

## ÍNDICE

Prólogo.....	11
Endesa y la tecnología e innovación.....	13
La Fundación de la Energía CIUDEN en el desarrollo de la tecnología de captura y almacenamiento de CO <sub>2</sub> en España. ....	17
Agradecimientos y nota del autor .....	19
1. OBJETIVO .....	25
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA .....	29
2.1. La captura y almacenamiento de CO <sub>2</sub> (CAC). ....	29
2.1.1. Captura.....	30
2.1.2. Transporte.....	45
2.1.3. Almacenamiento .....	47
2.2. Formaciones almacén.....	48
2.2.1. Mecanismos de retención.....	48
2.2.2. Yacimientos de petróleo y gas natural .....	57
2.2.3. Acuíferos salinos profundos.....	58
2.2.4. Capas de carbón.....	60
2.2.5. Otros tipos de formaciones almacén considerados: domos y minas de carbón abandonadas.....	61
2.3. Analogías relacionadas con el almacenamiento geológico del CO <sub>2</sub> .....	68
2.3.1. Analogías naturales.....	68
2.3.2. Analogías industriales.....	75
2.4. Principales proyectos de almacenamiento de CO <sub>2</sub> .....	99
2.4.1. Introducción .....	99
2.4.2. Weyburn .....	100
2.4.3. In Salah.....	102
2.4.4. Sleipner.....	104
2.4.5. FRIO .....	107
2.4.6. Mínamí-Nagaoka.....	110
2.4.7. Futuros proyectos.....	111

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	115
3.1. Incertidumbres a responder .....	116
3.2. La importancia de la selección .....	116
3.3. Metodología propuesta .....	117
4. CRITERIOS DE SELECCIÓN .....	121
4.1. Introducción.....	121
4.2. Identificación de los criterios de selección .....	121
4.2.1. Introducción .....	121
4.3. Criterios técnicos .....	122
4.3.1. Tectónica. Complejidad estructural .....	122
4.3.2. Geología .....	135
4.3.3. Hidrogeología .....	143
4.3.4. Estado del CO <sub>2</sub> en el subsuelo.....	148
4.3.5. Capacidad.....	152
4.3.6. Presencia de formaciones geológicas o recursos de interés.....	164
4.4. Criterios socio-económicos .....	165
4.4.1. Información previa disponible.....	165
4.4.2. Fuentes de emisión de CO <sub>2</sub> .....	166
4.4.3. Núcleos de población, espacios naturales y culturales protegidos.....	174
4.4.4. Ubicación .....	175
4.4.5. Accesibilidad e infraestructura.....	178
4.5. Desarrollo del modelo matemático .....	178
4.5.1. Introducción.....	178
4.5.2. Métodos de evaluación y decisión con múltiples criterios.....	179
4.5.3. Proceso de análisis jerárquico (AHP).....	181
4.5.4. Planteamiento.....	190
4.5.5. Cuantificación y ponderación de cada criterio.....	191
4.5.6. Cuadro resumen. Generación de la matriz con la valoración de las propiedades de los criterios: tabulación de los valores.....	199
4.6. Aplicación informática para la gestión y valoración de emplazamientos geológicos para el almacenamiento de CO <sub>2</sub> .....	200
4.6.1. Introducción .....	200
4.6.2. Conceptos iniciales .....	201
4.6.3. Base de datos de focos emisores.....	202
4.6.4. Base de datos de emplazamientos .....	204
4.7. Conclusión .....	206
5. SISTEMA DE MONITORIZACIÓN .....	209
5.1. Introducción.....	209
5.2. Planificación de la monitorización de CO <sub>2</sub> .....	211
5.2.1. Adecuación de las técnicas de control en función de la formación almacén.....	212
5.2.2. Proyectos cuyo objetivo principal es el desarrollo de técnicas de monitorización .....	214
5.2.3. Adecuación de las técnicas de control en función del emplazamiento .....	215
5.2.4. Parámetros a evaluar/monitorizar .....	215

5.3. Técnicas de monitorización .....	216
5.3.1. Técnicas de monitorización de ingeniería.....	217
5.3.2. Técnicas de monitorización geofísicas .....	219
5.3.3. Técnicas de monitorización geoquímicas.....	225
5.3.4. Técnicas de monitorización geodésicas .....	227
5.4. Necesidades de monitorización. Clasificación espacial.....	228
5.5. Necesidades de monitorización. Clasificación temporal .....	229
5.6. Importancia de la monitorización durante la vida de un proyecto de almacenamiento .....	233
5.7. Gráfico resumen de los sistemas de monitorización.....	235
5.7.1. Formación almacén.....	235
5.7.2. Estudio de fugas y monitorización .....	236
6. ANÁLISIS DE RIESGOS.....	239
6.1. Introducción.....	239
6.2. Análisis de ciclo de vida .....	241
6.2.1. Normativa relacionada con el análisis de ciclo de vida .....	242
6.3. Método de análisis: Características, eventos y procesos (FEP) .....	242
6.3.1. Definiciones.....	242
6.3.2. Clasificación de los riesgos .....	244
6.4. Proceso marco de evaluación y clasificación (SRF) .....	250
6.4.1. Introducción.....	250
6.4.2. Diseño del modelo SRF .....	251
6.5. Conclusión: modelo de gestión del riesgo .....	255
7. CONCLUSIONES.....	257
7.1. Introducción.....	257
7.2. Modelo matemático para la caracterización de emplazamientos .....	258
7.3. Sistema y herramientas de caracterización: premonitorización.....	259
7.4. Análisis de riesgos .....	259
7.5. Futuros desarrollos derivados de la tesis doctoral.....	260
GLOSARIO.....	261
BIBLIOGRAFÍA.....	265