



PROJECTE CASTOR: BASES PER A UNA AUDITORIA

MARÇ 2018

SÍNDIC

EL DEFENSOR
DE LES
PERSONES

PROYECTO CASTOR: BASES PER A UNA AUDITORIA

SÍNDIC

EL DEFENSOR
DE LES
PERSONES

Síndic de Greuges de Catalunya

1a edició: Març 2018

Projecte Castor: bases per a una auditoria. Març 2018

Maquetació: Síndic de Greuges

ÍNDEX

1. INTRODUCCIÓ	5
2. ORIGEN DEL PROJECTE	7
3. MODEL GEOLÒGIC (ESTÀTIC)	7
4. MODEL DE FLUX (DINÀMIC)	8
5. MODEL GEOMECÀNIC	9
6. ANÀLISI SÍSMICA	10
7. RESUM	11
8. REFERÈNCIES	12
SÍMBOLS	14

1. INTRODUCCIÓ

Arran dels terratrèmols que van tenir lloc als voltants de la plataforma marina Castor, situada a 22 km davant les costes de Vinaròs (Castelló), durant els últims dies de setembre i primers d'octubre de 2013, el Ministeri d'Indústria Energia i Turisme va sol·licitar sengles informes a l'Institut Geològic i Miner d'Espanya (IGME) i a MIT-Harvard per determinar si els terratrèmols estaven relacionats amb les injeccions de gas que duia a terme l'empresa Escal UGS a l'antic camp d'Amposta (Castor).

L'informe de MIT-Harvard (1) que el Ministeri va fer públic el 2017, i a què s'ha tingut accés, confirma el que apuntava l'IGME (2) i (3) que els terratrèmols es van originar en relació amb les injeccions de gas dutes a terme a la plataforma marina Castor. Aquests informes, juntament amb uns altres informes i presentacions elaborades per Escal UGS, s'han centrat a explicar com, quan i on van tenir l'origen aquests terratrèmols. Tanmateix, el perquè d'aquests encara és una incògnita que queda per revelar.

En aquests informes, s'han dut a terme revisions que posen de manifest deficiències en l'elaboració dels models de flux, dels models geomecànics i de l'anàlisi sísmica. Tot i així, i malgrat que de les dades proporcionades per Escal UGS, IGME i MIT-Harvard se'n desprenen serioses deficiències en el model geològic sobre el qual es fonamenta tot el projecte, fins a la data no s'ha revisat d'una manera expressa.

De l'estudi dels informes a què s'ha tingut accés, inclosos els informes sol·licitats pel Ministeri a l'IGME (2) i (3) i al MIT-Harvard (1), es pot concloure que hi ha prou indicis, en totes i cadascuna de les fases d'avaluació geològica sobre la qual es fonamenta el projecte, d'irregularitats, insuficiències, errors i contradiccions que s'haurien

d'investigar en una auditoria tècnica (AT). L'AT hauria d'investigar tots els informes elaborats per a Escal UGS (4) abans de la injecció de gas per estimar si amb les dades disponibles l'agost-setembre de 2013 es podia haver previst el que finalment va ocórrer, si es podien haver pres mesures per evitar els terratrèmols i, si aquest fos el cas, per què no es van executar aquestes mesures. Durant l'AT també s'hauria d'entrevistar totes les parts que van participar en l'elaboració del projecte Castor des del punt de vista geològic. Així mateix, seria recomanable que l'AT avalués la viabilitat econòmica del projecte Castor, especialment arran dels resultats obtinguts pel Castor-1.

Tot i que aquest document no es pot considerar una autoritat en la qualificació dels aspectes geològics avaluats, ja que es basa en informació parcial i limitada (vegeu Referències), es considera que hi ha prou indicis que aconsellen dur a terme una AT del Projecte amb deteniment. Serà a partir de les conclusions de l'AT que les actuacions d'Escal UGS en cadascuna de les cinc fases de què consta la geologia del Projecte Castor (origen, model geològic, model de flux, model geomecànic i anàlisi sísmica) podran ser qualificades de negligència, incompetència o dol.

A continuació, es descriuen tots els aspectes del Projecte que mereixerien una investigació detallada de l'AT per dilucidar si el Projecte Castor es podia considerar un projecte geològic tècnicament i econòmicament viable i robust o bé s'havia de qualificar com a especulació pseudocientífica. És altament probable, des del punt de vista tècnic, que la causa del fracàs del Projecte Castor i l'origen dels terratrèmols radiqui en una idea equivocada del model geològic. L'objectiu d'aquesta memòria és compilar tots els indicis que apunten a greus errors en la concepció geològica del Projecte des de l'origen fins als terratrèmols de setembre-octubre de 2013.

2. ORIGEN DEL PROJECTE

El Projecte Castor neix el 1995 de la mà d'Eurogas. Aquesta empresa estimava que al camp de petroli d'Amposta quedaven per produir uns 35 milions de barrils (MMbbl) recuperables, encara presents al camp d'Amposta (5) després de ser abandonat per Shell N.V. el 1989 (6). Eurogas considerava una fase inicial d'extracció de petroli per seguidament reutilitzar els pous per a la injecció de gas. L'estimació de 35 MMbbl és altament dubtosa per tres raons:

1) Situava els 35 MMbbl als àtics de l'estructura. Als àtics les quantitats de petroli són mínimes (normalment subeconòmiques), a causa del limitat volum de roca magatzem.

2) Els àtics identificats per Eurogas ja van anar perforats per Shell els anys 70-80, segons es desprèn d'informació procedent d'Eurogas (5) i Escal UGS (7).

3) 35 MMbbl recuperables equivalen al 64% del petroli produït per Shell, quantitat sorprenent si es té en compte que quan Shell va abandonar el camp d'Amposta el contacte aigua-petroli havia arribat pràcticament al sostre de l'estructura. El pou Castor-1 finalitzat el 2005 va confirmar que no hi havia 35 MMbbl de petroli recuperables, sinó que només hi havia uns 3-5 MMbbl de petroli (4).

Caldria investigar quines eren les bases i els paràmetres utilitzats per estimar els 35 MMbbl, i si aquestes bases es poden considerar correctes per als estàndards de la indústria o bé eren falses. Caldria investigar com expliquen Eurogas i Escal UGS la desaparició de 30-32 MMbbl. El 2004 (4) s'estimava en 35 MMbbl el petroli recuperable, però els anys 2011-2012 tant Eurogas com Escal UGS parlen del camp d'Amposta com un camp esgotat (8) i (9). També caldria avaluar l'impacte econòmic de la desaparició d'aquests 30-32 MMbbl de petroli i determinar si després del Castor-1 el projecte era econòmicament viable o no. Ja en aquesta fase una auditoria podria establir si el Projecte Castor era un projecte sòlid o només era un projecte especulatiu.

3 MODEL GEOLÒGIC (estàtic)

Seguint l'afirmació inclosa en l'informe MIT-Harvard (1): "The correct geological model facilitates the flow and geomechanical models", cal convenir que l'èxit del Projecte es basa en l'obtenció d'un model geològic correcte, i dins el model geològic el magatzem hi té un paper determinant.

Segons Escal UGS l'aspecte fonamental del magatzem és la presència de grans cavitats: En principio, y dadas las características del almacén subterráneo, consistente en un karst bien desarrollado por el que los fluidos circulan por cavidades abiertas con absoluta facilidad (comportamiento similar al de un tanque), sin resistencia, es decir sin pérdida de carga, no se generarán sobrepresiones importantes durante el llenado" (10) i (11). En cap dels informes a què s'ha tingut accés Escal UGS presenta proves de l'existència d'aquestes cavitats obertes. A aquest respecte, cal esmentar:

1) Que en la presentació d'Escal UGS al Col·legi de Geòlegs de Catalunya de data 25 de febrer 2014 (12), en ser interpellats sobre les suposades evidències d'aquestes cavitats, el senyor Recaredo del Potro va reconèixer que l'única evidència que tenien era respecte a l'alçada de la cavitat i de cap manera podien afirmar res sobre amplada i fons de la cavitat. Partint de les mateixes dades utilitzades per Escal UGS, s'arriba a la conclusió que les suposades cavitats de desenes de metres es transformen en cavitats de no més de 45 cm d'amplada.

2) Que respecte a les suposades evidències sísmiques a favor d'aquestes cavitats al camp d'Amposta (13) es pot afirmar que aquestes imatges estan deformades (les línies sísmiques s'han comprimit i s'han eliminat traces sísmiques segons el criteri de l'interpret), la qual cosa ha originat artefactes sísmics que són els que s'han interpretat com a coves col·lapsades.

Les modelitzacions del magatzem dutes a terme pel MIT-Harvard (1) demostren la impossibilitat de reconciliar els paràmetres utilitzats per Escal UGS amb la realitat i, en conseqüència, es veuen obligats a redefinir els paràmetres del magatzem. És significatiu que mentre Escal UGS esmenta porositats

de la roca magatzem de 16-25%, els models del MIT-Harvard assignen una porositat màxima del 5.5%. “In general rock permeabilities and porosities in this model were regarded as very uncertain due to lack of reliable prior information”.

Si el model geològic és incorrecte tot el treball posterior es farà sobre una base falsa. En una auditoria es podria establir si el model de magatzem escollit per Escal UGS està avalat per dades reals o és una pura especulació pseudocientífica sense cap base.

4. MODEL DE FLUX (dinàmic)

Segons Escal UGS, abans de la injecció de gas, es van fer almenys vuit modelitzacions del magatzem (4). Sorprèn que l'auditor tècnic del Projecte (Gafney, Cline and Associates – GC&A) (14) només esmenti amb detall l'MBAL model (material balance) i no faci referència a les altres modelitzacions, atès que aquest tipus de modelització (MBAL) es fa normalment quan encara hi ha poques dades perquè és senzilla i ràpida, i es duu a terme abans de fer modelitzacions més complexes.

L'auditoria hauria d'investigar amb detall el model de flux si es té en compte el que afirma l'auditor tècnic a aquest respecte: GC&A: “The report “EUROGAS/ESCAL UGS S.L.CASTOR PROJECT. MBAL TANK MODEL for AMPOSTA Field and Vertical Lift Performance curves calculation (GK/AMP -2006/004) describes the reservoir modeling process in some detail, but the report does not include detail of the input dataset and it has not been possible to validate this”). És a dir, l'auditor tècnic no valida el model de flux elaborat per Escal UGS.

GC&A també esmenta el següent: “Specific data items that are fundamental to the material balance model are the reported field average reservoir pressures, production data and the depth of the OWC over time. These are interpreted datasets and the reliability of the results of the material balance study depends on how these datasets were measured and what

processing and interpretation have been applied to the raw data” (14).

En l'informe de MIT-Harvard (1) es fan modelitzacions de flux per a la fase de producció de petroli a Amposta i la injecció de gas en Castor. Tanmateix, no hi ha publicat res referent al període comprès entre l'abandonament del camp el 1989 i la seva reactivació el 2013. Durant aquest període, el contacte petroli-aigua (OWC) passa de 1.750 bmsl a 1.800 bmsl. L'auditoria hauria d'investigar si aquest període ha estat modelat o no, i comprovar si els models elaborats per MIT-Harvard poden explicar el comportament de l'OWC, tenint en compte, a més, que, segons GC&A, l'evolució de l'OWC amb el temps és fonamental en la modelització del magatzem (14).

Altres consideracions que ha de tenir en compte l'auditoria:

Per què no es va seguir el codi de bones pràctiques establert per la indústria per a les injeccions de gas? (2) i (3)

L'AT hauria d'investigar les conclusions de l'informe de Schlumberger per a Escal UGS sobre asfaltens i comprovar quines van ser les conclusions i recomanacions. Els asfaltens presents al petroli d'Amposta podien haver-se precipitat al magatzem, i reduït la seva porositat i permeabilitat, quan Shell va injectar gas per recuperar petroli els anys 80.

L'AT hauria d'investigar per què el maig de 2007, quan es va actualitzar la sol·licitud de concessió partint de l'Ordre del Ministeri d'Indústria, Turisme i Comerç ITC/3995/2006 i, entre altres canvis, es va cancel·lar la fase prèvia d'extracció del petroli existent al jaciment, i més si es té en compte que en el Watercraft Prospectus for Investors (14) s'expressen els dubtes pel comportament que aquest petroli no extret pot tenir durant la injecció de gas.

Tots aquests factors podrien haver contribuït al desenvolupament de sobrepressions excessives per a la integritat del magatzem.

5. MODEL GEOMECÀNIC

En el document Watercraft Prospectus for Investors (14) s'afirma que: "Over-pressuring of a UGS facility to increase working gas volume is a fairly common practice. However this may give rise to a potential risk of a breach of seal, causing potential loss of gas from the confines of the original reservoir and surface movement." En conseqüència, és de vital importància establir a quina pressió es fractura la roca per poder evitar fugues de gas.

La pressió de fractura s'obté dels assajos de fugues (LOT) que es fan en cada pou que es perfora. Als pous perforats per Shell es van fer les proves que van proporcionar les dades necessàries per calcular la pressió de fractura al camp d'Amposta, atès que aquest tipus de proves són estàndard en tots els pous de petroli/gas. Tanmateix, el 2010 Escal UGS afirmava el següent: "Se recopilaron datos de 113 sondeos perforados en esta áreas (Golfo de Valencia y Golfo de Roses), de los cuales sólo se dispuso de datos de los ensayos de fugas efectuados de 38 de ellos. Además, y dado que no se pudo disponer de datos del campo Amposta, durante las operaciones del sondeo de evaluación Castor-1 se llevó a cabo un test de fugas (LOT) sobre la roca cobertera (arcillas del Grupo Castellón) para poder tener al menos un dato que fuera representativo del campo, aparte de los disponibles en el entorno" (15). Cal qualificar, com a mínim, de sorprenent que el projecte avanci fins al 2011 sense dades vitals (LOT d'Amposta) per poder determinar la pressió de fractura de la roca segell, de la qual depèn la viabilitat tècnica del projecte.

Utilitzant dades del golf de Roses/golf de València, i segons les estimacions d'Escal UGS, la pressió de fractura podria variar entre 253 i 322 bar. Atès que la pressió d'injecció de gas era de 212 bar, això donava un marge de seguretat d'entre 41-110 bar. Tanmateix, utilitzant les mateixes dades ofertes per Escal UGS, i aplicant mètodes estàndard de la indústria, s'arriba a escenaris menys optimistes en què la roca es fractura en assolir pressions al magatzem de 185-190 bar. És significatiu que el primer terratrèmol de magnitud superior a 3 (3,5) té lloc el 24 de setembre de 2013 quan la pressió al

magatzem és de 185 bar (16). Els terratrèmols de magnitud superior a 3 eren indicatius de moviment de falla (3, annex II).

És revelador el que es manifesta en l'informe de l'IGME (3): "Los márgenes de seguridad de riesgos geomecánicos y fugas son bastante más ajustados, casi inexistentes, según las simulaciones correspondientes a la evaluación más actual (2011)". L'encert d'aquesta afirmació es manifesta quan es compara la pressió inicial del magatzem de 178 bar a 1736 m bmsl (16) i la pressió màxima assolida de 185 bar (16) quan es produeix el primer terratrèmol d'intensitat superior a 3. Segons admet Escal UGS, es van obtenir sobrepressions de 7,9 bar durant la injecció de gas matalàs (16).

Partint de l'afirmació de l'IGME, i assumint que les modelitzacions a què es refereix van ser les dutes a terme per Escal UGS després de perforar els pous Castor, tal com informa l'auditor tècnic GC&A (14), cal suposar que Escal UGS havia d'haver arribat a la mateixa conclusió després d'obtenir totes les dades necessàries dels pous Castor el 2011. L'AT podria esbrinar si Escal UGS tenia coneixement, ja el 2011, que no hi havia marge de seguretat per injectar gas i, per tant, si tenia coneixement de la possible inviabilitat tècnica del projecte, i si, així i tot, va decidir continuar.

Haver iniciat el projecte sense dades de pressió de fractura del Camp d'Amposta (les dades s'obtenen el 2011 quan el projecte està en la seva fase final), fer estimacions molt allunyades de la realitat, no haver-hi marge de seguretat per injectar gas i que no se seguís el codi de bones pràctiques en injectar gas (2,3) són, a parer nostre, indicis suficients perquè l'AT determini si s'ha produït la fractura de la roca segell a causa de les sobrepressions creades, aspecte fonamental de què depenia la viabilitat tècnica del Projecte. A més, la fractura de la roca era un aspecte que s'havia d'evitar, com es desprèn de les al·legacions presentades al Projecte (17). Si la roca segell s'ha fracturat o no és un aspecte fonamental que s'ha de resoldre, i més si es té en compte que fins a la data cap dels dos organismes que han tingut accés a les dades d'Escal UGS (MIT-Harvard i IGME) han manifestat res a aquest respecte.

6. ANÀLISI SÍSMICA

Tota l'atenció mediàtica, acadèmica i popular s'ha centrat, durant el període 2013 - 2017, en els terratrèmols de setembre-octubre. Tanmateix, els terratrèmols no són l'origen dels problemes del Projecte Castor, ni una coincidència casual, tal com pretenia Escal UGS i que ha estat desmentida en els informes sol·licitats a l'IGME (2,3) i al MIT-Harvard (1). Al contrari, el fracàs del Projecte Castor és molt probablement el resultat de totes les deficiències, negligències i errors comesos en totes i cadascuna de les fases del Projecte i els terratrèmols en són la conseqüència.

MIT-Harvard (1) conclou que els terratrèmols s'originen per la desestabilització de la falla d'Amposta i no per una petita falla (falla Castor), a què l'IGME atribuïa els terratrèmols. La diferència és important, ja que la magnitud dels possibles terratrèmols depèn de les dimensions de les falles (grans en el cas de la falla d'Amposta, mínimes en el cas de la falla Castor).

No és acceptable eximir l'empresa de la seva responsabilitat adduint que la indústria no tenia els mitjans necessaris per fer aquesta avaluació. Sense entrar a considerar que la indústria utilitza diferents mètodes dels que empra el món acadèmic per obtenir resultats similars, l'encàrrec que es va fer al MIT-Harvard el 2014 després dels terratrèmols es podia haver encarregat abans de la injecció de gas de 2013. Les dades disponibles eren els mateixos el 2013 i el 2017, a excepció dels resultats de la injecció de gas, irrellevants perquè del que es tractava era de predir el comportament de la falla d'Amposta abans d'injectar gas, no explicar-ne comportament després de la injecció de gas, que en realitat és el que fa MIT-Harvard (1).

El que cal preguntar-se és què se sabia sobre la possibilitat de terratrèmols associats a la injecció de gas abans de setembre de 2013 als voltants de la plataforma Castor. Se sabia que la falla d'Amposta era una falla activa? Es podia saber la magnitud dels possibles terratrèmols associats al moviment de la falla d'Amposta? Es podien preveure terratrèmols de certa magnitud als voltants de la plataforma Castor associats a les injeccions de gas? Amb la informació i el coneixement disponibles abans de la injecció de gas, la

resposta a totes aquestes preguntes és afirmativa, tal com es desprèn de la lectura de les actes de la reunió mantinguda pel Grup de Seguiment de l'activitat sísmica al golf de València l'1 d'octubre de 2013 (IGME 2013-annex II, 2014 annex IV):

En aquesta reunió s'indica que la falla Amposta Oriental és una falla activa coneguda des de 1992 i inclosa en una base de dades pública. La falla està situada sota de la zona d'injecció de gas Castor i es mou a raó de 0,04 mm any. En la mateixa acta hi consta que s'han simulat escenaris de danys amb el simulador 6/2002 de Protecció Civil fins a una magnitud de 6 en l'epicentre. No es van modelar terratrèmols de magnitud 7 perquè els consideraven poc probables, però poc probables no significa impossibles. Les estimacions màximes del MIT-Harvard són de magnitud 6.8.

Si tota aquesta informació estava disponible, si hi havia nombroses referències bibliogràfiques a terratrèmols induïts per injecció de fluids, alguns dels qual recollits en el Watercraft Prospectus for Investors (14), si s'havia advertit del risc de terratrèmols relacionats amb la injecció de gas, com al·legava l'Observatori de l'Ebre (17,18), i si, d'altra banda, Escal UGS era conscient d'aquest escenari, com se'n desprèn del publicat al Watercraft Prospectus for Investors (14), la pregunta és: per què no es va fer res efectiu per evitar el que finalment va ocórrer?

La responsabilitat de l'empresa s'estableix a partir del moment en què no considera cap escenari de sismicitat significativa i, per tant, no es formalitza cap protocol d'actuació. Un protocol tipus semàfor, com el que recomana MIT-Harvard (1), no és gens innovador en la indústria, més aviat al contrari, és molt freqüent utilitzar aquest tipus d'enfocament quan es tracta d'avaluar qualsevol tipus de risc.

Respecte als terratrèmols, l'AT hauria d'incidir en dos aspectes: 1) que no s'avaluessin les probables conseqüències d'injectar gas en una zona amb una falla activa i 2) que no s'establís cap protocol d'actuació per detectar terratrèmols de magnitud superior a 3, indicatiu que s'estava excedint la sismicitat normal associada a injeccions de gas i que s'estava desestabilitzant la falla d'Amposta, el moviment de la qual va originar els terratrèmols de setembre/octubre de 2013.

7. RESUM

De l'estudi dels informes a què s'ha tingut accés, se'n desprèn que hi ha prou indicis que els terratrèmols de setembre-octubre de 2013 originats als voltants de la plataforma Castor són el resultat final de la seqüència de decisions empresarials i tècniques preses per Escal UGS: Iniciar un projecte altament especulatiu des del punt de vista geològic i basat en unes previsions de recuperació de petroli impossibles de materialitzar, elaborar un model geològic del magatzem amb uns paràmetres extraordinaris sense una base objectiva comprovable, estimar unes pressions de fractura de la roca segell superoptimistes quan les dades apuntaven a escenaris molt més conservadors, que han estat confirmats en injectar gas. Amb tots

aquests errors i l'incompliment del codi de bones pràctiques en les injeccions de gas la seqüència d'esdeveniments podria haver estat la següent:

- La injecció de cabals excessius de gas per a un magatzem amb paràmetres molt més modestos del que va estimar Escal UGS van desembocar en el desenvolupament de sobrepressions excessives. Aquestes sobrepressions van poder fracturar la roca segell i donar lloc a fuites de gas i petroli, que en entrar a la falla d'Amposta van causar-ne la desestabilització i el moviment. El moviment de la falla d'Amposta, al final de la seqüència d'esdeveniments descrita, és el que desencadena la sèrie de terratrèmols els últims dies de setembre i primers d'octubre de 2013.

En l'elaboració de l'informe del Síndic de Greuges, també hi han participat el Col·legi Oficial de Geòlegs de Catalunya, el Col·legi d'Enginyers de Camins, Canals i Ports de Catalunya i el Col·legi d'Ambientòlegs de Catalunya i compta amb la seva conformitat i suport tècnic.

8. REFERÈNCIES

Informes a què s'ha tingut accés per a l'elaboració d'aquesta memòria:

(1) Informe MIT-Harvard (2017). Juanes, R., Castiñeira, D., Fehler, M.C., Hager, B.H., Jha, B., Shaw, J. & Plesch, A. 2017: *Coupled Flow and Geomechanical Modeling and Assessment of Induced Seismicity at the Castor Underground Gas Storage*, 24 d'abril de 2017. P. 86

(2) IGME (2013). *Informe sobre la actividad sísmica en el Golfo de Valencia*. 17 de desembre 2013

(3) IGME (2013). *Informe geológico sobre la crisis sísmica relacionada con el almacén subterráneo de gas denominado Castor, Castellón noreste de España*. Madrid, 20 de desembre 2013.

Anexo I: Solicitud oficial de informe al IGME

Anexo II: Actas de las reuniones en el ministerio de Industria, Energía y Turismo.
Anexo III: Informe preliminar del IGME de fecha 4 de Octubre.

Anexo IV: Relación de documentos de la empresa ESCAL enviados por el MINETUR al IGME.

Anexo V: Informe del IGME del año 2007 al Ministerio de Industria, Comercio y Turismo.

Anexo VI: Nota técnica sobre la aptitud de la estructura Castor para el almacenamiento de gas.

Anexo VII: Revisión bibliográfica y casuística sobre sismicidad inducida Anexo VIII: Parámetros geométricos de las fallas identificadas

Anexo IX: Análisis de compatibilidad de mecanismos focales

(4) ESCAL UGS (2007). *Concesión de Explotación del Almacenamiento Subterráneo de Gas Natural CASTOR Memoria Técnico-Económica (Actualización)*. Maig 2007. Exclosa la secció

III (Características Geológicas del Almacenamiento).

(5) EUROGAS (2004). *Annual report 2004*.

(6) Seeman, U., Pümpin, V.F. and Casson, N. (1990). *Amposta Oil Field, in Structural Traps II: Traps Associated With Tectonic Faulting (Treatise of Petroleum Geology Atlas of Oil and Gas Fields)* Edward A. Beaumont, Morman H. Foster (Editor). AAPG Special Volumes, p. 20

(7) ESCAL UGS. Carlos Barat (2010). Proyecto CASTOR. Inauguración de la nueva sede del Ilustre Colegio Oficial de Geólogos de Aragón. 17 de desembre de 2010. Presentació 52 PWP.

(8) EUROGAS Corporation (2011). *Report to shareholders*, p. 11 <http://dundee-energy.com/pdfs/ar-2011.pdf>

(9) Daly, J. (2012). *Spain's Controversial Natural Gas Undersea Storage Site Nears Completion*. OILPRICE.com <https://oilprice.com/Energy/Natural-Gas/Spains-Controversial-Natural-Gas-Undersea-Storage-Site-Nears-Completion.html>

(10) URS (2008). Estudio de Impacto Ambiental Almacén Subterráneo de Gas Natural Castor. Sección 8/ p. 13 de 26).

(11) II Jornada sobre almacenamiento geológico. El subsuelo como recurso y nueva frontera. 1ª y 2ª parte. 17 de Mayo de 2013. Facultad de Geología. Universidad de Barcelona www.ub.edu/ubtv/explora/facultats-i-centres/facultat-de-geologia?page=2

(12) Jornada Geologia i Geofísica del Projecte Castor. Implicacions de risc. Col·legi de Geòlegs de Catalunya. Barcelona, 25 de Febrer 2014:

<http://www.youtube.com/watch?v=D4ct7rsBB1A> <http://www.youtube.com/watch?v=w1MAYT3CPnE> <http://www.>

youtube.com/watch?v=58UoyOia6r0 <http://www.youtube.com/watch?v=fAJ2uB5GkEM>
<http://www.youtube.com/watch?v=H72F40YuZIU>

(13) Álvarez, I. (2013). “El almacenamiento de Castor. Amposta”. A: *Los almacenes de gas. El caso «Castor»*. Instituto de la Ingeniería de España. 14 de octubre 2013.

(14) Prospectus by Watercraft Capital S.A. €1,400,000,000 5.756 per cent. Secured Limited Recourse Amortising Bonds due 2034 Issue price: 100 per cent. p. 443. Printed in England – 10400 Stephen Beresford Limited. 30 juliol de 2013.

(15) ESCAL UGS (2010). *Informe de Implantación de Sondeos CASTOR CS-SS-DR-RE001*. Rev 100412.12 Abril 2010. P. 92

(16) ESCAL UGS (2014). *Informe de sismicidad. Almacenamiento subterráneo Castor*. Doc. Núm: ESC-DG-RPT-001. 9 maig 2014. Versió 2.

(17) ESCAL UGS. Estudio de impacto ambiental Almacén Subterráneo de Gas Natural Castor. Sección 8. P. 26

(18) Arantza Ugalde (2005). Evaluación de impacto ambiental (SGEA/SHG; Ref.: GAD 13/05). Almacenamiento subterráneo de gas natural Amposta (permiso Castor) (Tarragona). Observatorio del Ebro. CSIC-URL.

Símbols

MM = Milions

bbl= Barrils

TVD = True Vertical Depth (Profunditat vertical veritable)

OWC= Oil/Water Contact (Contacte aigua/petroli)

Msl= Mean sea level (Nivell mitjà del mar)

Bmsl= Below mean sea level (Per sota del nivell mitjà del mar)

LOT= Leak Off Test (Assaig de fugues)

Bar (Unitat de pressió) 1 bar = 1,01972 Kg/cm

SÍNDIC

EL DEFENSOR
DE LES
PERSONES

Síndic de Greuges de Catalunya
Passeig Lluís Companys, 7
08003 Barcelona
Tel 933 018 075 Fax 933 013 187
sindic@sindic.cat
www.sindic.cat

