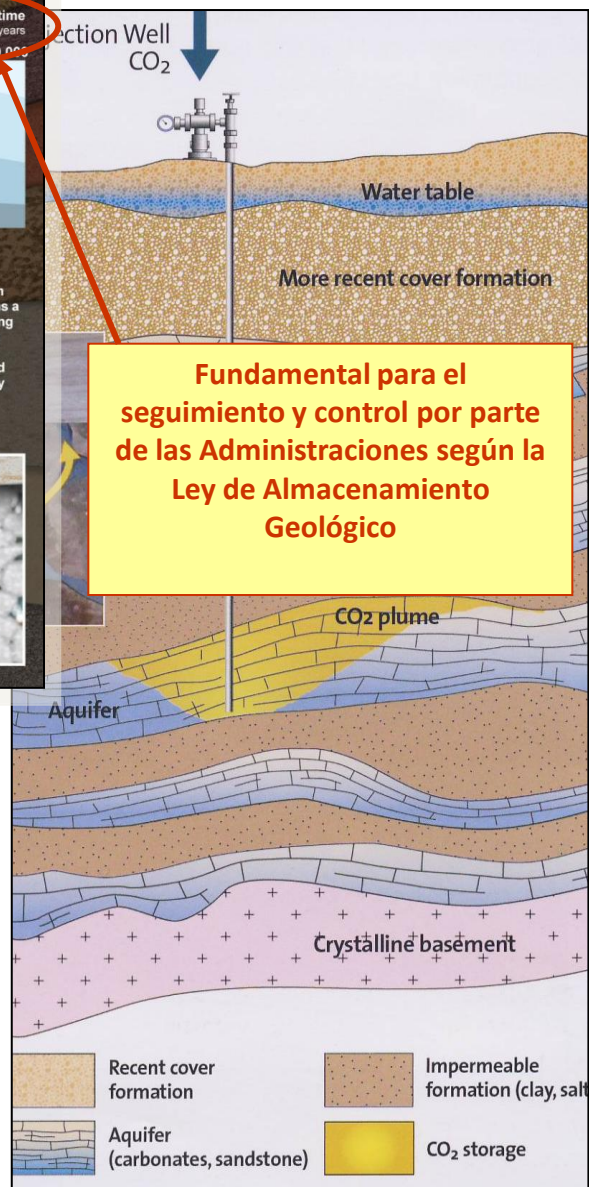
### Dissolution Trapping

CO<sub>2</sub> in its gaseous and supercritical state dissolves in other fluids like the salt water or brine already present in the porous rock. Salt water with CO<sub>2</sub> is denser than surrounding fluids and sinks to the bottom of the rock formation over time, trapping the CO<sub>2</sub> even more securely.



### Mineral Trapping

The final phase of trapping results from the fact that when CO<sub>2</sub> dissolves in water, it forms a weak carbonic acid. Over a long time, this weak acid can react with the minerals in the surrounding rock to form solid carbonate minerals, effectively binding CO<sub>2</sub> to the rock.



Fundamental para el  
seguimiento y control por parte  
de las Administraciones según la  
Ley de Almacenamiento  
Geológico



Cursos  
de Verano de  
la Universidad  
Politécnica  
de Madrid  
La Granja  
de San Ildefonso

LEY 40/2010, de 29 de diciembre de 2010,

DE ALMACENAMIENTO GEOLÓGICO DE DIÓXIDO DE CARBONO



## Anexo I

*Criterios de caracterización y de evaluación del complejo de almacenamiento potencial y de la zona circundante*

La caracterización y la evaluación de los lugares de almacenamiento contemplados en esta Ley se llevarán a cabo en tres etapas:

1. Recogida de datos

2. Creación del modelo  
geológico estático  
tridimensional

3. Caracterización del  
modelo dinámico del  
almacenamiento,  
sensibilidad y evaluación  
del riesgo

- 3.1 – caracterización del comportamiento dinámico del almacenamiento
- 3.2 – caracterización de la sensibilidad
- 3.3 – evaluación del riesgos



Cursos  
de Verano de  
la Universidad  
Politécnica  
de Madrid  
La Granja  
de San Ildefonso

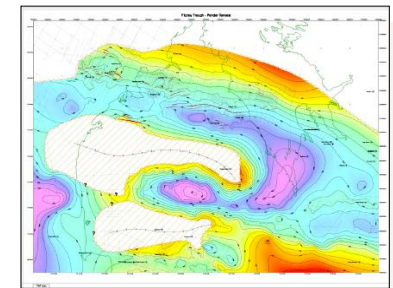
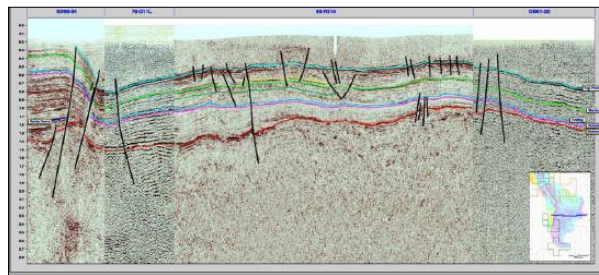
## Anexo I

*Criterios de caracterización y evaluación del complejo de almacenamiento potencial y de la zona circundante*

### **Etapas 1: recogida de datos**

Conviene reunir datos suficientes para establecer un modelo tridimensional volumétrico y estático, incluida la roca sello, así como a las zonas circundantes que incluyan las conectadas hidráulicamente, como:

- Geología y geofísica
- Hidrogeología (existencia de acuíferos destinados al consumo)
- Estructura geológica del lugar de almacenamiento (volumen final de almacenamiento)
- Geoquímica (tasas de disolución)
- Geomecánica (permeabilidad)
- Sismicidad
- Estado de las vías de paso naturales o artificiales, como pozos y perforaciones.





Cursos  
de Verano de  
la Universidad  
Politécnica  
de Madrid  
La Granja  
de San Ildefonso

**LEY 40/2010, de 29 de diciembre de 2010,**

**DE ALMACENAMIENTO GEOLÓGICO DE DIÓXIDO DE CARBONO**



- Características de las **proximidades del complejo**:

- a) zonas que circundan el complejo de almacenamiento susceptibles de estar afectadas por el almacenamiento de CO<sub>2</sub> en el lugar de almacenamiento;
- b) distribución de la población en la región en la que se sitúa el lugar de almacenamiento;
- c) proximidad de recursos naturales valiosos (en particular, zonas incluidas en la red Natura 2000 de conformidad con la Directiva 79/409/CEE del Consejo, de 2 de abril de 1979, relativa a la conservación de las aves silvestres y la Directiva 92/43/CEE del Consejo, de 21 de mayo de 1992, relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres, acuíferos de agua potable e hidrocarburos).
- d) actividades en torno al complejo de almacenamiento e interacciones posibles con estas actividades (p. e. exploración, producción y almacenamiento de hidrocarburos explotación geotérmica de los acuíferos y utilización de reservas freáticas);
- e) proximidad de la fuente o fuentes potenciales de CO<sub>2</sub> (en particular, estimación de la masa potencial total de CO<sub>2</sub> económicamente disponible para el almacenamiento) y redes de transporte adecuadas.



Cursos  
de Verano de  
la Universidad  
Politécnica  
de Madrid  
La Granja  
de San Ildefonso

**LEY 40/2010, de 29 de diciembre de 2010,**

**DE ALMACENAMIENTO GEOLÓGICO DE DIÓXIDO DE CARBONO**



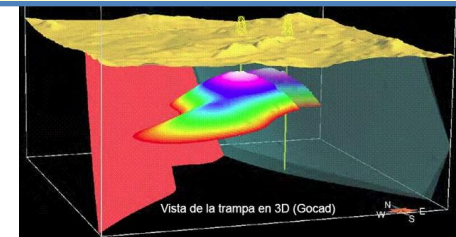
## *Anexo I*

*Criterios de caracterización y evaluación del complejo de almacenamiento potencial y de la zona circundante*

### **Etapas 2: creación del modelo geológico estático tridimensional**

A partir de los datos obtenidos en la Etapa 1, se elaborará un modelo geológico estático tridimensional, o un conjunto de estos modelos, correspondientes al complejo de almacenamiento propuesto, incluida la roca sello y las zonas y fluidos conectados hidráulicamente, utilizando simuladores informáticos. El modelo/s caracterizarán al complejo en términos de:

- a. Estructura geológica de trampa fija
- b. Propiedades geoquímicas, geomecánicas y de migración de fluidos, cobertura y formaciones circundantes
- c. Caracterización del sistema de fracturas y presencia de toda vía antropogénica de migración de fluidos
- d. Superficie y altura del complejo de almacenamiento
- e. Volumen de espacio del poro
- f. Distribución básica del fluido en la situación de referencia





Cursos  
de Verano de  
la Universidad  
Politécnica  
de Madrid  
La Granja  
de San Ildefonso

**LEY 40/2010, de 29 de diciembre de 2010,**

**DE ALMACENAMIENTO GEOLÓGICO DE DIÓXIDO DE CARBONO**



## *Anexo I*

*Criterios de caracterización y evaluación del complejo de almacenamiento potencial y de la zona circundante*

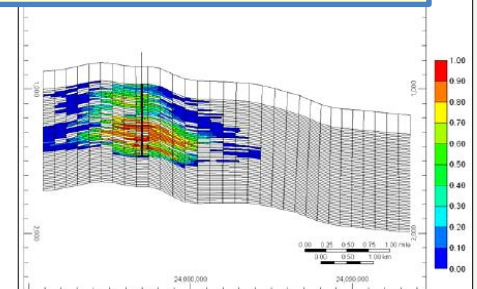
### **Etapas 3.1: caracterización del comportamiento dinámico del almacenamiento**

Deberán tenerse en cuenta al menos los siguientes valores:

- Tasas de inyección posibles y propiedades del flujo de CO<sub>2</sub>
- Eficacia de la modelización de procesos acoplados (es decir, la forma en que interactúan los distintos efectos en el simulador)
- Procesos reactivos (es decir, cómo se incorporan al modelo las reacciones in situ del CO<sub>2</sub> inyectado con los minerales)
- Simulador del depósito utilizado (podría ser necesario recurrir a varias simulaciones para validar ciertas conclusiones)
- Simulaciones a corto y largo plazo (para determinar el destino y el comportamiento futuro del CO<sub>2</sub> a lo largo de décadas y milenios, así como el índice de disolución del CO<sub>2</sub> en el agua)

### **Etapas 3.2: caracterización de la sensibilidad**

Se realizarán simulaciones para determinar la sensibilidad de las hipótesis en relación con algunos parámetros, como la variación de la tasa de flujo.





Cursos  
de Verano de  
la Universidad  
Politécnica  
de Madrid  
La Granja  
de San Ildefonso

**LEY 40/2010, de 29 de diciembre de 2010,**

**DE ALMACENAMIENTO GEOLÓGICO DE DIÓXIDO DE CARBONO**



### *Anexo I*

#### *Criterios de caracterización y evaluación del complejo de almacenamiento potencial y de la zona circundante*

##### 3.3.1 - Caracterización de riesgos

- Determinación del riesgo de fuga del complejo de almacenamiento, establecido a través de la modelización dinámica y de las caracterización de la seguridad.

##### 3.3.2 – Evaluación de la exposición

- Se basará en las características del medio ambiente y en la distribución y actividades de la población que se asienta sobre el almacenamiento, así como en el comportamiento y el destino de las posibles fugas de CO<sub>2</sub>.

##### 3.3.3 – Evaluación de los efectos

- Se basará en la sensibilidad de especies, comunidades o hábitats particulares en relación con los potenciales episodios de fugas de concentraciones elevadas de CO<sub>2</sub>.

##### 3.3.4 – caracterización de riesgos

- Evaluación de la seguridad e integridad del lugar de almacenamiento a corto y largo plazo y, en particular, una evaluación del riesgo de fuga y sus posibles repercusiones para el medio ambiente y la salud humana.



Cursos  
de Verano de  
la Universidad  
Politécnica  
de Madrid  
La Granja  
de San Ildefonso



## LEY 34/1998 del Sector de Hidrocarburos.

### **Artículo 23.** Concurrencia de derechos mineros.

1. Podrán otorgarse permisos de investigación de hidrocarburos aun en los casos en que sobre la totalidad o parte de la misma área existan otros derechos mineros otorgados de acuerdo con la normativa que resulte aplicable.
2. El otorgamiento de permisos de investigación con arreglo a la presente Ley no impedirá la atribución sobre las mismas áreas de autorizaciones, permisos o concesiones relativos a otros yacimientos minerales y demás recursos geológicos.



Cursos  
de Verano de  
la Universidad  
Politécnica  
de Madrid  
La Granja  
de San Ildefonso

LEY 40/2010, de 29 de diciembre de 2010,

DE ALMACENAMIENTO GEOLÓGICO DE DIÓXIDO DE CARBONO



➤ **CONCESIÓN DE ALMACENAMIENTO** (art. 10,11,12,13,14 y 15 del cap.II)

-Duración máxima de la concesión: **30 años +(10) + (10)**

-Otorgamiento de la concesión :

Ministerio de Industria, Turismo y Comercio previo informe favorable del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino y de las CCAA involucradas.

Plazo máximo de resolución de solicitudes: **1 año.**

-Las **solicitudes** incluirán la siguiente información:

a) El nombre y la dirección del titular.

b) Acreditación de la competencia técnica y económica del titular.

c) La caracterización del lugar y del complejo de almacenamiento y la evaluación de las condiciones de seguridad de conformidad con lo previsto en esta ley.



Cursos  
de Verano de  
la Universidad  
Politécnica  
de Madrid  
La Granja  
de San Ildefonso

LEY 40/2010, de 29 de diciembre de 2010,

DE ALMACENAMIENTO GEOLÓGICO DE DIÓXIDO DE CARBONO



## *Capítulo II*

### *Permisos de investigación y concesiones de almacenamiento*

#### **Concesiones de almacenamiento**

La concesión de almacenamiento confiere a su titular el derecho exclusivo de almacenar CO<sub>2</sub> en el lugar de almacenamiento, siendo el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio el encargado de otorgar dichas concesiones. Sólo se podrá almacenar CO<sub>2</sub> en aquellas formaciones geológicas consideradas idóneas, lo que se determinara a través de una caracterización y una evaluación del complejo de almacenamiento potencial y de las formaciones geológicas circundantes. Se regula, como parte de la solicitud de concesión de almacenamiento, una garantía financiera que debe responder del cumplimiento de las obligaciones derivadas de la concesión, así como de la inclusión de los lugares de almacenamiento en el ámbito de aplicación de la Ley 1/2005, de 9 de marzo, por la que se regula el régimen de derechos de emisión de gases de efecto invernadero.



Cursos  
de Verano de  
la Universidad  
Politécnica  
de Madrid  
La Granja  
de San Ildefonso



**LEY 40/2010, de 29 de diciembre de 2010,**  
**DE ALMACENAMIENTO GEOLÓGICO DE DIÓXIDO DE CARBONO**

*Capítulo III*

*Funcionamiento, cierre y obligaciones tras el cierre*

**Artículo 18**

1. El flujo objeto de almacenamiento deberá estar mayoritariamente compuesto de dióxido de carbono. No podrá añadirse al flujo de CO<sub>2</sub> ningún residuo o sustancia con el objeto de su eliminación.
2. No obstante, el flujo de CO<sub>2</sub> podrá tener restos de sustancias asociadas a las operaciones de captura o inyección y sustancias residuales que se hayan añadido para facilitar el seguimiento. Las concentraciones de todas las sustancias incidentales deberá estar por debajo de un nivel que pueda:
  - Causar efectos negativos al lugar de almacenamiento
  - Constituir un riesgo importante para el medio ambiente o la salud humana
  - Infringir disposiciones de la normativa aplicable





Cursos  
de Verano de  
la Universidad  
Politécnica  
de Madrid  
La Granja  
de San Ildefonso



**LEY 40/2010, de 29 de diciembre de 2010,**  
**DE ALMACENAMIENTO GEOLÓGICO DE DIÓXIDO DE CARBONO**

**3.** El titular del lugar de almacenamiento deberá:

- Aceptar e inyectar flujos de CO<sub>2</sub> únicamente si se ha llevado a cabo un análisis de la composición de los flujos por una entidad acreditada para este fin
- Evaluación de riesgos
- Mantener un registro de las cantidades y características de los flujos de CO<sub>2</sub> entregados e inyectados, incluida la composición de dichos flujos.

**4.** La comunidad autónoma será la encargada de asegurar que el titular cumple con estas obligaciones. A estos efectos, podrá recabar del titular, en cualquier momento, la información oportuna, incluidos los documentos que prueben el cumplimiento de estas obligaciones.

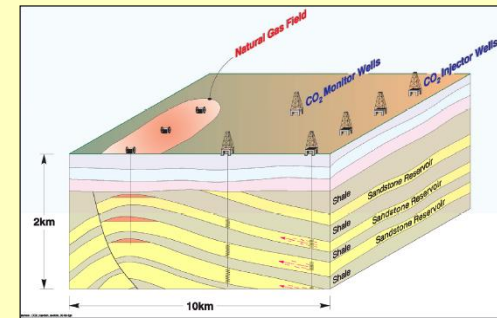


Cursos  
de Verano de  
la Universidad  
Politécnica  
de Madrid  
La Granja  
de San Ildefonso



**LEY 40/2010, de 29 de diciembre de 2010,**  
**DE ALMACENAMIENTO GEOLÓGICO DE DIÓXIDO DE CARBONO**

- d) Un **proyecto de explotación** del lugar de almacenamiento que incluya el programa de inversiones y las actividades comerciales previstas, la cantidad total de CO<sub>2</sub> que podrá ser inyectada y almacenada, así como las fuentes de origen del mismo y en particular si proceden de actividades propias o de terceros, los métodos de transporte previstos, la composición de los flujos de CO<sub>2</sub>, los índices y presiones de inyección y la situación de las instalaciones de inyección.
- e) Un estudio del balance de gases de efecto invernadero en el proceso total (captura, transporte y almacenamiento).
- f) La descripción de las medidas destinadas a prevenir irregularidades o desviaciones significativas respecto del plan de explotación previsto.
- g) Propuesta de plan de seguimiento.
- h) Propuesta de medidas correctoras.
- i) Propuesta de plan provisional de gestión posterior al cierre.
- j) Documento inicial del proyecto o, en su caso, documento ambiental al que se refieren los artículos 6 y 16 del Real Decreto Legislativo 1/2008, de 11 de enero, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental de proyectos para aquellos proyectos que deban someterse a evaluación de impacto ambiental.





Cursos  
de Verano de  
la Universidad  
Politécnica  
de Madrid

La Granja  
de San Ildefonso



**LEY 40/2010, de 29 de diciembre de 2010,**  
**DE ALMACENAMIENTO GEOLÓGICO DE DIÓXIDO DE CARBONO**

- La solicitud se remitirá al **órgano competente de la comunidad autónoma** para que ésta emita informe en un **plazo de tres meses**. Se solicitará también del órgano competente de la comunidad autónoma la aprobación del plan de seguimiento y del plan provisional de gestión posterior al cierre.
- Se solicitará **informe de la Comisión Europea en el plazo de un mes** desde que se hubiese recibido la solicitud así como también del **Instituto Geológico y Minero de España**, presumiéndose este último favorable si no existe un pronunciamiento expreso en un **plazo de tres meses**.
- El solicitante deberá presentar, junto con su solicitud de concesión de almacenamiento, la prueba de la constitución de una **garantía financiera** que responda del cumplimiento de las obligaciones derivadas de la concesión y de esta ley.





Cursos  
de Verano de  
la Universidad  
Politécnica  
de Madrid  
La Granja  
de San Ildefonso



**LEY 40/2010, de 29 de diciembre de 2010,**  
**DE ALMACENAMIENTO GEOLÓGICO DE DIÓXIDO DE CARBONO**

- Contenido de las **concesiones de almacenamiento**:

- a) El nombre y dirección del titular.
- b) La localización y delimitación precisas del lugar y del complejo de almacenamiento y los elementos relativos a la estructura subterránea.
- c) La aprobación del plan de explotación del lugar de almacenamiento presentado.
- d) Los requisitos exigidos para la explotación del lugar de almacenamiento, la cantidad total de CO<sub>2</sub> cuyo almacenamiento geológico se autoriza, los límites de presión del depósito y los índices y presiones máximos de inyección.
- e) Los requisitos relativos a la composición del flujo de CO<sub>2</sub> y, en su caso, otros requisitos relativos a la inyección y al almacenamiento, en particular para impedir irregularidades significativas.



Cursos  
de Verano de  
la Universidad  
Politécnica  
de Madrid  
La Granja  
de San Ildefonso



**LEY 40/2010, de 29 de diciembre de 2010,**  
**DE ALMACENAMIENTO GEOLÓGICO DE DIÓXIDO DE CARBONO**

- f) El plan de seguimiento aprobado por la comunidad autónoma de conformidad con el artículo 19, la obligación de aplicar el plan y los requisitos de actualización del plan, así como los requisitos de información previstos en el artículo 20.
- g) La obligación de informar al Ministerio de Industria, Turismo y Comercio y al órgano competente de la comunidad autónoma, en caso de detectarse irregularidades significativas o fugas, la obligación de informar de un plan de medidas correctoras y la obligación de aplicar dicho plan en caso de irregularidades significativas o fugas.
- h) Las condiciones de cierre y el plan provisional de gestión posterior al cierre aprobado por la comunidad autónoma de conformidad con el artículo 23.
- i) Las disposiciones relativas a las modificaciones, la revisión, la actualización y la revocación de la concesión de almacenamiento.
- j) La obligación de establecer y mantener la garantía financiera u otra medida equivalente.
- k) La declaración de impacto ambiental o, en su caso, la declaración sobre la evaluación ambiental.



Cursos  
de Verano de  
la Universidad  
Politécnica  
de Madrid  
La Granja  
de San Ildefonso



**LEY 40/2010, de 29 de diciembre de 2010,**  
**DE ALMACENAMIENTO GEOLÓGICO DE DIÓXIDO DE CARBONO**

➤ **TRANSFERENCIA DE RESPONSABILIDAD** (art. 24 y 25 del cap.III)

- Tras el cierre de un lugar de almacenamiento de conformidad con el artículo 23, se transferirán a la Administración General del Estado, a iniciativa de ésta o a petición del titular, todas las obligaciones legales relacionadas con el seguimiento y con las medidas correctoras exigibles con arreglo a esta ley, con la entrega de los derechos de emisión con arreglo a la Ley 1/2005, de 9 de marzo, siempre que:

- a) **Todas las pruebas disponibles indiquen que todo el CO<sub>2</sub> almacenado permanecerá completa y permanentemente confinado.**
- b) **Hayan transcurrido al menos 20 años**, salvo que el Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino determine un plazo inferior tras haber comprobado que antes de que transcurra ese plazo existe certeza acerca de lo contemplado en párrafo anterior.
- c) Se haya cumplido con las obligaciones financieras.
- d) El lugar de almacenamiento haya sido sellado y se hayan retirado las instalaciones de inyección.



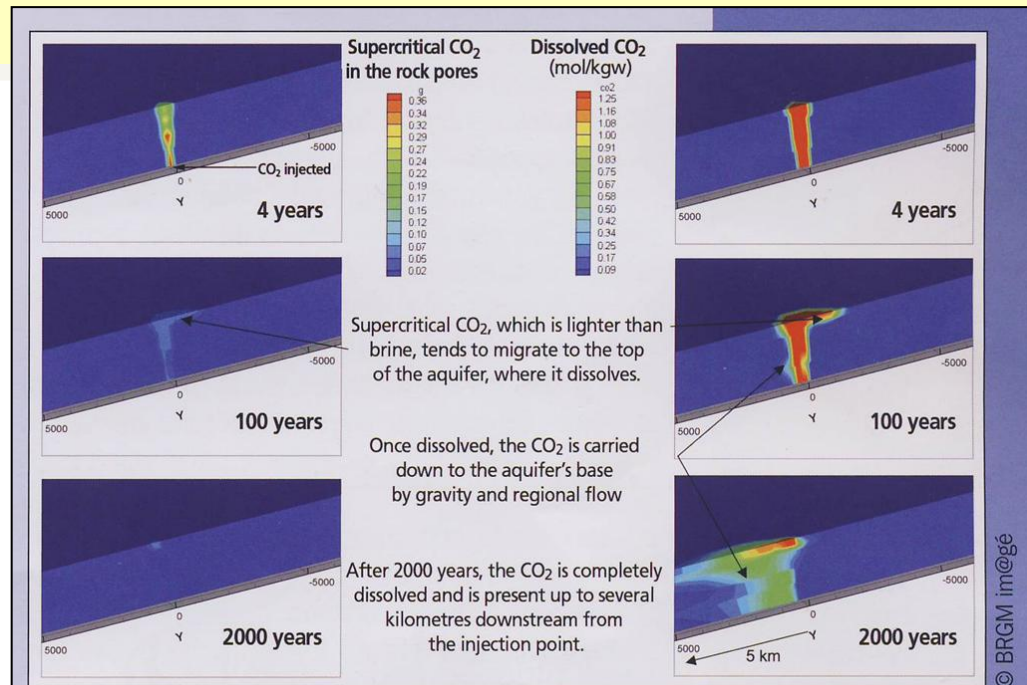
Cursos  
de Verano de  
la Universidad  
Politécnica  
de Madrid  
La Granja  
de San Ildefonso



## LEY 40/2010, de 29 de diciembre de 2010, DE ALMACENAMIENTO GEOLÓGICO DE DIÓXIDO DE CARBONO

-El titular preparará un **informe** que acredite lo siguiente:

- La conformidad del comportamiento real del CO<sub>2</sub> inyectado con la modelización de dicho comportamiento.
- La ausencia de toda fuga aparente.
- Que el lugar de almacenamiento está evolucionando hacia una situación de estabilidad a largo plazo.





Cursos  
de Verano de  
la Universidad  
Politécnica  
de Madrid  
La Granja  
de San Ildefonso



**LEY 40/2010, de 29 de diciembre de 2010,**

**DE ALMACENAMIENTO GEOLÓGICO DE DIÓXIDO DE CARBONO**

- Cuando el Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino considere que se cumplen las condiciones requeridas apartado 1, letras a) y b), preparará una propuesta de resolución por la que se apruebe la transferencia de responsabilidad. **Remitirá el informe y la propuesta de resolución a la Comisión Europea para que esta informe al respecto.**
- El Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino elevará la propuesta de resolución de transferencia de responsabilidad al Consejo de Ministros para su aprobación. Dicha resolución deberá ser notificada al titular y comunicada a la Comisión Europea.
- Una vez transferida la responsabilidad, terminarán las inspecciones periódicas previstas y el seguimiento podrá reducirse a unos niveles que se estimen suficientes para poder detectar las fugas o las irregularidades significativas.
- En los casos en los que la Administración incurra en costes de gestión del lugar de almacenamiento tras la transferencia de responsabilidad, podrá recuperar del titular los costes ocasionados si éste hubiese incurrido en incumplimientos.
- Creación de un **fondo de seguimiento de lugares de almacenamiento de dióxido de carbono**, que tiene como objetivo principal cubrir los costes de seguimiento tras la transferencia de responsabilidad.



Cursos  
de Verano de  
la Universidad  
Politécnica  
de Madrid  
La Granja  
de San Ildefonso



**LEY 40/2010, de 29 de diciembre de 2010,**  
**DE ALMACENAMIENTO GEOLÓGICO DE DIÓXIDO DE CARBONO**

Graduación de las sanciones

**Muy graves**

Inyectar CO<sub>2</sub> sin permiso de almacenamiento

Incumplimiento de obligaciones que pongan en peligro la salud humana o el medio ambiente

2,000,001 - 5,000,000 €

**Graves**

No contar con permiso de investigación

No tener garantía financiera

Inyectar flujos que no sean CO<sub>2</sub>

No llevar a cabo seguimiento ni medidas correctoras

Falsear información

200,001 – 2,000,000 €

**Leves**

Cualquier infracción que no esté contemplada en las anteriores

< 200,000 €



Cursos  
de Verano de  
la Universidad  
Politécnica  
de Madrid

La Granja  
de San Ildefonso



**Gracias por su atención**



**Cursos  
de Verano de  
la Universidad  
Politécnica  
de Madrid**

**La Granja  
de San Ildefonso**





**Cursos  
de Verano de  
la Universidad  
Politécnica  
de Madrid**

**La Granja  
de San Ildefonso**

