

Agenda Estratégica de Investigación



MUCHAS GRACIAS

a los **miembros de GEOPLAT** por demostrar su apoyo continuado a la Plataforma y por haber conseguido en sus dos primeros años de vida, que sea el foro en el que se agrupa el sector geotérmico español. La puesta en valor de este valioso instrumento tecnológico ha venido de la mano de todas y cada una de las entidades que lo forman, que han sabido hacerlo suyo aportándole unos contenidos y una solidez representativa de ellas mismas y del propio sector geotérmico español, cada vez más consolidado y con mayores perspectivas de futuro.

Y es hacia el futuro: inmediato, a medio y a largo plazo, al que mira este sector con anhelo. Y sería impensable hacerlo sin asumir que está condicionado por los desarrollos tecnológicos de las tecnologías geotérmicas, que serán los que las permitan avanzar en la senda de la competitividad y de su implantación a gran escala en la sociedad española. Es en esta primera Agenda Estratégica de Investigación de GEOPLAT en la que se ponen los escalones preliminares de la I+D+i para tecnologías geotérmicas en España, de manera que permitan la ejecución de proyectos de investigación en geotermia por entidades nacionales, y por tanto, la evolución positiva del sector en nuestro país.

La gran experiencia de **Javier Urchueguía (UPV)**, **Raúl Hidalgo (PETRATHERM)**, **Iñigo Arrizabalaga (TELUR)** y **Celestino García de la Noceda (IGME)**, unida a su magnífica labor como coordinadores de los Grupos de Trabajo Formación, Geotermia Profunda, Geotermia Somera e Identificación de Recurso, respectivamente, ha sido imprescindible para que esta Agenda Estratégica de Investigación recoja de manera equilibrada las prioridades en I+D+i del sector geotérmico español, y permita que todas las entidades, de cualquier naturaleza, que lo conforman puedan tener acceso a los proyectos de investigación que se diseñen a partir de las mismas. Gracias a todos.

También a **Beatriz Torralba** y **Borja Izquierdo**, Punto Nacional de Contacto en Energía y Representante Nacional en el Comité de Energía del Programa Marco de I+D, respectivamente, por ser unos compañeros de viaje excepcionales, y por poner a **CDTI** al servicio del sector geotérmico español para que éste sea capaz de convertir en realidad sus iniciativas innovadoras.

A **IDAE** y a su departamento de Geotermia, eficazmente comandado por **Carmen López Ocón**. Por su apoyo constante a la geotermia y a GEOPLAT. Es una suerte que este sector pueda contar con aliados así.

Muchas gracias siempre al **Ministerio de Ciencia e Innovación** (en especial a **Mª Luisa Castaño** y **Ana Mª Lancha**, de la Subdirección General de Estrategias de Colaboración Público-Privadas) por permitir que GEOPLAT sea cada día mejor, tanto por servicio público como por las oportunidades que crea para el sector geotérmico español. ¡Y esto sólo es el principio!

MARGARITA DE GREGORIO
COORDINADORA - SECRETARÍA TÉCNICA GEOPLAT

PREÁMBULO	4
CAPÍTULO 1: GEOTERMIA PROFUNDA	6
1. Investigación básica.	7
2. La investigación del subsuelo y gestión de los recursos geotérmicos.	10
3. Optimización del recurso en superficie	15
Resumen líneas de actuación.	18
Escenario temporal.	21
CAPÍTULO 2: GEOTERMIA SOMERA	22
1. Reducción de costes de ejecución de los circuitos.	23
2. Mejora de los métodos de evaluación del terreno. Incremento de la productividad de los sondeos.	29
3. Sistemas de superficie. Propuesta de áreas estratégicas horizontales.	31
Resumen líneas de actuación.	34
Escenario temporal.	38
CAPÍTULO 3: ÁREAS HORIZONTALES DE SOPORTE AL DESARROLLO	40
• FORMACIÓN	40
1. Adaptación de perfiles profesionales a los requerimientos del sector de la geotermia y en particular, a los requerimientos de la directiva europea 2009/28/CE.	41
2. Incorporación de la geotermia al sistema de titulaciones universitario.	44
3. Incorporación de la geotermia al sistema de titulaciones de formación profesional.	45
4. Potenciación y difusión de la geotermia en ámbitos escolares, pre-universitarios y consumidores.	45
Resumen líneas de actuación.	46
Escenario temporal.	49
• MARCO REGULATORIO	50
1. Análisis de la legislación vigente.	50
2. Propuesta de enmiendas en el ámbito legislativo del sector.	54
Resumen líneas de actuación.	56
Escenario temporal.	61

La sociedad es más consciente cada día acerca de la preocupante situación que amenaza la sostenibilidad de nuestro desarrollo en caso de mantener el ritmo actual de demanda creciente de recursos, sin el planteamiento de una modificación drástica de la esencia de nuestro modelo energético.

Este cada vez más grave problema, clama por una actuación comprometida de las distintas economías mundiales, que deberán evolucionar y basarse en un uso sostenible de los recursos a través de nuevas tecnologías y fuentes energéticas, cada vez más eficientes y respetuosas con el entorno en el que vivimos, así como capaces de no comprometer el bienestar de nuestras generaciones futuras.

En este contexto, las energías renovables y entre ellas, la energía geotérmica, han de jugar un papel fundamental para afrontar con garantías este desafío y formar parte de los cimientos de nuestro sistema energético. El camino hacia el crecimiento sostenible ya se ha comenzado a recorrer, pero el objetivo y los plazos son exigentes y requieren de todas las herramientas disponibles.

La innovación y el impulso de la evolución y del desarrollo tecnológicos son los motores que han de mover esta transformación, sustentando el avance firme en la curva de aprendizaje de las tecnologías renovables, permitiendo así una reducción progresiva y eficaz en los costes de las mismas y asegurando su competitividad frente a las energías fósiles.

Desde **Europa**, a través de la [Directiva Europea de Energías Renovables relativa al fomento del uso de la energía procedente de fuentes renovables \(en adelante Directiva 2009/28/CE\)](#) se ha mostrado una apuesta clara por el fomento del uso de la energía procedente de fuentes renovables, así como por la implantación de medidas de eficiencia en el consumo energético final. Para esto, se ha establecido un horizonte temporal clave: 2020, y unos objetivos exigibles para el mismo que suponen alcanzar un alto nivel competitivo y de excelencia en este periodo.

La energía geotérmica, en las etapas incipientes de su desarrollo, pero con un enorme potencial para contribuir a esos objetivos, no ha de quedarse atrás en este camino y debe afrontar el reto de ser una opción más, real y accesible, dentro del mercado energético para el año 2020.

Así, la estrategia seguida en Europa bajo el marco establecido por la Directiva 2009/28/CE se sustenta en dos pilares esenciales: el *Strategic Energy Technology Plan* (SET-Plan) y las Plataformas Tecnológicas.

El [SET-Plan](#) establece una hoja de ruta para acelerar el desarrollo y despliegue de tecnologías limpias y eficientes en el campo de la energía, considerando medidas relativas a la planificación, implantación, aprovechamiento de los recursos y cooperación internacional. El enfoque de este plan persigue el desarrollo tecnológico a través de la participación de la industria en actividades de I+D y en proyectos de demostración, a través del impulso de la innovación, así como de la aceleración en la implantación comercial de estas tecnologías.

Por su parte, las [Plataformas Tecnológicas Europeas](#), actúan como órganos sectoriales encargados de favorecer la participación de los distintos agentes en la estrategia común definida por el SET-Plan. Desarrollan a su vez un papel consultivo y son la voz de los distintos sectores que representan, para expresar las necesidades y planteamientos desde el ámbito industrial y tecnológico, de modo que la estrategia energética de la Comisión Europea se retroalimente y obtenga el enfoque adecuado para conseguir un desarrollo más eficaz hacia la competitividad y la sostenibilidad del modelo.

En **España**, el nuevo Plan de Energías Renovables para el periodo 2011-2020 ([PER 2011-2020](#)) constituye la guía estratégica elaborada por el Gobierno con la intención de proveer de los instrumentos necesarios

que permitan integrar las singularidades de la situación y potencial energético de nuestro país en el desarrollo de un modelo energético nacional sostenible. En este sentido, el nuevo PER 2011-2020 supone un hito para el sector geotérmico español, puesto que es la primera vez que la energía geotérmica, nuestra energía, se incorpora a la planificación energética nacional y el aprovechamiento de su potencial es tenido en cuenta para contribuir a los objetivos de la misma.

Todo este contexto da sentido a la actividad de las Plataformas Tecnológicas Españolas del ámbito de la energía como **GEOPLAT (Plataforma Tecnológica Española de la Geotermia)** y al contenido de la Agenda Estratégica de Investigación que aquí se presenta.

La motivación de este documento es la de expresar la visión del sector de la geotermia en España acerca de la forma en que éste ha de tomar parte en la transformación del modelo energético antes citada, plasmando las mejoras tecnológicas imprescindibles para alcanzar la competitividad en el uso de nuestros recursos geotérmicos.

El documento se estructura en tres capítulos. Los dos primeros y principales apartados corresponden a las dos cadenas de valor derivadas de la actividad en el ámbito geotérmico con sus características particulares en cuanto al recurso, tecnologías de aprovechamiento y aplicaciones asociadas a cada una:

- Geotermia Profunda.
- Geotermia Somera.

El tercer capítulo está dotado de un carácter horizontal y no-tecnológico pero posee una importancia clave como complemento y apoyo a los avances de la tecnología. Este tercer apartado se desarrolla bajo el siguiente epígrafe e incluye dos sub-capítulos diferenciados:

- Áreas horizontales de soporte al desarrollo.
 - Formación.
 - Marco Regulatorio.

En cada uno de los capítulos se han establecido varias áreas estratégicas. Estas cubren la amplia variedad de ámbitos del sector susceptibles de implementar desarrollos para la eliminación de las barreras y carencias que impiden un aprovechamiento más competitivo del recurso. A su vez, dentro de cada una de estas áreas características del sector geotérmico, se definen una serie de líneas de acción prioritarias más concretas, que conceden al documento su carácter dinámico, ya que se establecen para el momento actual pero serán sometidas a revisión en futuras actualizaciones de la Agenda Estratégica conforme se vaya produciendo el desarrollo del sector.

Además, el propósito de este documento pretende ahondar más en la propuesta estratégica para el sector de la geotermia en España, incluyendo una planificación y priorización más detallada de las líneas de acuerdo al impacto esperado, los horizontes temporales deseados, la estimación de los recursos económicos necesarios y los agentes e infraestructuras capacitados para el desarrollo de las mismas.

1 GEOTERMIA PROFUNDA

Los aspectos fundamentales que condicionan la viabilidad de un proyecto de geotermia profunda son la temperatura, el caudal, la permeabilidad y profundidad del recurso. Las ubicaciones de poca profundidad y de alta temperatura y elevado caudal, es decir, lo que se conoce con el nombre de geotermia convencional son prácticamente inexistentes en nuestro país, con la posible excepción de las Islas Canarias.

El reto tecnológico consiste por tanto en encontrar la forma de utilizar los recursos geotérmicos existentes de manera técnica y económicamente viable, lo cual solo será posible a partir del desarrollo tecnológico de las **áreas estratégicas** que configuran un proyecto geotérmico y que se indican a continuación:

- 1. Investigación básica.** Definición y caracterización de los recursos de manera indirecta.
- 2. Investigación del subsuelo y gestión de los recursos.** Confirmación y desarrollo del almacén geotérmico en profundidad incluyendo la realización de sondeos geotérmicos que accedan al recurso y confirmen de manera directa el potencial inferido de manera indirecta. Esta fase incluye además el desarrollo de modelos de gestión de recursos que permitan su optimización y sostenibilidad.
- 3. Optimización de la energía geotérmica en superficie.** Consiste en la transformación, distribución y suministro de la energía geotérmica en superficie a los usuarios finales.

1. INVESTIGACIÓN BÁSICA.

El estudio del potencial geotérmico de nuestro país y la mejora en la identificación y estimación de los recursos es uno de los mayores retos para el desarrollo del sector. Todo proyecto geotérmico comienza con una fase de investigación inicial en la que se acomete la actualización del estado del conocimiento, el análisis de la situación y la identificación de las áreas preferentes. Una vez que la administración regional nos concede el permiso para investigar, se llevan a cabo las primeras labores de prospección con el objetivo de evaluar la existencia de recursos geotérmicos en el entorno. Estas primeras labores ponen en práctica métodos de exploración indirectos, es decir, estiman o evalúan una serie de parámetros del recurso sin acceder realmente al mismo. Las técnicas empleadas en esta fase son habitualmente de bajo coste (si los comparamos con los costes de perforación) y entre ellas se puede destacar: la interpretación geológico-estructural, la prospección geoquímica, la prospección geofísica, los sondeos exploratorios poco profundos y los modelos de flujo de calor.

La temperatura, el caudal y la permeabilidad son los factores principales que controlan el desarrollo de los proyectos geotérmicos y por tanto el objetivo último de la exploración no es otro que la identificación de ámbitos geológicos en el subsuelo capaces de generar fluidos de forma natural o estimulada, con temperatura y caudales suficientes para generar energía de manera técnica y económicamente viable.

Por esto la exploración geotérmica lleva consigo las siguientes labores básicas de investigación:

- Identificación de ámbitos geológicos favorables para la existencia de altas temperaturas en el subsuelo.
- Identificación de entornos tectónico-estructurales propicios para la existencia de almacenes geotérmicos.
- Identificación, caracterización y evaluación de manifestaciones geotermiales superficiales: fumarolas, fuentes termales, emisión natural de gases endógenos, precipitados hidrotermales, etc. a través, entre otros, de análisis geoquímicos e isotópicos de aguas y gases.
- Campañas de geofísica: métodos eléctricos, magnéticos, gravimétricos, sísmicos, de flujo térmico que pongan de manifiesto la existencia de estructuras y formaciones capaces de albergar almacenes geotérmicos.

Estas tareas, en el orden enunciado pretenden

identificar zonas óptimas para la perforación de un sondeo reduciendo al máximo el riesgo de no interceptar formaciones o estructuras geológicas con los valores de temperatura y caudal esperados. Los sondeos geotérmicos exploratorios son finalmente la única técnica que dará una certeza sobre la existencia, características y potencial del recurso (profundidades, temperaturas, caudales, etc.), pero hay ciertas incertidumbres que podrían ser acotadas en la fase previa a la realización de los sondeos, reduciendo así los riesgos económicos inherentes a la perforación, lo cual necesita de una significativa mejora del conocimiento en aspectos de la investigación básica entre los que se podrían destacar:

- Mejora del conocimiento estructural aplicado a la prospección geotérmica, estudio de áreas estructuralmente favorables e identificación de zonas tectónicamente activas.
- Mejora del conocimiento de los acuíferos profundos asociados a entornos geológico-estructurales favorables.
- Desarrollo e implementación de modelos geológicos y termo-estructurales en tres dimensiones.

De los aspectos enunciados surgen como propuesta las siguientes líneas de investigación específicas que persiguen una mejora del conocimiento antes de llegar a la fase de perforación aportando mejores criterios para la toma de decisión en la misma:

1.1 Disponibilidad y acceso a datos geotérmicos, desarrollo de una base de datos digital, geo-referenciada, única, multidisciplinar del subsuelo español.

El acceso a datos geotérmicos relevantes es premisa fundamental para incrementar el interés y la competitividad de la iniciativa privada en el camino hacia el desarrollo del sector geotérmico en nuestro país. El desarrollo de una base de datos pública de alta resolución, integrada, moderna y que se pueda actualizar, tiene claros beneficios entre los que se podría destacar :

- La reducción del riesgo inicial de la investigación.
- La reducción de costes iniciales en readquisición de datos.
- Actúa como catalizador de nuevos estudios de investigación.
- Agilización del descubrimiento de nuevos recursos.
- Provisión pública de datos geocientíficos que coloca a todos en igualdad de oportunidades para optar por las áreas de mayor potencial geotérmico en nuestro país.
- Bien público que puede ser utilizado como herramienta para el diseño de políticas para el sector.

La creación de bases de datos públicas, fácilmente accesibles, donde aparezca información acerca de áreas prospectivas, potencial, calidad y cantidad de recursos geotérmicos, ahorraría tiempo y recursos financieros de las empresas y dinamizaría el sector. Las bases de datos públicas constituyen ya en otros países como Alemania, Francia, Australia o Estados Unidos, una herramienta fundamental que está haciendo de la geotermia un sector atractivo y dinámico, incentivando la llegada de nuevas empresas que competirán en la búsqueda de proyectos. Cabría destacar aquí a modo de ejemplo el impacto que ha tenido en el desarrollo de la minería en nuestro país la investigación básica desarrollada por el Instituto Geológico y Minero de España (en adelante, IGME) en las últimas décadas. Esta investigación está propiciando ahora

el retorno de la inversión gracias a los numerosos proyectos mineros que se han puesto en marcha en los últimos años.

Las bases de datos públicas deberían proporcionar elementos que ayuden a identificar sistemas geotérmicos susceptibles de desarrollar proyectos de alta-media temperatura para generación de energía eléctrica y/o proyectos de baja temperatura para el uso directo del calor. La información pública incentivará la investigación de detalle de la geotermia en España y proveerá al sector de cimientos sólidos en los que sustentar la toma de decisiones empresariales.

El objetivo fundamental de esta línea de investigación es crear un Sistema de Información Geotérmico Geo-referenciado (SIGG), que aporte nueva información de interés geotérmico (datos de temperatura en sondeos, gradiente geotérmico calculado, flujo térmico, etc.) a las bases de datos ya existentes en formato *Web Map Server* (por ejemplo: SIGEOF del IGME). Estas bases integran geología de superficie y de subsuelo con datos de campañas de geofísica que también van a ser relevantes para la definición de sistemas geotérmicos tales como, campañas de electromagnético, magnetotelúrico, sísmica de reflexión y gravimetría, entre otros.

Tan importante es la recopilación de los datos disponibles hasta estos momentos, como la realización de nuevos estudios en los que se apliquen nuevas ideas y/o conceptos sobre el potencial geotérmico, y técnicas de investigación y exploración que han evolucionado de una manera significativa en los últimos 20 años. Entre las actuaciones a desarrollar podrían incluirse las que se enumeran a continuación:

1.2 El análisis geológico-estructural preliminar del territorio español. Definición preliminar de modelos geológico-estructurales tipo en base a los proyectos activos a nivel mundial. El objetivo será localizar y seleccionar áreas con estructuras favorables y modelos análogos a los previamente definidos para albergar almacenes geotérmicos y acuíferos profundos. La selección de estas áreas de interés se llevará a cabo utilizando como información de

base, las cartografías geológicas y estructurales, análisis y modelos de predicción de evolución de las estructuras en profundidad, caracterización de fallas activas, sondeos, campañas de geofísica, etc. Las conclusiones obtenidas de este análisis servirán para orientar las siguientes líneas de investigación.

1.3 Campañas globales de prospección geoquímica. Estudios hidroquímicos, geoquímicos e isotópicos, de flujos anómalos de gases de origen endógeno tales como CO₂, Rn222, He, etc., así como los mecanismos de transporte corticales, aplicados a la localización de zonas con flujos caloríficos anómalos. En este caso, se partiría de la recopilación de datos analíticos de CO₂ y otros gases asociados del Inventario Nacional de Manifestaciones Geotérmicas de 1975-76 como base para futuras campañas de prospección geoquímica de gases de origen endógeno.

1.4 Elaboración y propuesta de modelos geológicos y termo-estructurales para las áreas seleccionadas de mayor interés. En parte estos estudios fueron abordados al realizar el Inventario Nacional de Manifestaciones Geotérmicas mencionado, pero habría que completarlos y actualizarlos a la luz de las nuevas tecnologías emergentes, la adquisición de conocimientos, nuevas campañas de prospección y los nuevos modelos de investigación-exploración aplicables.

1.5 Campañas de prospección geofísica en áreas seleccionadas a partir de las líneas de investigación anteriores. Se aplicarán técnicas geofísicas ya conocidas (magnetotélúrico, gravimétrico y sísmica de reflexión) así como otras posibles herramientas innovadoras que mejoren estas técnicas. En paralelo se necesitará una investigación petrofísica aplicada de los conjuntos litológicos de las áreas con potencial geotérmico. La aplicación de estas técnicas geofísicas pretende evaluar la estructura geológica tridimensional del subsuelo y ayudar así a definir estructuras favorables para la ubicación de almacenes geotérmicos profundos: cuencas

sedimentarias profundas con intrusiones graníticas asociadas, zonas de fracturación profunda en régimen extensivo, zonas de elevada permeabilidad en profundidad (acuíferos profundos). Además, esta línea de acción incluirá la caracterización de la microsismicidad de las zonas mencionadas, dada la estrecha relación de esta con la fracturación y la permeabilidad de los almacenes profundos. Asimismo se deberán considerar proyectos relacionados con la precisión y representatividad de los datos registrados, tratamiento y eliminación de ruidos ambientales, etc.

1.6 Perforación de sondeos de gradiente y campañas de medidas de conductividad térmica y temperatura. Este estudio se podría realizar tanto a partir de sondeos ya existentes, como sobre nuevos sondeos en los que se medirían parámetros de flujo térmico y conductividad del terreno. Estos sondeos constituirían el estadio final de la investigación geotérmica básica y permitirían confirmar las anomalías definidas, así como orientar la siguiente fase de perforación del sondeo geotérmico de exploración y afrontarla con mayores garantías de éxito. Además, este programa también ayudaría a mejorar el conocimiento de la estructura del régimen térmico de la Península Ibérica que en estos momentos es poco conocida, a excepción de algunas zonas concretas. Esta línea de investigación debería ayudar a resolver algunas dudas que a día de hoy están planteadas en nuestro país en relación con los modelos de flujo térmico:

- La calidad y/o fiabilidad de los datos de flujo térmico existentes en la actualidad.
- La conductividad térmica de las principales formaciones geológicas del país.
- Variación de las propiedades térmicas y físicas de las formaciones rocosas con la profundidad.

2. LA INVESTIGACIÓN DEL SUBSUELO Y GESTIÓN DE LOS RECURSOS GEOTÉRMICOS.

La siguiente fase en el desarrollo de un proyecto geotérmico, una vez definidas las zonas con mayor potencial geotérmico a partir de técnicas indirectas y sondeos de gradiente, consiste en demostrar la existencia y definir los recursos geotérmicos de manera directa a partir de la realización de un sondeo geotérmico exploratorio hasta la potencial zona de almacén.

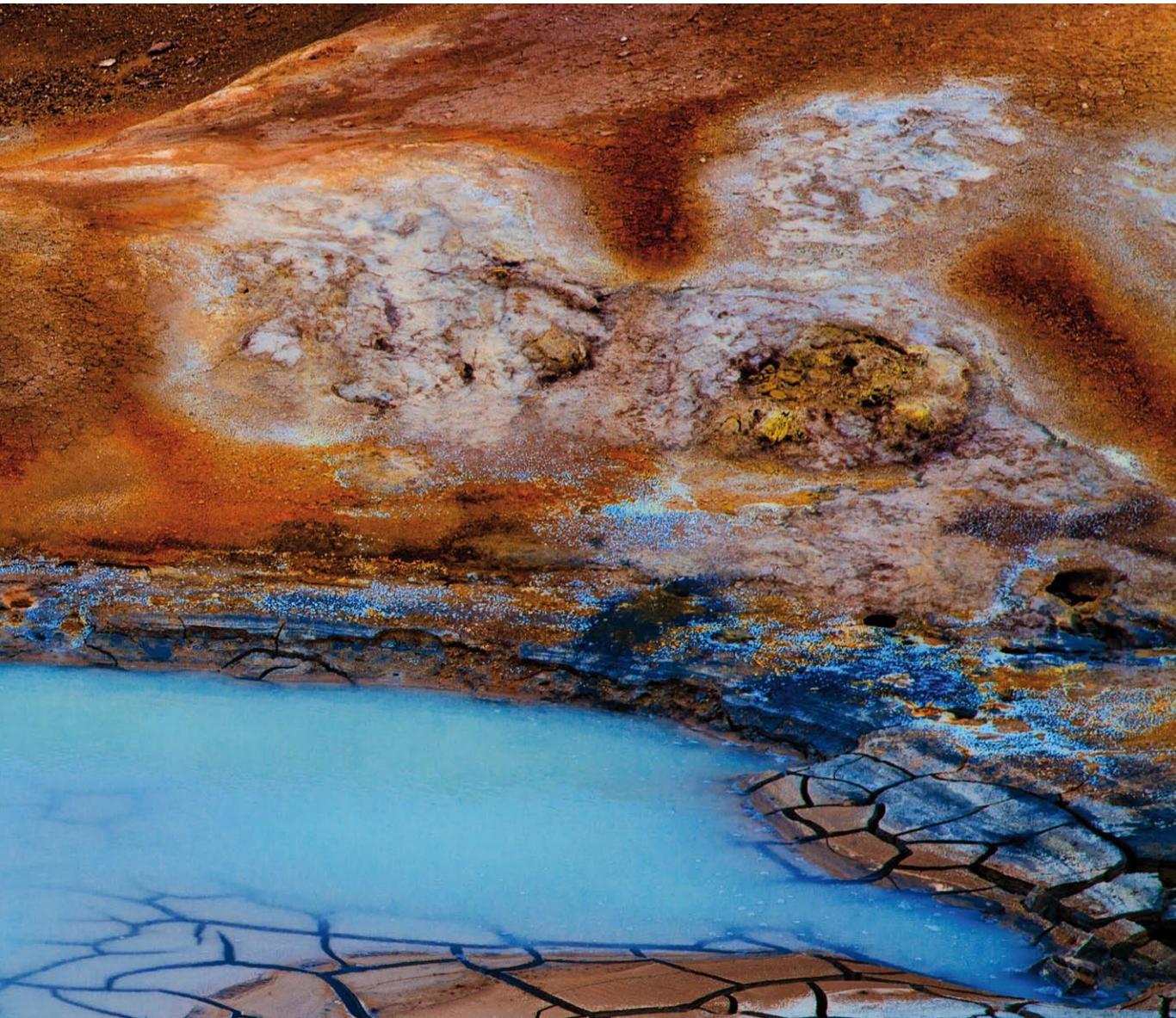
Esta fase de investigación del subsuelo es un campo poco desarrollado hasta la fecha en nuestro país. El sondeo geotérmico constituye la única herramienta útil para definir las características del recurso geotérmico y poder tomar la decisión sobre la viabilidad técnico-económica del proyecto. Además, es



importante reseñar además, que en torno a dos tercios del coste de capital de un proyecto geotérmico están relacionados con la perforación, con lo cual el desarrollo de soluciones técnicas que ayuden a mejorar las tecnologías de perforación tendrá un importante impacto económico, mejorando la viabilidad y competitividad del sector.

Por otra parte, hay que mencionar que muy ligada a la fase de investigación de subsuelo y demostración del recurso, se encuentra la gestión de los recursos geotérmicos para lograr la sostenibilidad de los mismos, es decir, los métodos de explotación del yacimiento que permiten el mantenimiento de las condiciones iniciales del recurso extraído.

A continuación se presentan los factores que influyen de manera decisiva en el desarrollo de la investigación geotérmica de subsuelo y que constituyen los mayores retos para el futuro: la perforación, la estimulación del almacén geotérmico y su sostenibilidad.



a. Perforación

Gran parte de la tecnología de perforación empleada en España en la actualidad se nutre de la experiencia de la prospección de gas y el petróleo, pero la naturaleza de los ambientes geológicos del subsuelo en los que se desarrollan los proyectos geotérmicos difiere en parte de las de los ambientes sedimentarios del gas y el petróleo y por tanto, aparecen una serie de retos tecnológicos específicos de la geotermia que se deben resolver. Entre estos destacan los siguientes:

Profundidad:

El potencial geotérmico en España está fundamentalmente relacionado con los sistemas geotérmicos estimulados (EGS) y con los acuíferos profundos y éstos se estima que se localizan en la mayoría de los casos a profundidades superiores a los 4.000 metros. La capacidad técnica para perforar en el campo del petróleo llega hasta los 10.000 m de profundidad, y por tanto, este factor en sí no constituye una barrera tecnológica. Las dificultades técnicas se derivan de la necesidad de preservar a estas profundidades elementos tales como la fracturación natural, así como de la dificultad de la perforación de rocas de gran dureza como los granitos que con frecuencia conforman el basamento cristalino y que pueden constituir el almacén geotérmico objetivo en proyectos EGS.

Presión y Temperatura:

Las altas temperaturas y presiones que se alcanzan en sondeos geotérmicos de alta profundidad y la corrosión que puede implicar la composición de los fluidos asociados requieren el uso de materiales con características específicas de resistencia y que conllevará la realización de nuevos estudios de los materiales de perforación y varillaje de entubación para adaptarse a las duras condiciones que soportarán durante las fases de perforación y producción.

Con el objetivo de resolver estos retos tecnológicos y de reducir los costes de perforación a elevadas profundidades en condiciones extremas, se debe profundizar en el desarrollo de los siguientes aspectos:

- Mejora de técnicas de cementación a alta temperatura.
- Desarrollo de técnicas para minimizar la infiltración de lodos de perforación en la zona del almacén geotérmico.
- Desarrollo de técnicas de perforación que minimicen la afección a la estructura original.
- Mejora de resistencia de los materiales a condiciones extremas de presión y temperatura, grado de ataque y corrosión de los elementos asociados a la perforación, cabezas de perforación, varillaje, tuberías, etc.
- Mejora de herramientas de monitorización de la perforación que permitan obtener información de las condiciones de la misma en tiempo real.

b. Estimulación del almacén geotérmico

Para que un proyecto geotérmico se desarrolle con éxito se requiere que se cumplan al menos las siguientes condiciones: temperatura elevada, presencia suficiente de fluidos y alta permeabilidad. Esta situación ideal difícilmente se cumple en el encuadre geológico español, especialmente en lo relativo a la presencia de fluidos y la permeabilidad, haciéndose necesario, por tanto, mejorar de forma artificial (estimular) alguno de estos factores, entrando así en el campo de lo que se conoce como EGS, sistemas geotérmicos estimulados. El desarrollo tecnológico de la geotermia está experimentando avances importantes en los últimos años a nivel mundial, demostrándose ya con éxito la viabilidad a escala piloto de estos sistemas geotérmicos estimulados. La viabilidad de estos sistemas haría posible el desarrollo de la geotermia profunda en amplias zonas de nuestro país y para ello se hace necesario replicar la experiencia piloto europea de Soultz a nuestro entorno geológico peninsular y transformar las experiencias piloto en proyectos industriales técnica y económicamente viables.

El principal desafío con el que se encuentra esta tecnología en estos momentos es la mejora del proceso de estimulación para que desarrolle un volumen de fracturación lo suficientemente

amplio, o lo que es lo mismo, para que genere unos almacenes geotérmicos lo suficientemente extensos como para hacer viable la tecnología a escala comercial. Estos son algunos de los retos tecnológicos por resolver:

- Avance en la aplicación de métodos de estimulación (química-hidráulica o combinados) para diferentes entornos geológicos.
- Desarrollo de nuevas técnicas de identificación y caracterización de fracturas y redes de fracturación, definición de la geometría y límites del almacén geotérmico y desarrollo de modelos numéricos de circulación de fluidos.
- Análisis de corrección de riesgos asociados con la sismicidad inducida, incluyendo desarrollo de técnicas de control y monitorización de la misma.

c. Sostenibilidad

Otro reto importante de la investigación geotérmica es la mejora de la sostenibilidad de los recursos. Se hace necesario un mejor aprovechamiento de los recursos geotérmicos desarrollando estudios del almacén geotermal para modelizar a largo plazo los parámetros de entrada y salida de fluidos que nos permitan establecer los límites de producción sostenible sin riesgo de agotar los recursos

De los aspectos enunciados en el área estratégica de subsuelo surgen como propuesta las siguientes líneas de investigación específicas:

- 2.1. Tecnología y costes de métodos de perforación.** Desarrollo tecnológico de mejores y más económicos métodos de perforación, entubación y cementación aplicables a sistemas geotérmicos profundos. Estudio de nuevos materiales y componentes más resistentes para la perforación a altas temperaturas, presiones y/o fluidos geotérmicos corrosivos.
- 2.2. Investigación del conocimiento del proceso de estimulación y mecanismos de generación focal de microsismos.** La microsismicidad es una de las técnicas y

metodologías de investigación que, aplicada a los sistemas geotérmicos estimulados, permitirá una mejor definición de las propiedades y dimensiones del almacén geotérmico. Esta línea de investigación deberá de incidir en la mejora y desarrollo de instrumentación para prospección con microsismicidad pasiva para marcar el fondo sísmico natural de la región (BASELINE) y establecer una referencia para futuras comparaciones. Además estas técnicas permitirán la auscultación del sistema de fracturas en profundidad y ayudarán a controlar el proceso de estimulación y formación del almacén, así como a delimitar la geometría del reservorio geotérmico.

- 2.3. Desarrollo de modelos numéricos tridimensionales** que definan el funcionamiento del almacén geotérmico y permitan evaluar su comportamiento a medio y largo plazo, así como simular la sostenibilidad del proyecto. Estos modelos matemáticos tendrán que ser capaces de reproducir aspectos tales como la permeabilidad del almacén, la circulación de fluidos, la temperatura, y deberán simular el comportamiento del sistema al aplicarle la variación de alguno de sus parámetros tales como un incremento en caudal de producción.
- 2.4. Estudios de reinyección de fluidos.** Estudio detallado de problemas asociados a la reinyección de caudales importantes en determinados sistemas geotermiales.
- 2.5. Proyectos de demostración EGS.** El punto crítico del desarrollo de la geotermia profunda en nuestro país tiene que ver con la adquisición de confianza por parte de la administración y el sector privado en el desarrollo de proyectos piloto, que deberán demostrar la circulación de fluidos y la viabilidad de extracción de energía. Cada proyecto piloto consistiría en la perforación de un sondeo geotérmico inicial hasta la profundidad necesaria para alcanzar los valores de temperatura requeridos. Posteriormente, si se considerase necesario, se llevaría a cabo la estimulación de la roca para generar o mejorar el almacén geotermal.

Después se perforaría un segundo sondeo a una distancia de unos cientos de metros del primero intentando interceptar las estructuras del almacén que van a permitir la circulación de fluidos entre uno y otro sondeo. Finalmente, se probaría la circulación de fluidos continuada (durante al menos un mes) entre los dos sondeos monitorizando el caudal y la temperatura de producción. Los proyectos de demostración deberían ser apoyados al menos

a la mitad de su coste por las administraciones (regionales, estatales, europeas) y el resto soportado por la iniciativa privada. Esta línea de investigación ayudaría a la iniciativa empresarial a demostrar la viabilidad de la tecnología en distintos ambientes geológicos y haría posible el desarrollo de pequeñas plantas de generación geotérmica 3-5 MW_e en el horizonte de los próximos 5 años.



3. OPTIMIZACIÓN DEL RECURSO EN SUPERFICIE.

El cambio en la línea de tendencia de crecimiento de la energía geotérmica en las últimas décadas tiene mucho que ver con los avances tecnológicos en el aprovechamiento, transformación y usos combinados de la energía geotérmica. Los siguientes aspectos se consideran como los de mayor potencial en el desarrollo del recurso geotérmico en superficie:

a. Ciclos termodinámicos

Entre éstos podríamos destacar el desarrollo tecnológico de los ciclos orgánicos binarios que ha hecho posible el aprovechamiento de recursos geotérmicos con temperaturas por debajo de 180°C. Hace 20 años eran considerados como inviables, sin embargo, cada vez se consiguen optimizar más los ciclos llegándose ya a producir energía eléctrica a partir de fluidos a menos de 100°C de temperatura. El desarrollo de proyectos de I+D para la generación de energía eléctrica a partir de recursos de baja temperatura así como la investigación de nuevos usos para la energía geotérmica tales como la desalinización o la generación de frío a partir del calor geotérmico podrían tener un impacto especial en nuestro país donde las necesidades de frío y agua potable son elevadas y hasta hoy se consiguen a costa del consumo de importantes cantidades de energía eléctrica.

b. Hibridación

Otro campo con gran potencial de futuro es el de la hibridación de tecnologías renovables. La hibridación presenta ventajas en tecnologías que se complementen por sus características, sus necesidades térmicas, aprovechamiento de energías residuales, necesidades de refrigeración, etc. que van más allá de compartir instalaciones auxiliares. En este sentido, ya existen algunas experiencias en otros países dedicadas, concretamente, a la hibridación de las tecnologías geotérmica y solar de concentración.

c. Eficiencia energética

Finalmente, el nuevo modelo energético nacional plantea como uno de sus objetivos prioritarios la reducción del consumo y la mejora de la eficiencia energética, aspectos en los que la

energía geotérmica tiene el reto de contribuir con la aportación de soluciones concretas. En este sentido, se podría destacar la generación combinada de energía eléctrica y energía térmica y la optimización de la producción térmica en cascada. El avance en la investigación de estas aplicaciones permitirá un aprovechamiento cada vez mejor de los recursos, que redundará en un ahorro energético nacional.

En base a los aspectos anteriormente indicados, estas son las líneas de investigación específicas que se proponen para el desarrollo y la optimización de la geotermia en superficie:

3.1. Investigación para la mejora de eficiencia de ciclos termodinámicos a partir de recursos de baja temperatura.

3.2. Investigación para la mejora de procesos de refrigeración. Por un lado ha de considerarse la refrigeración en plantas geotérmicas en áreas geográficas de elevada temperatura. Una de las desventajas del desarrollo de proyectos geotérmicos en zonas áridas es la pérdida de eficiencia por la dificultad energética debida a la imposibilidad de enfriar el fluido de intercambio binario con agua. El desarrollo de sistemas de refrigeración por aire más eficientes redundaría en una mejora de la eficiencia energética de la planta geotérmica.

Además de la aplicación en plantas geotérmicas, cabe reseñar la importancia que ha de tener la investigación en sistemas avanzados de refrigeración para satisfacer las necesidades de multitud de procesos que se desarrollan en todo tipo de plantas industriales. En este sentido han de estudiarse las posibilidades que ofrece el terreno para disipar el calor y reducir así considerablemente la cantidad de agua de refrigeración necesaria, logrando un uso sostenible de la misma.



3.3. Investigación de la hibridación de fluidos geotérmicos con otras tecnologías renovables.

La energía geotérmica extraída del subsuelo puede funcionar como fluido precalentado que alimente tecnologías tales como la biomasa o solar de concentración. Además puede proporcionar energía eléctrica en los momentos del día en los que no hay generación a partir del recurso solar. La hibridación de la geotermia con otras tecnologías renovables podría suponer la reducción de la

inversión de capital y la consecución de proyectos de generación renovable híbridos 100% gestionables que produzcan energía eléctrica de manera continua. El reto tecnológico se encuentra en la integración del fluido geotérmico como fluido base para otras tecnologías así como el reemplazamiento y o complementariedad de estos fluidos con los sistemas de almacenamiento y acumulación de energía.



3.4. Investigación de procesos de desalinización a partir de recursos geotérmicos de baja temperatura en zonas insulares y costeras. Utilización de la destilación multietapa a partir de fluidos geotérmicos de baja temperatura.

3.5. Investigación en generación de frío por absorción de calor a partir de recursos geotérmicos de baja temperatura. Los sistemas de absorción en la actualidad son eficientes a partir de los 80°-90°C de temperatura, por lo que

se hace necesario desarrollar nuevas líneas de investigación que permitan la generación eficiente de frío a partir de temperaturas más bajas.

3.6. Investigación de producción de energía térmica en cascada. Desarrollo de estudios que permitan optimizar al máximo el aprovechamiento de los recursos geotérmicos de baja temperatura mediante la distribución en cascada en función de las temperaturas de demanda de los distintos edificios.

LÍNEA DE ACTUACIÓN:
INVESTIGACIÓN BÁSICA

	RETOS, PROBLEMAS A RESOLVER	IMPACTO EN EL DESARROLLO DE LA GEOTERMIA	CAPACIDAD PARA DESARROLLAR LA ACTUACIÓN	PRIORIDAD	AGENTES RESPONSABLES DE LA ACCIÓN	COSTES ESTIMADOS
1.1 Desarrollo de una base de datos pública.	Heterogeneidad de formatos (papel frente a formato digital). Síntesis de la información del subsuelo de España.	Evaluación del estado de conocimiento del recurso geotérmico. Atracción de inversión privada. Ayuda a la toma de decisión. Definición de estrategias y prioridades para la adquisición de nuevos datos.	Se cuenta con gran parte de la información de base y con organismos capaces de realizar la actuación.	Muy Alta	Instituciones públicas, estatales y autonómicas con competencias y funciones sobre el conocimiento del subsuelo. Organismos y entes de investigación. IGME, CSIC y empresas de estudios y proyectos coordinados por un grupo asesor en GEOPLAT. Otras plataformas tecnológicas de ámbitos como el software y el almacenamiento de CO ₂ .	1 M€
1.2 El análisis geológico estructural.	Dispersión de la información. Desarrollo de modelos estructurales asociados a geotermia.	Mejora del conocimiento del recurso geotérmico. Definición de estrategias y prioridades para la adquisición de nuevos datos.	España cuenta con instituciones con profesionales capaces de desarrollar la acción.	Muy Alta	IGME, servicios geológicos autonómicos. Departamentos geología estructural universidades, centros de investigación, empresas consultoras.	0,5 M€ Modelización estructural
1.3 Campañas de geoquímica.	Mejora de técnicas de análisis y equipos. Detección de anomalías geoquímicas regionales asociadas a geotermia.	Mejora del conocimiento del recurso geotérmico. Definición de estrategias y prioridades para la adquisición de nuevos datos.	Existen instituciones tanto a nivel estatal como autonómico con capacidad técnica para abordar los trabajos de forma coordinada para todo el Estado Español. Existen laboratorios con capacidad para llevar a cabo las analíticas.	Alta	Universidades y centros de investigación, laboratorios, empresas consultoras y empresas promotoras de proyectos.	1-2 M€ Varias campañas de geoquímica de gases, de hidrogeoquímica, adquisición de nuevos aparatos de medida.
1.4 Elaboración y propuesta de modelos geológicos y termoestructurales.	Obtención de modelos de Síntesis geológico-estructural.	Mejora del conocimiento y reducción del riesgo de la investigación. Definición de estrategias y prioridades para la adquisición de nuevos datos.	Existen grupos de trabajo en nuestro país como Geomodels en UB, apoyo en la experiencia de TNO en Holanda.	Alta	Universidades, centros de investigación, empresas consultoras y empresas promotoras de proyectos.	0,5 M€
1.5 Campañas de prospección geofísica.	Aplicación de técnicas geofísicas al descubrimiento de anomalías geotérmicas.	Mejora de conocimiento del recurso en las áreas más favorables. Reducción del riesgo de la investigación y descubrimiento de nuevos recursos.	Necesidad de asesoramiento internacional a las empresas e instituciones españolas.	Alta	Universidades, centros de investigación y empresas de geofísica, empresas privadas.	10 M€ Varias campañas MT , gravimetría y sísmica 2D y 3D al menos en 10 áreas.
1.6 Perforación de sondeos de gradiente y medidas de conductividad térmica y temperatura.	Obtención de mapas de flujo térmico regionales.	Descubrimiento de nuevas anomalías. Mejora de conocimiento del recurso en las áreas más favorables. Reducción del riesgo de la investigación y descubrimiento de nuevos recursos.	Hay centros tecnológicos en nuestro país que desarrollaron esta labor en el pasado.	Alta	CSIC, Universidades, empresas de perforación, empresas consultoras y promotores de proyectos.	5 M€, a distribuir 2 M€ en medidas en sondeos existentes y 5 M€ en 10 nuevos sondeos de gradiente de unos 750 a 1000 m.

LÍNEA DE ACTUACIÓN:

SUBSUELO Y GESTIÓN DE RECURSOS

	RETOS, PROBLEMAS A RESOLVER	IMPACTO EN EL DESARROLLO DE LA GEOTERMIA	CAPACIDAD PARA DESARROLLAR LA ACTUACIÓN	PRIORIDAD	AGENTES RESPONSABLES DE LA ACCIÓN	COSTES ESTIMADOS	
2.1	Tecnología y costes de Métodos de perforación.	Reducción de costes de perforación.	Abaratamiento del precio de la energía.	Necesidad de apoyo de otras iniciativas en marcha.	Media	Empresas de perforación, tuberías, centros de investigación de resistencia de materiales.	
2.2	Investigación del conocimiento del proceso de estimulación y mecanismos de generación focal de microsisimos.	Mejora del conocimiento mecanismos focales y del proceso de estimulación.	Tránsito del desarrollo de sistemas EGS de la escala piloto a la escala industrial.	Necesidad de apoyo de otras iniciativas en marcha en Europa.	Media	Universidades, centros de investigación, promotores de proyectos de geotermia EGS, empresas consultoras.	2 M€
2.3	Desarrollo de modelos geológicos y numéricos tridimensionales.	Modelos de simulación del almacén geotérmico.	Modelización del comportamiento del almacén a medio y largo plazo. Sostenibilidad del recurso.	Necesidad de apoyo de otras iniciativas en marcha en Europa.	Media	Universidades, centros de investigación, promotores de proyectos de geotermia.	
2.4	Estudios de reinyección de fluidos.	Gestión de reinyección de caudales importantes en determinados tipos de estructuras geológicas.	Viabilidad de desarrollo de proyectos geotérmicos en zonas con estructura adversa.	Necesidad de apoyo de otras iniciativas en marcha en Europa.	Media	Universidades, centros de investigación, promotores de proyectos de geotermia .	1 M€
2.5	Proyectos de demostración EGS.	Diseminación en España de la experiencia piloto de EGS en Europa.	Desarrollo de la tecnología EGS. Reducción de costes.	Necesidad de apoyo de otras iniciativas en marcha en Europa.	Alta	Administraciones, Universidades, centros de investigación, promotores de proyectos de geotermia EGS, productores de energía, consultores de ingeniería.	175 M€ en 5 proyectos de demostración valorados en 35 M€ cada uno este apartado englobaría. Todos los costes del bloque 2.

LÍNEA DE ACTUACIÓN:
SUPERFICIE

	RETOS, PROBLEMAS A RESOLVER	IMPACTO EN EL DESARROLLO DE LA GEOTERMIA	CAPACIDAD PARA DESARROLLAR LA ACTUACIÓN	PRIORIDAD	AGENTES RESPONSABLES DE LA ACCIÓN	COSTES ESTIMADOS	
3.1	Investigación para la mejora de la eficiencia de ciclos termodinámicos.	Reducción de temperatura necesaria para generación eléctrica.	Mayor desarrollo de proyectos geotérmicos asociados a recursos de media-baja temperatura.	Necesidad de apoyo de otras iniciativas en marcha en Europa.	Media	Universidades Centros de investigación, fabricantes de turbinas, Promotores de proyectos geotérmicos.	
3.2	Investigación para la mejora de procesos de refrigeración.	Mejora de los sistemas de refrigeración, especialmente en zonas cálidas y con poca disponibilidad de agua como fluido refrigerante.	Mejora de la eficiencia de los ciclos termodinámicos que redunde en el abaratamiento del coste de generación de la energía.	Necesidad de apoyo de otras iniciativas en marcha en Europa.	Media	Universidades Centros de investigación, Promotores de proyectos geotérmicos.	
3.3	Investigación de la hibridación de fluidos geotérmicos con otras tecnologías renovables.	Utilización del fluido geotérmico como fluido base precalentado en otras tecnologías renovables termoeléctricas.	Hibridación de tecnologías geotérmica y solar de concentración. Reducción de costes de inversión y precio de la energía. Mejora de la gestionabilidad y generación de energía de manera continua.	Necesidad de apoyo de otras iniciativas internacionales en marcha (Australia).	Media - Baja	Universidades Centros de investigación, Promotores de proyectos geotérmicos y de tecnología solar de concentración.	
3.4	Investigación de procesos de desalinización a partir de recursos geotérmicos.	Utilización de la destilación multietapa a partir de fluidos geotérmicos de baja temperatura.	Reducción del coste de la desalinización por ósmosis inversa.	Necesidad de apoyo de otras iniciativas internacionales en marcha (Grecia).	Media	Universidades Centros de investigación, Promotores de proyectos geotérmicos, empresas dedicadas a desalinización.	
3.5	Investigación en generación de frío por absorción de calor a partir de recursos geotérmicos de baja temperatura.	Obtención de frío de manera eficiente a partir de fluidos geotérmicos cada vez de menor temperatura.	Aplicación de la geotermia para refrigeración, especialmente en latitudes templadas.	Necesidad de apoyo de otras iniciativas internacionales en marcha.	Alta	Centros de investigación, Promotores de proyectos geotérmicos.	0,5 M€
3.6	Investigación de producción de energía térmica en cascada.	Mejora del aprovechamiento de los recursos geotérmicos de baja temperatura.	Incremento de la eficiencia energética y reducción del coste de generación de energía.	Necesidad de apoyo de otras iniciativas internacionales en marcha.	Media	Centros de investigación, administraciones y promotores de proyectos geotérmicos.	

GEOTERMIA PROFUNDA

LÍNEA DE ACTUACIÓN	2011	2012	2013	2014	2015
Investigación básica					
Desarrollo de una base de datos pública	x	x	x		
El análisis geológico estructural		x	x		
Campañas de geoquímica		x	x	x	
Elaboración y propuesta de modelos geológicos y termo-estructurales		x	x		
Campañas de prospección geofísica		x	x	x	
Perforación de sondeos de gradiente y medidas de conductividad térmica y temperatura			x	x	x
Subsuelo					
Tecnología y costes de métodos de perforación			x	x	x
Investigación del conocimiento del proceso de estimulación y mecanismos de generación focal de microsismos			x	x	x
Desarrollo de modelos geológicos y numéricos tridimensionales			x	x	x
Desarrollo de instrumentación para prospección con microsismicidad pasiva	x	x	x	x	
Estudios de reinyección de fluidos			x	x	
Proyectos de demostración EGS	x	x	x	x	x
Superficie					
Investigación para la mejora de la eficiencia de ciclos termodinámicos	x	x	x		
Investigación para mejora de metodología de refrigeración				x	x
Investigación de la hibridación de fluidos geotérmicos con la tecnología solar de concentración		x	x	x	x
Investigación de procesos de desalinización a partir de recursos geotérmicos		x	x		
Investigación en generación de frío por absorción de calor a partir de recursos geotérmicos de baja temperatura	x	x	x		
Investigación de producción de energía térmica en cascada	x	x			

2 GEOTERMIA SOMERA

La elaboración de la Agenda Estratégica de Investigación de la energía geotérmica somera en España se basa en el Documento de Visión a 2030 publicado en abril de 2010. Este documento presenta un conjunto de retos tecnológicos en el campo de la geotermia somera que son:

- Reducción de costes de ejecución de los circuitos.
- Mejora de los métodos de evaluación del terreno e incremento de la productividad de los sondeos y campos de sondeos, así como de los sistemas de intercambio con el terreno.
- Aumento de la eficiencia de los equipos de generación.
- Desarrollo de sistemas emisores de baja temperatura competitivos.
- Desarrollo de sistemas de rehabilitación de viviendas que permitan la evolución de los conjuntos caldera individual-radiador de alta temperatura a sistemas basados en la geotermia somera.

Estandarización de sistemas geotérmicos en la edificación, especialmente los híbridos de calefacción geotérmica con regeneración solar y los que combinen calefacción y refrigeración.

Estos retos constituyen la base de la agenda estratégica de investigación y son desarrollados a continuación:

1. REDUCCIÓN DE COSTES DE EJECUCIÓN DE LOS CIRCUITOS.

Los costes de ejecución de los circuitos de intercambio geotérmico se hallan fuertemente condicionados por la técnica constructiva empleada. La reducción de los costes de ejecución es un elemento clave para la progresión de la tecnología al ser el coste de la inversión inicial la principal barrera que dificulta el desarrollo de esta tecnología. Se presentan importantes diferencias en función de la tipología de circuito seleccionada y de las características del terreno existente. Los elementos básicos de los circuitos cerrados de intercambio son el intercambiador, las conducciones y los colectores de distribución. La parte principal del coste corresponde al intercambiador cuyos elementos básicos son la perforación o excavación, la tubería de intercambio y el relleno.

Los trabajos de perforación o excavación del circuito suponen entre un 30% y más del 60% del coste de implantación del sistema geotérmico. Los sistemas con costes inferiores corresponden a:

- Circuitos horizontales.
- Sistemas abiertos.

Ambos tipos requieren unas condiciones geológicas muy determinadas.

Una situación intermedia son los circuitos implantados en elementos estructurales construidos con otra finalidad. El caso más evidente son las cimentaciones termo-activas, que serán tratadas específicamente en el punto 1.1.5.

Los sistemas con costes superiores corresponden a los circuitos cerrados verticales. Se trata de los sistemas más versátiles y por lo tanto deberán ser objeto de un trato preferente.

1.1. Potencial de desarrollo tecnológico. Perforación.

Las tecnologías de perforación son tecnologías muy maduras. Sin embargo existe una considerable capacidad de mejora en la estructura de rendimiento y costes actuales. La evolución experimentada por la perforación en formaciones no consolidadas y en las competentes difiere sustancialmente.

1.1.1. Perforación en formaciones no consolidadas.

Está evolucionando en nuestro país desde las soluciones tradicionales: circulación directa o inversa con lodos, al empleo de equipos de perforación con doble cabezal. Estos sistemas permiten reducir los costes de preparación y gestión de lodos e incrementan notablemente la productividad de los equipos, especialmente en escenarios con sustratos consolidados bajo columnas no consolidadas de decenas de metros. Todos estos equipos, así como los materiales auxiliares utilizados, carecen de fabricantes

nacionales. Su adquisición requiere un importante esfuerzo inversor que muchas empresas son incapaces de abordar, especialmente, en la situación actual. Por otra parte, esta técnica presenta sus limitaciones debido a los elevados pares de rotación requeridos, especialmente en los sondeos más profundos o en el caso de sustratos anhidros relativamente más frecuentes en nuestra geología.

La aplicación de otras técnicas de perforación como la sónica no ha sido todavía suficientemente probada en nuestro entorno, sin embargo puede tener un campo de aplicación importante.

1.1.2. Perforación en formaciones competentes.

La perforación de rocas competentes se acomete principalmente mediante sistemas neumáticos de rotoperforación con martillo en fondo. Los avances proporcionados por esta tecnología, con frecuencia superiores a los 20 m/h, no son un factor limitante y presentan escasas posibilidades

de optimización. La posible aplicación de sistemas hidráulicos de martillo en fondo choca con los elevados caudales de agua requeridos para su funcionamiento, una limitación muy importante dada nuestra geomorfología e hidrología.

Se considera que las principales oportunidades de reducción de costes se hallan en:

- Automatización de labores.
- Mejora de las condiciones de trabajo del personal, incremento productividad.
- Incremento de la fiabilidad de los equipos de perforación; reducción de averías y paradas.
- Mejora de calidades y costes de los equipos auxiliares y el utillaje de perforación.
- Reducción de los consumos energéticos de los equipos de perforación y auxiliares, especialmente los compresores.

1.1.3. Otras técnicas de perforación.

La utilización de técnicas por su coste muy escasamente desarrolladas en nuestro país, como es la perforación horizontal dirigida, puede tener un importante desarrollo especialmente en proyectos de rehabilitación. Del mismo modo, la oportunidad de perforar un gran número de sondeos en zonas urbanas ya consolidadas con escasos espacios y limitaciones de gálibo va a suponer un importante reto para el desarrollo de equipos compactos con una alta productividad y capacidad para realizar el trabajo en costes competitivos y con las mínimas afecciones.

Por otra parte, en este punto existe la posibilidad de plantear otras acciones de investigación fundamental que traten nuevos sistemas de perforación basados en otras técnicas, así como el desarrollo de utillaje de perforación mejorado que sea más rápido de acoplar y permita una perforación en menor tiempo.

1.1.4. Gestión de detritus, lodos y caudales.

La perforación requiere con frecuencia el empleo de lodos y productos ambientalmente no deseados. Además, tiene como consecuencia la generación de volúmenes importantes de detritus, ripios, con

contenidos muy elevados de agua. Finalmente y especialmente en los sondeos perforados con aire se llegan a evacuar volúmenes importantes de aguas con un elevado contenido de sólidos en suspensión y una turbidez superior a la establecida en los límites de vertido. Las soluciones adoptadas en base a balsas de detritus, decantación, vertido a colector son con frecuencia insuficientes en obras con múltiples sondeos.

Se considera que existe un potencial de mejora importante en:

- Sistemas compactos de bombeo y tratamiento de detritus.
- Sistemas de depuración de aguas de sondeo adaptados a los entornos y costes habituales en los circuitos geotérmicos.
- Sistemas de reutilización de lodos de perforación que permitan el trabajo en circuito cerrado.

1.1.5. Cimentaciones termo-activas.

La cimentación termo-activa es una tecnología aplicable a los elementos de las estructuras de hormigón armado de las cimentaciones, soleras, pilotes, y pantallas. En ellas, el intercambio geotérmico se realiza por medio de un circuito cerrado instalado en las armaduras de la cimentación.

Debido a la función estructural de este tipo de instalaciones se impone el uso de un material como el hormigón en soleras, pilotes y pantallas que reúnan las condiciones estructurales adecuadas. A la vez el hormigón posee unas buenas propiedades térmicas.

Se considera que existe potencial de mejora en:

- Investigación sobre el dimensionamiento y ejecución de las estructuras de la cimentación termo-activa.
- Investigación de nuevas tuberías. Se considera que las tuberías deben resistir temperaturas superiores a 40° C y esfuerzos puntuales durante el hormigonado de las estructuras. Se trata de un campo en el que deben actuar también los fabricantes.

- Investigación sobre los sistemas de instalación de las sondas en las estructuras y dispositivos de colocación en obra.
- Investigación sobre el control de la cimentación y el comportamiento del terreno, una vez puesta en marcha la instalación geotérmica.
- Investigación sobre los áridos y tipos de cemento utilizados en el hormigón, que garanticen conductividades térmicas superiores a las de la formación aprovechada.

Además, en relación al diseño de estos sistemas, cabe decir que actualmente existe en el mercado *software* específico para llevar a cabo el diseño de sistemas de estructuras termo-activas, fundamentalmente soleras y pilotes, pero no en el caso de pantallas.

Sí existe *software* de elementos finitos que pudiera hacer este tipo de cálculos pero relacionados siempre con diseños puntuales y enfocados a investigación. El *software* de elementos finitos que puede simular transferencia de calor es generalmente “poco amigable” y necesita de una potencia computacional alta para realizar simulaciones “cortas”. Hay que tener en cuenta que las simulaciones en este tipo de sistemas son generalmente a 25 años por lo que el *software* de elementos finitos queda invalidado.

Se considera que existe potencial de mejora en:

- Investigación de nuevos modelos específicos de transferencia de calor.
- Modelos de comportamiento del terreno.

1.2. Potencial de desarrollo tecnológico. Tuberías de los intercambiadores.

La variedad de tipologías de intercambiadores ensayadas, frecuentemente denominadas sondas, ha sido importante y en estos momentos, sólo en Europa, existen numerosas patentes. Sin embargo, por su simplicidad, robustez, longevidad, coste y facilidad de instalación predominan los intercambiadores, de circuito simple o doble, fabricados en polietileno de alta densidad. Además, este polímero presenta una conductividad térmica de 0,4 W/m K, relativamente alta en comparación

con otros plásticos. Una de las principales limitaciones de los polietilenos de alta densidad (PE80 y PE100) se halla en la temperatura de utilización que habitualmente se restringe a un máximo de 40 °C por la reducción de la vida útil que se produce a temperaturas de trabajo superiores. La mayoría de las aplicaciones actuales se diseñan con temperaturas inferiores debido a la pérdida de rendimiento experimentada para temperaturas de condensación superiores. Sin embargo, las condiciones climáticas del área mediterránea y los perfiles de demanda de los edificios en nuestro país, así como las aplicaciones industriales y de acumulación de calor, van a requerir sistemas con temperaturas de funcionamiento superiores y materiales mejor adaptados a estas condiciones. Además, los proyectos de hibridación con otras renovables también van a demandar materiales con temperaturas de funcionamiento superiores. Actualmente este campo está cubierto por el polietileno reticulado, PEX, y el polibutileno, PB, que admiten una temperatura máxima de trabajo de hasta 95°C. Por ello, el desarrollo de sondas para temperaturas de funcionamiento superiores a 70 °C y costes similares al PEAD, así como de sondas de media profundidad (250-700 m) para aplicaciones directas de calefacción sin bomba de calor, se consideran como campos de gran interés para las condiciones de operación de nuestro país.

Igualmente, resultan interesantes otras líneas de investigación que persigan el desarrollo de nuevos polímeros para la fabricación de conducciones con mejores propiedades térmicas y el desarrollo de otras sondas nuevas o modificadas (nuevos modelos de coaxiales, sondas en formato helicoidal, etc.).

1.3. Potencial de desarrollo tecnológico. Rellenos.

Los materiales colocados en el anular del sondeo, entre las tuberías de intercambio y la perforación, tienen como misión facilitar la transmisión de calor entre el circuito y la formación, estabilizar la formación evitando el aplastamiento de la tubería por caídas o colapsos de la perforación y asegurar el sellado ambiental del anular del sondeo evitando toda afección a la calidad o cantidad del recurso

hídrico subterráneo. La mejora de las características térmicas de los rellenos supone una reducción de la resistividad térmica de los sondeos y por lo tanto permite una reducción del coste de implantación y un incremento en el rendimiento del sistema. Los principales sistemas empleados son:

- Países escandinavos. El anular no se maciza y queda ocupado, en consecuencia, por agua subterránea hasta la cota piezométrica y aire desde ese punto hasta la superficie. Se realiza un sellado ambiental mediante la cementación del anular existente entre formación y emboquille y sellado con obturador elastomérico o *packer*. La zona productora del sondeo queda limitada a la zona saturada por lo que este sistema solo es aplicable en zonas con piezometrías someras.
- Centroeuropa. El anular del sondeo se maciza en su totalidad mediante la inyección en retroceso de lechadas, habitualmente de cemento-bentonita, térmicamente mejorada o sin mejorar. Aunque teóricamente el relleno cumple con todos los propósitos, en la práctica surgen numerosos problemas. La baja conductividad térmica del mismo, el elevado coste, la deshidratación a temperaturas de trabajo altas, la fisuración en ciclos hielo-deshielo y la reología del relleno que impide la puesta en obra asegurada en las formaciones con rangos de permeabilidad superior incumpliendo su función ambiental, son problemas habituales que deben ser contemplados con sumo cuidado en el diseño de cada instalación. Adicionalmente, el uso de productos sin las adecuadas garantías de no lixiviación puede crear un problema ambiental superior al que se pretende evitar.
- En nuestro país conviven los dos sistemas anteriores con un tercero que adapta el relleno a las condiciones hidrogeológicas del emplazamiento. En condiciones hidrogeológicas adecuadas: baja velocidad de Darcy, diferencias piezométricas irrelevantes en la vertical, hidroquímica homogénea, etc. y especialmente en circuitos diseñados con agua como caloportador, se puede realizar un relleno granular con árido sílice inerte, totalmente

inocuo y con una elevada conductividad térmica, y un sellado ambiental mediante inyección de lechadas en los tramos que lo requieran. Este sistema requiere una supervisión hidrogeológica adecuada que garantice la no afección de las masas de agua subterráneas desde el punto de vista cuantitativo o cualitativo.

- Por otra parte, hay que considerar que en ciertos entornos hidrogeológicos de nuestro país la posible afección creada por el circuito no puede solventarse ni con rellenos sellantes *a posteriori* y pueden precisar la entubación y sellado previo al corte del acuífero o, incluso, desestimar el proyecto por no ser ambientalmente asumible.

Se considera que existe potencial de mejora en:

- Investigación de nuevos productos. Se considera que los rellenos deben estar adaptados a las condiciones geológicas del proyecto. Así se deberán diseñar rellenos adecuados para medios anhidros, expansivos, kársticos, aluviales, etc. Se trata de un campo bien conocido por los fabricantes y usuarios de lodos de perforación, aunque se añade la dificultad de dotar al producto de una conductividad térmica mínima.
- El uso de áridos y productos locales puede reducir los costes del relleno de manera importante garantizando conductividades térmicas superiores a las de la formación aprovechada.
- Procedimientos de puesta en obra de los rellenos. Suponen una fracción muy importante de los tiempos de operación, y por lo tanto de los costes de ejecución, y presentan claras oportunidades de mejora.

Además, la investigación también debería enfocarse al desarrollo de nuevos materiales de relleno con propiedades óptimas para el intercambio térmico siendo inertes y con valores mínimos de lixiviación. El empleo de rellenos basados en subproductos de otras empresas o sectores (lodos de corte de piedra natural, lodos cerámicos, etc.) ha de considerarse como alternativa a los rellenos convencionales. Por

último, se debe trabajar para el desarrollo de innovadores sistemas de inyección, contemplando la infiltración del material en el terreno para aumentar su conductividad térmica.

1.4. Potencial de desarrollo tecnológico. Fluidos caloportadores

Los fluidos caloportadores tienen como función transmitir la energía térmica entre el terreno y la bomba de calor. A excepción de los sistemas de expansión directa: sistema *Sofath®*, *Heat Pipes*, etc., que evaporan directamente el refrigerante en el circuito geotérmico, se emplean mayoritariamente mezclas de agua con distintos productos anticongelantes que permiten trabajar a temperaturas de salida de evaporador inferiores a 5°C y, en consecuencia, aumentar el gradiente entre el circuito y el terreno incrementando la energía captada para la misma superficie. Aunque en un principio se utilizaron un número muy superior de productos, muchos de ellos han quedado en desuso por su elevada corrosividad: salmueras de NaCl o CaCl, o toxicidad: alcoholes metílicos. Los principales productos empleados son:

- Glicoles. Se trata habitualmente de etilenglicol o propilenglicol con concentraciones entre el 20 y el 40%. Son los anticongelantes más extendidos en los países de Centroeuropa. El etilenglicol, de uso habitual como anticongelante de motores, tiene una menor viscosidad y unas propiedades térmicas superiores aunque como contrapartida su toxicidad es superior. El propilenglicol no es tóxico, incluso existe la posibilidad de adquisición con certificado de calidad alimentaria, pero su alta viscosidad y malas propiedades térmicas suponen una penalización importante, especialmente en concentraciones altas.

- Alcoholes. Muy extendidos en los Países Escandinavos. Se trata de mezclas de agua con metanol o etanol en proporciones inferiores al límite de inflamabilidad. Térmica e hidráulicamente son muy superiores a los glicoles aunque su volatilidad e inflamabilidad suponen un serio inconveniente. El metanol además es tóxico y su uso puede estar restringido por motivos ambientales. El etanol, mucho menos tóxico, es comercializado en nuestro país tras un proceso de desnaturalización que incrementa su toxicidad y puede introducir compuestos contraindicados con el polietileno.

Todas las mezclas de agua y anticongelante en uso son claramente inferiores al agua. Incrementan el campo de trabajo del sistema geotérmico pero penalizan su rendimiento térmico, incrementan el consumo eléctrico de los equipos auxiliares e introducen compuestos indeseables desde el punto de vista ambiental. Se considera que existe posibilidades de desarrollo interesantes en:

- Nuevos productos anticongelantes que integren las propiedades térmicas y mecánicas de los alcoholes reduciendo su inflamabilidad y su toxicidad.
- Nuevos fluidos caloportadores con un alto calor latente basados en materiales de cambio de fase para mejorar el intercambio térmico.
- Diseños de circuito más eficientes que permitan generalizar el uso del agua como caloportador.



2. MEJORA DE LOS MÉTODOS DE EVALUACIÓN DEL TERRENO. INCREMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD DE LOS SONDEOS.

Las técnicas de evaluación y dimensionamiento científico de los circuitos de intercambio geotérmico deberán generalizarse en el diseño de las instalaciones de más de 30 kW y ser obligados en las instalaciones de más de 70 kW. La selección de la tipología de circuito geotérmico más adecuada deberá hacerse con un conocimiento global de las características mecánicas, hidrogeológicas y termo-geológicas del terreno. Del mismo modo, el conocimiento del comportamiento del terreno permitirá la optimización del diseño de los captadores para mejorar de manera importante su productividad.

2.1. Potencial de desarrollo tecnológico.

Los métodos clásicos de evaluación geológica e hidrogeológica se hallan muy poco extendidos dentro del sector en España. Con frecuencia se confía únicamente en la realización del ensayo TRT que proporciona un valioso dato para el dimensionamiento pero está lejos de abarcar el escenario en su conjunto. Por lo tanto, se considera que los campos siguientes tienen un interesante potencial de desarrollo:

- Creación de bases *online* de cartografía y datos con información relevante. En ellas, se debería incluir la información geológica, pero también otra información de interés como los posibles servicios afectados, información de proyectos de investigación geotérmica desarrollados, así como proyectos de aprovechamiento geotérmico. No debería tratarse de bases de datos de acceso público, sino que se propone un modelo con acceso restringido a las empresas/entidades que se comprometiesen a facilitar toda su información.
- Registro y monitorización de instalaciones. Esta acción permitiría garantizar una gestión sostenible de los recursos a través de la modelización de la evolución del yacimiento, el establecimiento de unos criterios para garantizar la sostenibilidad a largo plazo de los recursos y la propuesta de alternativas en aquellos casos en que ello sea necesario.
- El control geológico de la perforación es una herramienta básica que debe extenderse entre los diseñadores y constructores de circuitos de intercambio geotérmico. Existe un potencial importante de mejora en el control de litologías, discontinuidades, piezometrías, caudales durante la perforación. Las técnicas más sofisticadas existentes han sido desarrolladas para la perforación profunda y tienen unos costes no asumibles para la geotermia somera.
- Una de las inquietudes permanentes de los técnicos que inician su trabajo en el campo de la geotermia somera es el de conseguir un dato fiable y poco costoso de las características térmicas del subsuelo. Sin embargo, no son estas únicamente las características a tener en cuenta, por lo que los datos tabulados o incluso localizados en cartografías superficiales tan sólo pueden aportar información a nivel muy preliminar. Por otra parte, la aplicación de los TRT a proyectos de pequeña envergadura resulta excesivamente costosa. Por ello, se ha de plantear la consecución de una alternativa de menor coste que el TRT con suficiente fiabilidad para poder garantizar una adecuada solución. Así, se propone:
 - » El desarrollo de equipos de diagráfia que reduzcan costes e incorporen la conductividad y la difusividad térmica a los parámetros ya disponibles.
 - » Mejora y desarrollo de equipos para la determinación *in situ* de los parámetros hidrogeológicos con una mayor resolución.
 - » Desarrollo de métodos y modelos de evaluación térmica que permitan descomponer la influencia del agua subterránea en los resultados de los ensayos.

- » Desarrollo de equipos de TRT autónomos y flexibles.
- Mejora de los métodos y sistemas de evaluación de posibles afecciones de los sistemas recargados artificialmente.
- Desarrollo de aplicaciones informáticas adecuadas para la simulación de los distintos tipos de aprovechamiento de recursos someros, en los aspectos relativos a su situación previa a la explotación del recurso y la modificación de condiciones que se produce durante la misma, de modo que se pueda predecir la evolución a largo plazo durante esta fase, así como en periodos posteriores, garantizando la sostenibilidad del aprovechamiento del recurso.
- Desarrollo de sistemas de contención que reduzcan las pérdidas en los sistemas de almacenamiento térmico.
- Desarrollo de sistemas de equipado de sondeos acordes con las características hidrogeológicas del medio.
- Investigación en sistemas de columna permanente en circuitos semi-abiertos.
- Desarrollo de sistemas de recarga en circuitos abiertos que minimicen las modificaciones en la hidroquímica del recurso.
- Correlación de propiedades geofísicas de los terrenos y propiedades térmicas de los mismos basados en métodos geofísicos sencillos y rápidos sin necesidad de perforación previa.



3. SISTEMAS DE SUPERFICIE. PROPUESTA DE ÁREAS ESTRATÉGICAS HORIZONTALES.

Los puntos anteriores, describen las áreas y líneas de acción estratégicas relativas a los sistemas de subsuelo dentro de la instalación geotérmica somera. Estos contenidos son propios de nuestro sector y como tales deberán ser abordados casi en exclusividad por el mismo. Sin embargo, el desarrollo de la geotermia de baja temperatura está asociado a otra serie de retos que hacen referencia más bien a los sistemas de superficie de la instalación y que comparten muchos aspectos con otros sectores. Para el crecimiento y correcto desarrollo de la geotermia somera, es fundamental aunar esfuerzos con aquellos sectores involucrados para hacer frente a esta serie de retos de una forma más eficaz. Por ello, a continuación se hace una descripción general de las áreas que deben guiar estas actuaciones dejando abierta la concreción de las mismas a la colaboración que aquí se propone.

- **Aumento de la eficiencia de los equipos de generación.**

La investigación en la tecnología de bomba de calor geotérmica que ayude a mejorar las características de su operación y acerquen su rendimiento real lo máximo posible a los límites teóricos establecidos por el factor de Carnot, es una de las líneas de actuación en que se debe seguir trabajando para mejorar la eficiencia global de las instalaciones de geotermia somera.

Una de las claves para reducir los fallos en la operación de estos equipos, aumentar la calidad y fiabilidad de los mismos y obtener un aumento de los ahorros energéticos, ha de centrarse en el desarrollo de un cierto número de conceptos de instalaciones estándar que permitan investigar, desarrollar mejoras y alcanzar un óptimo conocimiento de la tecnología de estos equipos.

- **Desarrollo de sistemas emisores de baja temperatura competitivos.**

La temperatura de impulsión que necesitan los sistemas emisores convencionales para la adecuada efectividad de su operación establece un condicionante importante ante la posibilidad de desarrollar una instalación de climatización geotérmica. Las instalaciones geotérmicas utilizan una tecnología de baja temperatura para la distribución del calor, mientras que el grueso de la edificación que se ha realizado hasta hace unos años basa los emisores en radiadores de alta

temperatura, radiadores que están emitiendo a 80°C y a 60°C. Esas temperaturas están fuera del rango de cobertura de un sistema geotérmico con bomba de calor. Si se emplea una bomba de calor se puede llegar a los 60 o 65°C de temperatura de impulsión, pero con unos rendimientos que ya son menos interesantes. La geotermia es ideal para sistemas de emisores de baja temperatura: suelos radiantes, zócalos radiantes, fancoils (ventilo-convectores), etc., es decir, sistemas que van a enviar el agua en calefacción a un máximo de 45/50°. Ese rango de temperaturas es aquel en el que las ventajas económicas de la geotermia somera son mayores. Por ello uno de los ámbitos en que han de centrarse los esfuerzos futuros en I+D es la investigación para la consecución de equipos emisores de baja temperatura cada vez más eficientes, así como para la mejora de los métodos de diseño de la instalación completa que den lugar



a soluciones basadas en este tipo de emisores capaces de satisfacer las demandas energéticas de los edificios de forma óptima desde el punto de vista energético y económico.

- **Desarrollo de sistemas para la rehabilitación de edificios.**

El nicho ideal para la geotermia somera es la nueva construcción. En parte, por las obras que hay que hacer fuera o debajo del edificio, esto es, el campo de captación, los sondeos o los intercambiadores horizontales; pero en buena parte también, porque los edificios construidos presentan una serie de barreras en su sistema de distribución y de emisión tal como se ha citado anteriormente y en definitiva presentan ciertas carencias en la eficiencia de su comportamiento energético.

En relación a la primera de estas consideraciones, pueden señalarse las siguientes líneas de acción estratégicas que no están referidas al sistema de superficie de la instalación:

- Investigación para la adaptación de los sistemas perforación, equipos auxiliares y evacuación de detritus a la aplicación en vivienda ya construida.
- Desarrollo de maquinaria de perforación de menor tamaño y mayor compacidad y movilidad.

En relación al segundo de los puntos cabe remarcar que la viabilidad de muchos proyectos geotérmicos para la climatización de edificios está actualmente muy ligada a la calificación energética de los mismos. Especialmente en la edificación ya construida y de cierta antigüedad, estos aspectos de aprovechamiento sostenible y eficiencia en el consumo energético no están adaptados para beneficiarse del potencial y ventajas que ofrece la geotermia somera. Por este motivo, es importante destacar en este sentido, los campos de investigación cuyo desarrollo permitirá la evolución de los conjuntos de generación y distribución de calor 'caldera individual-radiador de alta temperatura' a sistemas basados en la geotermia somera:

- Mejora de la eficiencia energética de la envolvente de los edificios construidos.

Investigación para el desarrollo de sistemas de evaluación y 'retrofitting' o modernización de los aislamientos en la edificación que ayuden a reducir la demanda energética de los edificios.

- Desarrollo de 'Sistemas de Gestión de la Energía (SGE)' y 'Tecnologías de control y regulación' como vías de desarrollo complementarias para facilitar la promoción y aumentar la viabilidad de las instalaciones geotérmicas. En este sentido se ha de trabajar para el desarrollo de la tecnología de medida para la obtención de parámetros técnicos y energéticos, la aplicación de Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) para el desarrollo de modelos inteligentes de medición, control y gestión de los sistemas geotérmicos, así como el desarrollo de sistemas de *software* de gestión adaptados.

- **Estandarización de sistemas geotérmicos en la edificación.**

Las tareas de I+D aludidas en este campo han de hacer especial énfasis en la definición de estándares relativos a las instalaciones híbridas de calefacción y agua caliente sanitaria (ACS) geotérmica con otras renovables (energía solar, biomasa, etc.) y los sistemas combinados para aplicaciones de calefacción y refrigeración que cuentan con un potencial especialmente considerable en la zona climática de España.

En este campo existen muy diversas soluciones de combinación de tecnologías y aprovechamiento combinado frío-calor de la geotermia que están comenzando a ser desarrolladas, entre las cuales las opciones más evolucionadas se centran en el aprovechamiento conjunto de energía solar y energía geotérmica (distintos esquemas de uso para ACS y climatización con colectores solares y bomba de calor geotérmica, tecnologías de frío solar con máquina de absorción con condensación geotérmica, etc.) Sin embargo, entre tal variedad aún es necesario seguir trabajando para conseguir una cierta estandarización de esos sistemas y una importante optimización de sus características de eficiencia y rendimiento.

Dentro de este trabajo, dos de los factores clave que han de considerarse para la gestión óptima de los sistemas híbridos son:

- Control de todos los componentes de la instalación de una forma coordinada, buscando la mejor aportación de cada uno de ellos en cada momento.
 - » Lectura de los principales parámetros de funcionamiento (temperaturas, caudales, presiones).
 - » Gestión del régimen de funcionamiento de los componentes principales (generadores, acumuladores).
 - » Regulación del funcionamiento de los componentes secundarios (bombas de circulación variable, válvulas de mezcla proporcionales).
 - Adaptación del diseño y selección del régimen de funcionamiento según las condiciones climáticas de la zona.
- de sistemas geotérmicos capaces de satisfacer la demanda de frío en verano y de calor en invierno de la forma más eficiente posible (bien sea a través de bombas de calor reversibles o mediante la combinación de diversas fuentes de energía).
- Investigación y desarrollo de unos estándares metodológicos para el diseño óptimo de sistemas de climatización basados en el uso del terreno como almacén energético estacional.
 - Investigación para la optimización de la eficiencia en sistemas integrados de energía geotérmica y otras fuentes renovables (no sólo energía solar) según el régimen de funcionamiento requerido y los condicionantes climáticos de la zona.
 - Investigación para el desarrollo de equipamiento y protocolos de gestión de los sistemas híbridos.

Así, de acuerdo a lo anterior, se considera que existe un importante potencial de desarrollo en:

- Investigación para el diseño y desarrollo óptimo

LÍNEA DE ACTUACIÓN:

REDUCCIÓN DE COSTES DE EJECUCIÓN DE LOS CIRCUITOS

	RETOS, PROBLEMAS A RESOLVER	IMPACTO EN EL DESARROLLO DE LA GEOTERMIA	CAPACIDAD PARA DESARROLLAR LA ACTUACIÓN	PRIORIDAD	AGENTES RESPONSABLES DE LA ACCIÓN
1.1 Perforación.	Ausencia de fabricantes de equipos nacionales.				
1.1.1 En formaciones no consolidadas.	Elevados costes de los equipos de perforación y de la perforación con lodos.	Reducción de costes de preparación y gestión de lodos y aumento de la productividad.	Existencia de empresas nacionales capacitadas.	Alta	Empresas y centros tecnológicos.
1.1.2 En formaciones competentes.	No automatización de las labores. Elevado consumo energético.	Reducción de costes y de consumos energéticos. Incremento de la productividad.	Existencia de empresas nacionales capacitadas.	Alta	Empresas y centros tecnológicos.
1.1.3 Otras técnicas de perforación.	Tamaño demasiado grande de los equipos.	Aplicación en proyectos de rehabilitación y en zonas urbanas consolidadas. Reducción de costes, tiempos de perforación y afecciones del proceso. Aumento de la productividad.	Existencia de empresas nacionales capacitadas.	Media	Empresas y centros tecnológicos.
1.1.4 Gestión de detritus, lodos y caudales.	Generación de volúmenes importantes de detritus con soluciones insuficientes para su gestión sostenible.	Reducción del impacto ambiental y de los costes derivados de este proceso.	Existencia de empresas nacionales capacitadas.	Alta	Fabricantes de equipos auxiliares.
1.1.5 Cimentaciones termo-activas.	Falta mejorar el conocimiento para el óptimo diseño y dimensionado. Tuberías aún por adaptar a esta variante. Ausencia de software específico de diseño de este sistema.	Reducen el coste adicional de la instalación. Aportan valor añadido a los cimientos de la edificación.	Existencia de empresas nacionales capacitadas.	Media	Ingenierías, empresas de cimentación, fabricantes de tuberías, desarrolladores de software y expertos en códigos numéricos en ingeniería.
1.2 Tuberías de los intercambiadores.	Restricciones en la temperatura de utilización de los materiales usados habitualmente.	Mejora del proceso de transferencia de calor. Adaptación a aplicaciones de mayor temperatura.	Existencia de materiales más cercanos a los requisitos (PEX y PB) e investigaciones en curso.	Media	Fabricantes de tuberías.
1.3 Rellenos.	Propiedades térmicas inadecuadas para la óptima transmisión de calor.	Mejora de la eficiencia de los intercambiadores. Reducción de los tiempos y costes de ejecución.		Media	Empresas y centros tecnológicos.
1.4 Fluidos calorportadores.	Toxicidad de algunos fluidos. Propiedades térmicas y mecánicas mejorables.	Reducción de costes y mejora de la eficiencia del intercambio calorífico. Reducción de los riesgos asociados a la toxicidad de los fluidos.		Media	Centros de investigación/empresas.

LÍNEA DE ACTUACIÓN:

MEJORA DE LOS MÉTODOS DE EVALUACIÓN DEL TERRENO. INCREMENTO DE LA PREDUCTIVIDAD DE LOS SONDEOS.

	RETOS, PROBLEMAS A RESOLVER	IMPACTO EN EL DESARROLLO DE LA GEOTERMIA	CAPACIDAD PARA DESARROLLAR LA ACTUACIÓN	PRIORIDAD	AGENTES RESPONSABLES DE LA ACCIÓN	
2.1	Creación de bases online de cartografía y datos con información relevante.	Carencia de suficiente información para emprender proyectos de geotermia somera.	Reducción del riesgo de la inversión. Mejora del conocimiento. Impulso sólido del sector.	Multitud de instalaciones en explotación, así como de datos de interés geotérmico procedentes de investigaciones y estudios previos de caracterización realizados.	Alta	Administración, entidades públicas con la colaboración de empresas que poseen datos de instalaciones y proyectos de investigación.
2.2	Registro y monitorización de instalaciones.	Desconocimiento de las instalaciones de geotermia somera ejecutadas en nuestro país.	Mejora y transferencia del conocimiento para el desarrollo de futuros proyectos.	Instalaciones en explotación plenamente monitorizadas.	Alta	Administración, entidades públicas con la colaboración de empresas que poseen datos de instalaciones y proyectos de investigación.
2.3	Control geológico de la perforación.	Falta de conocimiento sobre la aplicabilidad de la información geológica.	Mejora de la calidad de la perforación.	Existen empresas y profesionales capacitados.	Alta	Diseñadores e instaladores.
2.4	Desarrollo de alternativas al TRT de menor coste.	Carencias de la información que puede darse en cartografías superficiales. Costes elevados de la aplicación de TRT actual.	Reducción de costes. Mejora del conocimiento de las características locales. Incremento de la fiabilidad de los métodos y equipos.	Existen numerosos desarrollos locales de equipos y se precisa extenderlo a las técnicas	Alta	Empresas, centros tecnológicos y universidades.
2.5	Mejora de los métodos y sistemas de evaluación de posibles afecciones en sistemas recargados artificialmente.	Elevados costes de la caracterización y simulación hidrogeológica.	Reducción del impacto ambiental.	Existe una larga tradición hidrogeológica que debe integrarse.	Media	Empresas, organismos, centros tecnológicos y universidades.
2.6	Desarrollo de aplicaciones informáticas para la simulación de aprovechamientos someros.	Limitaciones en la aplicabilidad de los softwares más comunes.	Garantía de la sostenibilidad del recurso.	Existe capacidad para crear aplicaciones o interfaces de motores ya existentes.	Media	Desarrolladores de <i>software</i> y aplicaciones informáticas.
2.7	Sistemas de contención para reducir pérdidas de calor en sistemas de almacenamiento térmico.	Aplicación en fases incipientes de su desarrollo.	Mejora de la eficiencia del almacenamiento.	Existe una larga tradición hidrogeológica que debe integrarse.	Media	Centros tecnológicos y de investigación. Empresas y universidades.
2.8	Desarrollo de sistemas de equipamiento de sondeos.	Aplicación en fases incipientes de su desarrollo.	Reducción de los costes del circuito.	Existe una larga tradición hidrogeológica que debe integrarse.	Media	Centros tecnológicos y de investigación. Empresas y universidades.
2.9	Investigación en sistemas de columna permanente.	Evaluación de las características hidroquímicas del recurso y de su vulnerabilidad a los cambios térmicos.	Reducción del impacto ambiental.	Adaptación de técnica y herramientas ya utilizadas por otras disciplinas.	Media	Universidades, empresas y administraciones.

LÍNEA DE ACTUACIÓN:

MEJORA DE LOS MÉTODOS DE EVALUACIÓN DEL TERRENO. INCREMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD DE LOS SONDEOS.

	RETOS, PROBLEMAS A RESOLVER	IMPACTO EN EL DESARROLLO DE LA GEOTERMIA	CAPACIDAD PARA DESARROLLAR LA ACTUACIÓN	PRIORIDAD	AGENTES RESPONSABLES DE LA ACCIÓN
→ 2.10	Desarrollo de sistemas de recarga en circuitos abiertos que minimicen las modificaciones hidroquímicas del recurso.	Costes elevados de las técnicas existentes y limitaciones en su resolución.	Mejora del conocimiento. Incentivación de la inversión mediante la reducción de riesgos.	Media	Centros tecnológicos y de investigación. Empresas y universidades.
2.11	Desarrollo de sistemas de correlación de propiedades geofísicas y térmicas del terreno.	Mejora del conocimiento. Incentivación de la inversión mediante la reducción de riesgos.		Media	

LÍNEA DE ACTUACIÓN:

SISTEMAS DE SUPERFICIE. PROPUESTA DE ÁREAS ESTRATÉGICAS HORIZONTALES.

	RETOS, PROBLEMAS A RESOLVER	IMPACTO EN EL DESARROLLO DE LA GEOTERMIA	CAPACIDAD PARA DESARROLLAR LA ACTUACIÓN	PRIORIDAD	AGENTES RESPONSABLES DE LA ACCIÓN
3.1 Aumento de la eficiencia de equipos de generación.	Equipos de tecnología madura donde son necesarias mejoras muy innovadoras. Existencia de instalaciones defectuosas por falta de conocimiento.	Mejora del conocimiento. Aumento de la calidad y fiabilidad de los equipos e instalaciones.	Ámbito horizontal con otros sectores.	Alta	Centros de investigación y fabricantes de bombas de calor.
3.2 Desarrollo de sistemas de baja temperatura competitivos.	Sistemas emisores inadecuados o no adaptados de forma óptima para aplicaciones de geotermia somera.	Mejora de la viabilidad de las instalaciones geotérmicas. Incremento de la eficiencia.	Ámbito horizontal con otros sectores donde el trabajo conjunto de todos puede ser más provechoso.	Alta	Fabricantes.
3.3 Desarrollo de sistemas para la rehabilitación de edificios.	Problemas de accesibilidad de los equipos. Instalaciones y sistemas (distribución, envolvente, etc.) poco eficiente en edificios antiguos.	Mejora de la eficiencia. Reducción del consumo. Aprovechamiento de un ámbito de grandes oportunidades para la geotermia.	Ámbito horizontal con otros sectores.	Media	Fabricantes de equipos de perforación, auxiliares, evacuación de detritus, etc. Ingenierías y auditorías. Desarrolladores de soluciones TIC para la gestión energética.
3.4 Estandarización de sistemas geotérmicos en la edificación.	Gran variedad de soluciones que requieren unificación.	Mejora del conocimiento y diseño de estos sistemas. Aumento de la eficiencia. Optimización de procedimientos y reducción de tiempos y costes de ingeniería.	No se parte de cero en sistemas híbridos y aplicaciones combinadas frío-calor. Existen experiencias en España y otros países que pueden aportar una base importante para esta propuesta.	Media	Ingenierías, fabricante de equipos y sistemas de control.

GEOTERMIA SOMERA

LÍNEA DE ACTUACIÓN	2011	2012	2013	2014	2015
Reducción de costes de ejecución de circuitos					
Perforación	x	x	x	x	x
<i>Formaciones no consolidadas</i>	x	x	x	x	x
<i>Formaciones competentes</i>	x	x	x	x	x
<i>Otras técnicas</i>	x	x	x	x	x
<i>Gestión de detritus, lodos y caudales</i>	x	x	x	x	x
<i>Cimentaciones termo-activas</i>	x	x	x	x	x
Tuberías de los intercambiadores	x	x	x	x	x
Rellenos	x	x	x	x	x
Fluidos caloportadores	x	x	x	x	x
Mejora de los métodos de evaluación del terreno. Incremento de la productividad de sondeos.					
Creación de bases online de cartografía y datos con información relevante	x	x	x	x	x
Registro y monitorización de instalaciones	x	x	x	x	x
Control geológico de la perforación	x	x	x	x	x
Desarrollo de alternativas al TRT de menor coste	x	x	x	x	x
Mejora de los métodos y sistemas de evaluación de posibles afecciones de los sistemas recargados artificialmente	x	x	x	x	x
Desarrollo de aplicaciones informáticas adecuadas para la simulación de los aprovechamientos someros	x	x	x	x	x
Desarrollo de sistemas de contención que reduzcan las pérdidas en sistemas de almacenamiento térmico	x	x	x	x	x
Desarrollo de sistemas de equipado de sondeos	x	x	x	x	x
Investigación en sistemas de columna permanente en circuitos semi-abiertos	x	x	x	x	x
Desarrollo de sistemas de recarga en circuitos abiertos que minimicen las modificaciones hidroquímicas del recurso	x	x	x	x	x
Desarrollo de sistemas de correlación de propiedades geofísicas y térmicas del terreno	x	x	x	x	x
Áreas horizontales					
Aumento de la eficiencia de los equipos de generación	x	x	x	x	x
Desarrollo de sistemas emisores de baja temperatura competitivos	x	x	x	x	x
Desarrollo de sistemas para la rehabilitación de edificios	x	x	x	x	x
Estandarización de sistemas geotérmicos en la edificación	x	x	x	x	x



3 ÁREAS HORIZONTALES DE SOPORTE AL DESARROLLO

FORMACIÓN:

El Documento de Visión 2020-2030 de la Plataforma incluye entre sus consideraciones una serie de objetivos generales relativos a la Formación en geotermia que aluden al *“desarrollo de líneas de trabajo que permitan la difusión de las posibilidades de esta fuente energética, colaborando con los centros formativos para dar a conocer los recursos geotérmicos y sus posibilidades de uso”*. En este sentido, el documento se centra en tres líneas prioritarias de actuación, que la presente Agenda Estratégica de Investigación pretende concretar y llevar a un planteamiento pre-operativo. En concreto:

- Desarrollo y reconocimiento a nivel europeo, no sólo de esquemas de acreditación y certificación para instaladores de energías renovables a pequeña escala, sino de todo el personal en activo que forma parte de una instalación geotérmica, es decir: instaladores, perforadores, diseñadores, mantenedores, formadores y auditores.
- Inclusión de contenidos de geotermia en titulaciones universitarias, ciclos de formación profesional y posgrado.
- Unificación europea de programas de certificación y formación que habrá que revisar en la medida que las tecnologías avancen, considerándose indispensable que dichos programas se basen en la sostenibilidad ambiental.

El desarrollo de líneas de investigación a partir de las prioridades referidas en el Documento de Visión a 2030 debe enmarcarse en un análisis de la realidad del sector, a partir de la cuál identificar las actuaciones que permitirán la consecución de las mismas. Para tal fin se elaboró por parte del Grupo de Trabajo de Formación de GEOPLAT una matriz de debilidades-amenazas-fortalezas-oportunidades (DAFO), en que condensar los aspectos que atañen especialmente a la formación.

Situación actual de la formación de geotermia en España.

Según el análisis del grupo de formación, nuestro país cuenta con infraestructura formativa suficiente y existen, por otro lado, los contenidos formativos específicos necesarios a nivel internacional. En el ámbito de las oportunidades, la geotermia es un sector en crecimiento que necesita la formación para progresar, existe la obligación de contar con un sistema de certificación de instaladores a finales de 2012 (según Directiva 2009/28/CE) y una serie de proyectos formativos a nivel internacional (EU-CERT.HP, QUALICERT, GEOTRAINET) que indudablemente sirven de referente en tal sentido. En otros países europeos se ofertan estudios de máster en materia de geotermia de alta entalpía con contenidos y experiencias que pueden ser utilizables. Finalmente, se da cierta facilidad de adaptación a un ámbito legislativo cambiante relativo a las certificaciones de profesionales.

Las debilidades son, por otro lado, numerosas: bajo nivel de formación y cualificación en ciertos oficios (técnicas de perforación, contratistas nacionales, etc.), desconocimiento de la tecnología por los instaladores y mantenedores, proveedores poco especializados y desarrollados. Los programas formativos están, a nivel de Europa, faltos de unificación y los existentes no están adaptados a los contenidos que el sector precisa, en gran medida por la carencia de materiales y normativa específica. Al referente americano de la *International Ground Source Heat Pump Association* (en adelante IGSHPA), el sector de la geotermia en Europa no ha sido hasta la fecha capaz de oponer un modelo similar de manual de buenas prácticas o guía de diseño. En el ámbito nacional existe descoordinación a nivel autonómico en cuanto al establecimiento de líneas de formación, multiplicidad de interlocutores y entidades con áreas de competencia y, finalmente una ausencia generalizada de la geotermia en titulaciones universitarias, FP y posgrados.

La no-resolución de las debilidades mencionadas, acarrearía una serie de amenazas que consideramos muy serias: riesgo de caer en dependencia tecnológica con otros países, probable adopción de normas y usos ajenos de manera inadecuada

con el consiguiente riesgo tecnológico que ello conlleva y, no por último, el que el desbalance entre oportunidades de un sector y oferta de personal cualificado pueda atraer al mismo mano de obra no-cualificada que, a medio-largo plazo, lastre su propio desarrollo.

Las principales **áreas estratégicas** que deben considerarse en la fase de investigación del recurso geotérmico pueden agruparse en:

1. ADAPTACIÓN DE PERFILES PROFESIONALES A LOS REQUERIMIENTOS DEL SECTOR DE LA GEOTERMIA Y EN PARTICULAR, A LOS REQUERIMIENTOS DE LA DIRECTIVA EUROPEA 2009/28/CE.

- 1.1 Creación de una estructura estable para la transferencia de conocimientos procedentes de la experiencia internacional en el sector.
- 1.2 Establecimiento de un manual de competencias o estrategias de cualificaciones profesionales que incluya un listado los perfiles necesarios que requiere el sector.
- 1.3 Adaptación de las guías técnicas y de buenas prácticas tomando como base los referentes en Europa y adaptándolos a la realidad de nuestro país.
- 1.4 Realización de acciones formativas piloto para perforistas e instaladores geotérmicos siguiendo el modelo de proyectos europeos precedentes.

Líneas de acción estratégicas.

El sistema nacional de ciclos de formación se encuentra en fase de cambio debido a la aparición de ciclos diseñados de acuerdo a Ley Orgánica de Educación (L.O.E). En el mapa de ciclos existentes, según las orientaciones del Instituto Nacional de las Cualificaciones (INCUAL) y del Sistema Nacional de Cualificaciones profesionales, podemos encontrar algunos que estando relacionados con las instalaciones térmicas y las industrias extractivas se consideran adecuados para la formación geotérmica, como es el caso de 4 ciclos de grado superior cuyos títulos son:

- *Técnico Superior en Desarrollo de Proyectos de Instalaciones Térmicas y de Fluidos.*
- *Técnico Superior en Mantenimiento de Instalaciones Térmicas y de Fluidos.*
- *Técnico Superior en Eficiencia Energética y Energía Solar Térmica.*
- *Técnico superior en Energías Renovables (pendiente de una inminente aprobación).*

así como dos ciclos de grado medio en fase de creación que son:

- *Técnico en Instalaciones frigoríficas y de climatización.*
- *Técnico en Instalaciones Caloríficas y Solares Térmicas.*

La formación de Perforadores actualmente existe dentro del conjunto de máquinas tratadas en el ciclo de grado medio “Técnico en Operaciones y Mantenimiento de maquinaria de construcción”, pero se considera que la formación es insuficiente para perforaciones geotérmicas y se propone la creación de un ciclo específico de perforación. También existe en la actualidad una cualificación profesional denominada “Sondeos”, de nivel 2 y perteneciente a la familia profesional de “Industrias extractivas”, capaz de cubrir este vacío dentro de la estructura de ciclos formativos.

Por otro lado, la Directiva 2009/28/CE obliga a los Estados Miembro a presentar esquemas de certificación para instaladores de sistemas de energías renovables, antes de final de 2012. Dichos esquemas han de incluir la certificación de «*shallow geothermal installers*» (instaladores de sistemas de geotermia somera) con reconocimiento mutuo entre los diferentes Estados Miembro. Ello obliga a que, en su diseño, los contenidos formativos para las cualificaciones nacionales deban tener en cuenta el marco europeo y los sistemas de certificación europeos, tanto en su concepción temática, como en su implementación.

En torno a esta temática se han articulado diversos proyectos europeos (EU CERT.HP, GEOTRAINET y QUALICERT), enfocados hacia ámbitos de cualificación diversos. Específicamente los

proyectos EU CERT HP y GEOTRAINET incluyeron respectivamente la creación de manuales y contenidos específicos para instaladores de bombas de calor, en el primer caso, y perforadores para geotermia somera y diseñadores en el segundo caso. Por su parte, el proyecto QUALICERT trata de avanzar en esquemas de certificación para la cualificación de instaladores de sistemas de energías renovables. Tanto en GEOTRAINET, como en QUALICERT participan entidades españolas.

Amén de la organización de guías y contenidos, uno de los resultados más relevantes de los anteriores proyectos es la formación de comités europeos que garantizan la actualización, difusión y adecuada gestión del contenido formativo en los diferentes ámbitos, así como su interoperabilidad en los diferentes ámbitos nacionales. A tal efecto, existe ya en el caso de EU-CERT.HP y se está articulando en GEOTRAINET la creación de un grupo denominado “*European Training Committee*” cuyas funciones estarán apoyadas por entidades nacionales ‘tractoras’ denominadas “*National Training Committee*” o “Comité Nacional de Formación” encargadas de la misión formativa (y en su caso, la emisión de certificados).

Como primer paso hacia la adaptación de los perfiles profesionales a los requerimientos de la Directiva 2009/28/CE, se propone la creación de un “Comité Nacional de Formación” que se responsabilice de la misión formativa en los diferentes ámbitos de la geotermia y mantenga y coordine la representación del sector español de la geotermia en los ámbitos europeo y nacional, tal como se refleja en el esquema/organigrama siguiente:



Como primeras líneas de acción del Comité, habría de considerarse la implementación de los apartados 1.2 y 1.3 de las acciones estratégicas propuestas. Es decir, por un lado debe abordarse el establecimiento de un manual de competencias o estrategias de cualificaciones profesionales que incluya un listado los perfiles necesarios que requiere el sector y de los conocimientos, atribuciones, estrategias de acreditación, asociados a ellos. En este sentido, se considera que de forma general, han de tenerse en cuenta competencias dentro de las siguientes categorías o perfiles profesionales:

- **Sondeos y Perforación:** Lo que se llama sondista, cuya labor será perforar, entubar, colocar la sonda y realizar el posterior relleno y los mecanismos de control necesarios.
- **Obra Civil:** Apertura de zanjas, colocación de las tuberías y posterior relleno, así como los diferentes elementos de control necesarios, desde las cabezas de las sondas hasta la entrada del sala de máquinas.
- **Instalador y Mantenedor:** Desde la entrada al sala de máquinas con toda la instalación de la misma, hasta los elementos emisores, bien individuales (radiadores, fancoils, etc.) o por

superficie (suelos, techos, zócalos radiantes). En este campo no sólo se tratará de la instalación propiamente dicha sino también de todos los sistemas de control necesarios.

- **Proyectista:** Responsable de diseñar y proyectar toda la instalación, así como su mantenimiento.
- **Control de calidad:** Responsable del control de calidad de la ejecución de toda la instalación.

Por otra parte, habrá de acometerse la adaptación de los contenidos de las guías técnicas derivadas de los contenidos armonizados por los “*European Training Committee*”, definiendo de una forma concreta y eminentemente práctica los criterios actualizados en lo referente a la realización de proyectos geotérmicos.

Paralelamente a la creación del ‘Comité Nacional de Formación’ y al desarrollo de las líneas de actuación arriba comentadas, se propone ejecutar acciones formativas piloto en el campo de la cualificación profesional del perforista e instalador geotérmico trasladando las experiencias formativas del proyecto GEOTRAINET y otros proyectos europeos antes mencionados, y apoyándose en centros de formación con maquinaria e instalaciones adecuadas.

Esta línea permitiría ir asimilando la experiencia europea de dichos esquemas formativos (perforistas e instaladores) adaptándolo a las particularidades nacionales que se puedan detectar, estando siempre dentro del marco definido y bajo el control del futuro Comité Nacional de Formación.

Además dentro del esquema anterior de definición de perfiles profesionales y competencias necesarias asociadas, resulta importante tener en cuenta dos aspectos de gran relevancia:

- La necesidad de conseguir un reconocimiento de todos los actores y la posibilidad de utilizar dos vías complementarias: la primera es la realización de los trabajos de concreción de las cualificaciones con la participación intensiva de profesionales y empresas del sector geotérmico de reconocido prestigio y experiencia. La segunda vía es “oficializar” las propuestas en el Catálogo Nacional de Cualificaciones. Ambas vías son necesarias y perfectamente compatibles, para ello el INCUAL (Instituto Nacional de Cualificaciones) y el Grupo de Energía y Agua que ha realizado trabajos similares para otros sectores de las renovables en los últimos años pueden ser los cauces a explorar.
- El segundo aspecto, asociado a la formación y acreditación de profesionales en el ámbito de la energía geotérmica, es la necesidad de resolver el problema de introducir mecanismos de reconocimiento de la competencia profesional adquirida por la experiencia. En este sentido, el Real Decreto 1224/2009, de evaluación y reconocimiento de competencia profesionales adquiridas por la experiencia, cuyo ámbito corresponde a la formación profesional, es una posibilidad real para acreditar y reconocer oficialmente las cualificaciones de perforadores, instaladores y técnicos de mantenimiento con experiencia acreditada en instalaciones geotérmicas.

Por último, cabe citar que es igualmente interesante que la formación específica en el sector de la geotermia se complemente también en dos sectores básicos como son la ‘Prevención de Riesgos Laborales’, y las ‘Técnicas Medioambientales’, sobre todo en la gestión de residuos.

2. INCORPORACIÓN DE LA GEOTERMIA AL SISTEMA DE TITULACIONES UNIVERSITARIO.

- 2.1. Impartición de clases en titulaciones actualmente existentes de máster y estudios posdoctorales en las Universidades.
- 2.2. Creación de una o varias titulaciones de grado o máster específicas.
- 2.3. Máster europeo en geotermia.

Líneas de acción estratégicas.

Actualmente el sistema universitario está cambiando para adecuarse al Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) pero ya se intuyen titulaciones en las que sería fundamental incluir contenidos de geotermia, como pueden ser ciertas ingenierías como “Ingeniería de la Energía”, “Ingeniería de Minas”, “Ingeniería Industrial” o “Ingeniería de Caminos”, y titulaciones de ciencias como “Geología” o “Física”. Dependiendo de las especialidades y orientaciones de dichas titulaciones deberá hacerse distinción entre Geotermia Profunda y Geotermia Somera. Se considera en este sentido que la mejor manera de obtener este objetivo es a través de programas de investigación en materia de geotermia que permita la eclosión de grupos de investigación especializados en nuestras Universidades.

En paralelo, existen otra serie de mecanismos para potenciar los grupos de investigación que trabajan en el ámbito de la geotermia como son:

- Becas temáticas o especializadas para alumnos.
- Potenciación de las redes de intercambio de profesores con objeto de colaborar en investigación (marcadamente pluridisciplinar) en el caso de la geotermia.
- Apoyo a movilidad internacional para intercambio de experiencias con otros países, muy específicamente en el sector de la alta entalpía.
- Redes – en especial con países latinoamericanos con contrastado potencial en alta entalpía, como México, etc. - para intercambio de experiencias académicas en el ámbito de la exploración de recursos.

Un importante reto a alcanzar en 2020 sería un Máster Europeo en Geotermia, en el que participasen especialistas internacionales del sector y universidades de todo el Espacio Europeo. Para alcanzar este objetivo se debería diseñar un Posgrado interuniversitario a nivel nacional con la participación de varias escuelas a través de departamentos afines como Geología, Minas, Industriales o Caminos. Sería interesante que dicho Posgrado tuviera contenidos comunes pero se dividiese en las especialidades de Geotermia Profunda y Geotermia Somera.

(disposición adicional novena del Real Decreto 1538/2006, de 15 de diciembre, por el que se establece la nueva ordenación de la Formación Profesional en el sistema educativo). Esta herramienta sería, salvando las diferencias, análoga a los másteres que complementan los grados, pero en las enseñanzas profesionales. Por ejemplo, un técnico superior de formación profesional en energías renovables podría realizar un curso de especialización de 400 horas relacionado con las instalaciones geotérmicas.

3. INCORPORACIÓN DE LA GEOTERMIA AL SISTEMA DE TITULACIONES DE FORMACIÓN PROFESIONAL.

- 3.1. Definir las titulaciones de formación profesional más afines con el trabajo de desarrollo de proyectos, perforación, montaje y mantenimiento de instalaciones geotérmicas e incluir contenidos y conocimientos complementarios de referencia.
- 3.2. Diseñar e implantar un curso de especialización posgrado para técnicos superiores de formación profesional que estén interesados en desarrollar su carrera profesional en el ámbito de la geotermia.

Líneas de acción estratégicas.

Tal como se ha comentado anteriormente en este documento, en estos momentos, derivados del Sistema Nacional de Cualificaciones, podemos encontrar algunos ciclos formativos que permiten obtener títulos relacionados con las instalaciones térmicas y las industrias extractivas y que se consideran adecuados para complementar con formación geotérmica específica.

Por otro lado, las enseñanzas de formación profesional disponen de un recurso que todavía no se ha desarrollado reglamentariamente, aunque existen y algunas iniciativas en algunas Comunidades Autónomas, que consisten en la realización de cursos de especialización posterior a las enseñanzas oficiales de formación profesional

4. POTENCIACIÓN Y DIFUSIÓN DE LA GEOTERMIA EN ÁMBITOS ESCOLARES, PRE-UNIVERSITARIOS Y CONSUMIDORES.

- 4.1. Difusión del sector de la geotermia mediante la creación de cursos, jornadas, etc. de carácter monográfico para atraer el interés de los distintos sectores individualmente. Se ha de separar especialmente la difusión destinada al ámbito universitario de la destinada a las asociaciones profesionales.
- 4.2. Elaboración de material escolar de modo que se divulgue desde las etapas primeras de la formación lo que es la energía geotérmica, sus beneficios y posibilidades y de algún modo se fomente el interés y la atracción de futuros profesionales.

LÍNEA DE ACTUACIÓN:

ADAPTACIÓN DE LOS PERFILES PROFESIONALES A LOS REQUERIMIENTOS DEL SECTOR DE LA GEOTERMIA (DIRECTIVA 2009/28/CE)

	RETOS, PROBLEMAS A RESOLVER	IMPACTO EN EL DESARROLLO DE LA GEOTERMIA	CAPACIDAD PARA DESARROLLAR LA ACTUACIÓN	PRIORIDAD	AGENTES RESPONSABLES DE LA ACCIÓN	COSTES ESTIMADOS	
1.1	Creación de una estructura estable para la transferencia de experiencia internacional en este campo.	Coordinación.	Asegurar un desarrollo armónico con otros países de la Unión Europea.	Existen precedentes en Europa.	Muy Alta	Plataforma Tecnológica, asociaciones, empresas y organismos públicos.	300.000 €
1.2	Establecimiento de un manual de competencias o estrategias de cualificaciones profesionales.	Coordinación de los agentes implicados.	Sentar la base de los conocimientos importantes que deben darse en el sector.	Existe material suficiente y personal capacitado.	Alta	Centros de formación, empresa, asociaciones y órganos administrativos competentes.	100.000 €
1.3	Adaptación de Guías Técnicas y Buenas Prácticas.	Coordinación de los agentes implicados. Posibles problemas relacionados con la confidencialidad y reticencia de empresas a proporcionarla.	Armonizar las buenas prácticas en el sector empresarial.	Existen trabajos paralelos en curso actualmente.	Media - Alta	Empresas, asociaciones y centros de formación.	200.000 €
1.4	Acciones formativas piloto para perforistas e instaladores geotérmicos siguiendo el modelo de proyectos europeos precedentes.		Ampliar la base de profesionales cualificados.	Existen precedentes y material formativo suficiente.	Media - Alta	Centros de formación con medios y personal capacitado.	500.000 €

LÍNEA DE ACTUACIÓN:

INCORPORACIÓN DE LA GEOTERMIA AL SISTEMA DE TITULACIONES UNIVERSITARIO

	RETOS, PROBLEMAS A RESOLVER	IMPACTO EN EL DESARROLLO DE LA GEOTERMIA	CAPACIDAD PARA DESARROLLAR LA ACTUACIÓN	PRIORIDAD	AGENTES RESPONSABLES DE LA ACCIÓN	COSTES ESTIMADOS
2.1	<p>Impartición de clases en titulaciones actualmente existentes de máster y estudios postdoctorales en las Universidades.</p> <p>Encontrar la demanda del alumnado.</p> <p>Coordinación de Universidades con perfiles muy heterogéneos.</p>	<p>Impacto a medio plazo en el desarrollo tecnológico del sector. Aumento de la capacidad tecnológica.</p>	<p>Capacidad suficiente del sistema universitario.</p>	Media	Universidades, empresas.	200.000 €
2.2	<p>Creación de una o varias titulaciones de grado o máster o específicas.</p> <p>Encontrar la demanda del alumnado.</p> <p>Coordinación de Universidades con perfiles muy heterogéneos.</p>	<p>Aumento de la capacidad tecnológica a medio plazo.</p>	<p>Sistema universitario preparado y capacitado para asumir esta formación.</p>	Media	Universidades, empresas.	500.000 €
2.3	<p>Máster europeo en geotermia.</p> <p>Encontrar la demanda del alumnado.</p> <p>Dificultad para la coordinación de universidades de distintos países.</p>	<p>Desarrollo a la par de otros países europeos.</p>	<p>Existen precedentes.</p>	Media	Universidades y empresas de otros países.	500.000 €

LÍNEA DE ACTUACIÓN:

INCORPORACIÓN DE LA GEOTERMIA AL SISTEMA DE TITULACIONES DE FP

	RETOS, PROBLEMAS A RESOLVER	IMPACTO EN EL DESARROLLO DE LA GEOTERMIA	CAPACIDAD PARA DESARROLLAR LA ACTUACIÓN	PRIORIDAD	AGENTES RESPONSABLES DE LA ACCIÓN	COSTES ESTIMADOS
3.1	<p>Definir las titulaciones de formación profesional más afines.</p> <p>Seleccionar los títulos de formación profesional oficial que guardan más relación con la geotermia somera.</p> <p>Adaptación de los viejos títulos de FP en títulos nuevos de acuerdo al espacio europeo.</p> <p>Aprovechar adecuadamente las competencias de las CC.AA. en cuestiones relacionadas con los contenidos de los títulos.</p>	<p>Mayor garantía en la calidad de la instalación y mantenimiento de muchos equipos.</p>	<p>En estos momentos se dispone de un grupo de expertos nacional, que habría que ampliar con expertos del mundo de las instalaciones geotérmicas que trabaja en la definición de cualificaciones dentro del INCUAL (Instituto Nacional de Cualificaciones).</p>	Alta	<p>Ministerio de Educación y Consejerías autonómicas.</p> <p>Centros de FP como responsables en la impartición de la formación.</p> <p>Las empresas y los expertos que trabajan en ellas deben participar en el diseño y adaptación de las titulaciones.</p>	100.000 €
3.2	<p>Diseñar e implantar un curso de especialización postgrado para técnicos superiores de formación profesional.</p> <p>Escasez de referentes nacionales o internacionales. Necesidad de diseñar instrumentos innovadores para ajustar adecuadamente el nivel y especialización de la formación a los requisitos de los técnicos de FP.</p>	<p>Mayor garantía en la calidad de la instalación y mantenimiento de los equipos.</p>	<p>Las normas actuales de la formación profesional hablan de cursos de especialización pero no se ha desarrollado suficientemente. Otra alternativa consiste en desarrollar este tipo de curso desde una o más CC.AA. dispuestas a preparar profesionales en este campo.</p>	Media - Alta	<p>Las CC.AA. o, en su caso, el Ministerio de Educación, podrían abordar este tema. En todo caso, sería necesaria la creación de un grupo de trabajo configurado por expertos tecnológicos, formativos y, de cara a su implementación en determinados centros, responsables institucionales (estos últimos quizás en una segunda fase).</p>	300.000 €

LÍNEA DE ACTUACIÓN:

POTENCIACIÓN Y DIFUSIÓN DE LA GEOTERMIA EN ÁMBITOS ESCOLARES, PRE-UNIVERSITARIOS Y CONSUMIDORES

	RETOS, PROBLEMAS A RESOLVER	IMPACTO EN EL DESARROLLO DE LA GEOTERMIA	CAPACIDAD PARA DESARROLLAR LA ACTUACIÓN	PRIORIDAD	AGENTES RESPONSABLES DE LA ACCIÓN	COSTES ESTIMADOS
4.1	<p>Creación de cursos, jornadas, etc. de carácter monográfico.</p> <p>Coordinación de los agentes ejecutores y atracción de audiencia.</p>	<p>A largo plazo: Conocimiento público de la tecnología y sus oportunidades.</p>	<p>Existencia de material formativo suficiente y personal capacitado.</p>	Media-Baja	<p>Empresas, asociaciones, centros formativos.</p>	200.000 €
4.2	<p>Elaboración de material escolar.</p> <p>Coordinación de los agentes ejecutores.</p>	<p>A largo plazo: Conocimiento público de la tecnología y sus oportunidades.</p>	<p>Existencia de material formativo suficiente y personal capacitado.</p>	Media-Baja	<p>Empresas, asociaciones, centros formativos.</p>	200.000 €

FORMACIÓN

LÍNEA DE ACTUACIÓN	2011	2012	2013	2014	2015
Adaptación de perfiles profesionales a los requerimientos del sector de la geotermia					
Creación de una estructura estable para la transferencia de experiencia internacional en este campo	x	x			
Establecimiento de un manual de competencias o estrategias de cualificaciones profesionales	x	x			
Adaptación de Guías Técnicas y Buenas Prácticas a la realidad de nuestro país	x	x	x		
Acciones formativas piloto para perforistas e instaladores geotérmicos siguiendo el modelo de proyectos europeos precedentes	x	x			
Inclusión de contenidos de geotermia en titulaciones universitarias, ciclos FP y postgrado					
Impartición de clases en titulaciones actualmente existentes de máster y estudios postdoctorales en las Universidades			x	x	
Creación de una o varias titulaciones de grado o máster específicas			x	x	
Máster europeo en geotermia		x	x	x	
Incorporación de la geotermia al sistema de titulaciones de FP					
Definir las titulaciones de formación profesional más afines		x	x		
Diseñar e implantar un curso de especialización postgrado para técnicos superiores de formación profesional		x	x		
Potenciación y difusión de la geotermia en ámbitos escolares y preuniversitarios					
Creación de cursos, jornadas, etc. de carácter monográfico				x	x
Elaboración de material escolar				x	x

MARCO REGULATORIO:

El marco que regula el sector de la geotermia tiene una importancia capital en el desarrollo del mismo, al ser determinante la presencia o ausencia de políticas y actuaciones concretas en dicho marco regulatorio para el desarrollo del sector.

Desde el Grupo de Trabajo de Marco Regulatorio de GEOPLAT pueden recomendarse las medidas/acciones que favorezcan los regímenes jurídico y económico que conforman el marco regulatorio de la geotermia y comprendan las normas necesarias para conseguir que se desarrolle con éxito de forma que experimente un crecimiento sólido y bien estructurado. Para ello deben abordarse las siguientes áreas estratégicas:

- **Análisis de la legislación vigente** relacionada con el ámbito de la geotermia, así como de los sistemas y procesos geotérmicos con objeto de alcanzar el suficiente conocimiento sobre los mismos que permita que su regulación sea adecuada e incluya sus especificaciones.
- **Propuesta de enmiendas necesarias** para impulsar la obtención del recurso, su producción y utilización.

1. ANÁLISIS DE LA LEGISLACIÓN VIGENTE.

1.1. Marco regulatorio.

La geotermia es una energía cuya regulación está repartida entre distintas administraciones de distinto ámbito (nacional, autonómico y europeo), por lo que su aplicación resulta problemática en la mayoría de los casos.

El marco normativo de la geotermia profunda/alta entalpía es:

- **Normativa minera:** Ley de Minas (1973), Reglamento para el Régimen de la Minería (1978), en los que se adjudican los permisos de explotación y de exploración, así como la concesión de explotación. Reglamento de Normas Básicas de Seguridad Minera (1985).
- **Normativa ambiental:** a nivel estatal, se contempla el Real Decreto Legislativo 1/2008,

por el que se aprueba el texto de la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental de proyectos; y a nivel autonómico existe diversa legislación específica en cada Comunidad Autónoma.

- **Normativa de Industria:** procedimiento para la autorización de instalaciones eléctricas (Real Decreto. 1955/2000, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones eléctricas). Regula la autorización administrativa, la aprobación del proyecto de ejecución y la autorización de explotación.

El marco normativo de la geotermia somera/baja entalpía es:

- **Normativa minera.** Ley de Minas (1973) y Reglamento de Normas Básicas de Seguridad Minera (1985).
- **Normativa de aguas:** La Ley de Aguas y el Reglamento del Dominio Público Hidráulico regulan las concesiones para extracción de agua y para vertido (retorno al acuífero).
- **Normativa ambiental.**
- **Normativa de industria:** la instalación térmica o de agua caliente sanitaria (ACS) deberá ser registrada siguiendo los mismos procedimientos que cualquier instalación de este tipo que utilice una fuente de energía convencional.
- **Código Técnico de la Edificación (CTE)** y

Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE):

- El **Código Técnico de la Edificación (CTE)** es el marco normativo que establece las exigencias que deben cumplir los edificios en relación con los requisitos básicos de seguridad y habitabilidad establecidos en la Ley 38/1999 de 5 de noviembre, de Ordenación de Ordenación de la Edificación (LOE).
- El **Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE)**, aprobado por el Consejo de Ministros el 20 de julio de 2007, establece las condiciones que deben cumplir las instalaciones destinadas a atender la demanda de bienestar térmico e higiene a través de las instalaciones de calefacción, climatización y agua caliente sanitaria, para conseguir un uso racional de la energía. Este Real Decreto tiene el carácter de reglamentación básica del Estado, aunque las Comunidades Autónomas podrán introducir requisitos adicionales sobre las mismas materias cuando se trate de instalaciones radicadas en su territorio.

Ambas reglamentaciones (tanto CTE como RITE) hacen referencia a aspectos generales que afectan a las instalaciones térmicas en la edificación y a la aplicación de energías renovables en ellas, pero no recogen por el momento, de forma explícita, una regulación ni una mención específica a las tecnologías geotérmicas. Ambas regulaciones están ampliamente influidas por la Directiva Europea 2002/91/CE, relativa a la eficiencia energética de los edificios, que recientemente ha sido revisada, lo que ha conllevado la publicación de la Directiva Europea 2010/31/UE. La transposición de esta última o, en su defecto, las modificaciones del CTE y RITE necesarias para que España se adapte a esta nueva regulación, es una gran oportunidad para incluir otras fuentes de energía renovables en ambas (actualmente, solamente contemplan la solar).

Además de todas las anteriores, deberían tenerse en consideración el Plan de Energías Renovables,

que será publicado en 2011, y el proyecto de Ley de Eficiencia Energética y Energías Renovables. Tanto el plan, como la futura ley, serán el eje fundamental de la política española en materia de energías renovables en los próximos años (previsiblemente hasta el año 2020), por lo que se debe asegurar un correcto tratamiento de la geotermia por parte de ambas.

Se indican a continuación las siguientes acciones concretas en las que se ha de basar el análisis normativo de la legislación vigente señalada en estos puntos:

- Estudio de los distintos marcos regulatorios que afectan al sector (y sus subsectores) para indicar una correcta unificación y homogeneización de los mismos para las distintas Comunidades Autónomas (en adelante CC.AA.), de acuerdo a las directrices dadas por la Unión Europea.
- Estudio de las distintas políticas de apoyo a la energía geotérmica existentes en los distintos países. Análisis de los impactos que estas medidas de apoyo han tenido sobre la evolución y crecimiento del sector en los distintos países analizados.
- Análisis de impacto ambiental de los distintos sistemas geotérmicos con objeto de parametrizar dichos sistemas, y propuesta de un método de evaluación de impacto ambiental para ellos, con objeto de mejorar los trámites de Evaluación de Impacto Ambiental que afectan al sector.
- Análisis de posibles ámbitos de interferencia con otros sectores, en especial la interferencia entre el recurso geotérmico regulado por la sección D de la Ley de Minas con otros recursos contemplados igualmente en dicha Ley, así como en otras normativas. Estudio de las posibilidades regulatorias que darían solución a las restricciones de uso del terreno impuesta por la existencia de distintos recursos en una misma localización, así como a las posibles situaciones de especulación relativas al recurso geotérmico.
- Estudios de viabilidad de implantación de redes de climatización de distrito en España con

objeto de valorar dónde y bajo qué condiciones estas redes se podrían implantar.

- Estudios para la validación de unos criterios claros que permitan comparar diferentes proyectos y alternativas, no sólo geotérmicas sino de otras fuentes. Este aspecto se considera imprescindible para que se pueda desarrollar la actividad geotérmica y deberá ser abordado para cada tipo de yacimiento en función de sus singularidades.

1.2. Marco retributivo / subvenciones.

El encuadre económico de la geotermia profunda viene dado en el Real Decreto 661/2007 por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de energías renovables y tecnologías de cogeneración, y se establece el régimen económico y jurídico al que pueden acogerse dichas este tipo de instalaciones. Esta regulación establece para la energía geotérmica una tarifa fija por kilovatio-hora (kWh) generado de 7,2892 c€. En el mismo decreto se establece el derecho a la percepción de una retribución específica para cada instalación durante los primeros 15 años de su puesta en servicio.

La geotermia somera cuenta con ayudas a la instalación por parte de todas las CC.AA. gracias a los acuerdos de éstas con IDAE. En adición a estas ayudas algunas CC.AA. también financian las instalaciones llevadas a cabo en las mismas. La cuantía y ámbito de estas ayudas se publica anualmente, y difiere en cada una de las CC.AA. que las ejecutan.

De acuerdo a esto, se proponen las siguientes acciones:

- Estudio de los distintos marcos retributivos a la generación de energía eléctrica a partir de energía geotérmica, existentes en los distintos países. Análisis de los impactos que han tenido estos marcos retributivos de apoyo sobre la evolución y crecimiento del sector en los distintos países analizados.
- Estudio de los distintos marcos de apoyo (tipo subvención) que afectan al sector (y sus subsectores) para indicar una correcta unificación y homogeneización de los mismos

para las distintas CC.AA.

- Estudio de esquemas de financiación de proyectos de instalaciones geotérmicas (redes de distrito o instalaciones individuales) en la edificación basados en la repercusión parcial de los costes de los mismos en el precio de la vivienda, de cara a la adaptación de un esquema a los condicionantes y peculiaridades de nuestro país.
- Estudio de la viabilidad de un sistema retributivo a la generación de energía térmica, asimilable al existente para la producción de energía eléctrica.
- Estudios para la homogeneización de criterios en cuanto a la cuantificación de los datos de producción y costes de las instalaciones de aprovechamiento geotérmico, que permitirán ofrecer una mayor confianza de los usuarios y la opinión pública en cuanto a la realidad de la tecnología. A este respecto se deberá estudiar el desarrollo de herramientas de gestión económica de yacimientos así como la definición de códigos de evaluación y cuantificación de recursos.

1.3. Certificación (normalización técnica) y sostenibilidad.

Actualmente en España no existe una normativa técnica específica en el ámbito de la geotermia. Sin embargo, el desarrollo de actividades de normalización y certificación contribuye a mejorar la calidad en las empresas, sus productos y servicios, a proteger el medio ambiente y a lograr el bienestar de la sociedad. Por ello, resulta fundamental contar con normas de este tipo que sustenten el desarrollo de la tecnología.

A día de hoy AENOR, junto con la participación abierta de todas las entidades y agentes implicados e interesados en los trabajos del correspondiente comité, está inmerso en el proceso de elaboración de una norma UNE relativa a sistemas de climatización con geotermia somera. No obstante, es necesario continuar trabajando en esa línea abarcando otros sub-sectores geotérmicos.

Así, se propone:

- Estudio de análisis de las posibilidades de normalización UNE de procedimientos de instalación, tecnología utilizada, etc., no normalizados.

Además, es importante tener en consideración aspectos relativos a la sostenibilidad de los aprovechamientos geotérmicos. Por ello, se propone:

- Realización de estudios de Análisis de Ciclo de Vida (ACV) en instalaciones geotérmicas.

1.4. Buenas prácticas.

Una de las amenazas más importantes detectadas para el desarrollo del sector geotérmico en un futuro inmediato, concretamente de aquel asociado a instalaciones someras, es la que provocaría un crecimiento incontrolado del mismo, con la aparición de instalaciones mal diseñadas y ejecutadas. Este problema, fruto de la inexperiencia y de la falta de cualificación adecuada, al no aprovechar y mostrar los importantes beneficios reales de la tecnología, podría ocasionar una serie de dudas o incertidumbres, una desconfianza en el consumidor, que actuaría en claro perjuicio del sector. Por ello, resulta vital, entre otras medidas, el hacer hincapié en los aspectos de las llamadas 'buenas prácticas' que aseguren un crecimiento sólido del sector.

En la actualidad son muy variados los ejemplos de documentación que recogen estas 'buenas prácticas' en otros países. En los países nórdicos existen asociaciones y normas para la realización de una correcta instalación, y los consumidores pueden acudir a organizaciones independientes para asesorarse. Asimismo, en Alemania por ejemplo se ha desarrollado la norma VDI 4640, que viene a realizar una exhaustiva revisión de recomendaciones para la instalación de diversos sistemas geotérmicos. La Asociación Internacional de Bombas de Calor Geotérmicas (IGSHPA) también dispone un conjunto detallado de estándares en este sentido. En España, existen intentos de elaborar textos similares, aunque su difusión y la exhaustividad de los contenidos quizá debieran buscar un mayor alcance.

Por ello, se propone:

- Análisis de la documentación existente y estudio de definición de las bases y contenidos esenciales que debieran constituir un código de buenas prácticas para el diseño e instalación de sistemas geotérmicos en España.

1.5. Registro de instalaciones y bases de datos.

España no dispone de un registro de instalaciones geotérmicas regulado hasta la fecha. Sin embargo, la creación de dicho registro permitiría conocer el conjunto de las instalaciones en operación así como sus características, y en consecuencia, la evolución del sector geotérmico en España del que no existen datos oficiales fiables que reflejen la realidad del mismo.

Recientemente se ha logrado que la voluntad de llevar a cabo esta tarea entre 2011 y 2012 quede reflejada en el Plan de Acción Nacional de Energías Renovables (PANER) remitido a la Comisión Europea en junio de 2010. No obstante, ha de plantearse un compromiso firme en relación a este trabajo; para lo cual se plantea lo siguiente:

- Análisis de las posibilidades existentes para desarrollar un sistema efectivo de registro de instalaciones geotérmicas en España y recomendación de las bases (estructura, contenidos a incluir, *software*, etc.) para dicho sistema.

2. PROPUESTA DE ENMIENDAS EN EL ÁMBITO LEGISLATIVO DEL SECTOR.

En base a los resultados obtenidos en los proyectos de investigación que puedan llevarse a cabo, no únicamente en el ámbito normativo sino sobre cualquier ámbito del sector de la geotermia, van a poder proponerse las medidas adecuadas a la regulación de los distintos aspectos comprendidos en la aplicación de las tecnologías geotérmicas.

Así pues, las acciones estratégicas que han de emprenderse en relación al marco regulatorio asociado a la geotermia en España, no han de limitarse al análisis y estudio de la legislación y documentación ya existente. El siguiente paso debe tomar como base dichos estudios para elaborar propuestas formales de los textos que se han citado anteriormente, así como medidas concretas que supongan el desarrollo de sistemas o procesos que sirvan de apoyo y complemento a esa normativa.

De acuerdo a esto, y siguiendo los puntos señalados en el apartado anterior se proponen las siguientes acciones:

2.1. Marco regulatorio.

- Elaborar recomendaciones para la creación de medidas de impulso tecnológico de la geotermia que podrían condensarse en un 'Documento de recomendaciones' concreto y detallado fruto de los correspondientes estudios normativos señalados en el apartado anterior.
- Asesorar a las administraciones en el desarrollo de un marco regulatorio adecuado a las necesidades del sector (RITE, CTE, Ley de Minas, etc.).
 - Propuesta de inclusión de aspectos específicos del campo de la geotermia somera en los códigos y reglamentos de la edificación (CTE y RITE).
 - Propuesta de inclusión de la geotermia en los planes de ordenación urbanísticos de los municipios.
 - Propuesta de adaptación y actualización de la Ley de Minas vigente.

- Propuesta de los instrumentos regulatorios necesarios para proveer al sector de la información geotérmica más exhaustiva posible de cara a reducir el riesgo de las inversiones e incentivar las mismas.
 - Instar a la Administración para que regule la obligatoriedad de que las empresas hagan pública la información útil derivada de la ejecución de proyectos geotérmicos una vez cumplido un periodo conveniente de confidencialidad.
- Desarrollo de un programa piloto que estudie los puntos críticos del actual sistema regulatorio en materia de geotermia y permita clarificarlos de cara a un mejor desarrollo del marco regulatorio correspondiente.

2.2. Marco retributivo/subvenciones.

Es una realidad que las retribuciones fijadas para la implantación de la energía geotérmica en España son aún muy pequeñas en comparación con los marcos de ayudas que existen en otros países de Europa y teniendo en cuenta las ventajas y el constatado potencial de esta fuente de energía en nuestro país.

La producción de electricidad como ya se ha señalado está regulada por el Real Decreto 661/2007 que otorga una tarifa en torno a los 7 c€/kWh, mientras que en varios países europeos donde la geotermia está experimentando una evolución muy positiva, las tarifas rondan los 20 c€/kWh, siendo algunas incluso superiores (como es el caso de la nueva tarifa portuguesa).

Por otro lado, España hace frente a un consumo energético del cual casi las 2/3 partes se deben a la demanda de energía térmica. Sin embargo, la contribución a la reducción en el consumo e importación de fuentes fósiles, y en la reducción de emisiones gaseosas nocivas que sería capaz de aportar la generación térmica renovable, no se encuentra incentivada con ningún mecanismo similar al definido por el Régimen Especial Eléctrico.

Es por todo esto, que las medidas concretas propuestas en este apartado son:

- Elaboración de una propuesta convenientemente justificada para la revisión de la retribución a la producción eléctrica a partir de fuentes geotérmicas de forma que se equiparen con los niveles europeos.
- Propuesta para la elaboración de un marco retributivo específico para la producción de energía térmica a partir de fuentes renovables, considerando como tales las incluidas en la Directiva 2009/28/CE, de 23 de abril de 2009, relativo al fomento de uso de la energía procedente de fuentes renovables.

2.3. Certificación (Normalización técnica) y Sostenibilidad.

- Elaboración de normas técnicas específicas relativas a las distintas tecnologías geotérmicas.

En relación a los aspectos de sostenibilidad, resulta muy importante destinar esfuerzos a la implementación del protocolo de Análisis de Ciclo de Vida (ACV) en las distintas tecnologías geotérmicas, de modo que estos posibiliten identificar las etapas clave, así como las menos relevantes, dentro de los procesos de evaluación de sostenibilidad de las mismas. Se propone:

- Elaboración de protocolos y procedimientos de Análisis de Ciclo de Vida (ACV) adaptados y particularizados a las instalaciones geotérmicas.

2.4. Buenas prácticas.

- Promover las buenas prácticas en el proceso de instalación de geotermia somera a través de la elaboración de un Código de Buenas Prácticas o Guía Técnica según el modelo de otros textos europeos adaptable a la mayor parte de las especificidades de España y realizar una difusión acorde del mismo.

2.5. Registro de instalaciones.

- Propuesta de un sistema y desarrollo del *software* necesario para implementar un registro de instalaciones geotérmicas en España.
- Creación de una aplicación o servicio dentro de las Comunidades Autónomas capaz de realizar una gestión integral de la información relevante para una instalación geotérmica de baja entalpía, desde el aporte de información inicial de utilidad para el proyecto relativa al recurso, características de la zona, etc. hasta el alta en el sistema de registro de instalaciones.

**LÍNEA DE ACTUACIÓN:
ANÁLISIS DE LA LEGISLACIÓN VIGENTE**

	RETOS, PROBLEMAS A RESOLVER	IMPACTO EN EL DESARROLLO DE LA GEOTERMIA	CAPACIDAD PARA DESARROLLAR LA ACTUACIÓN	PRIORIDAD	AGENTES RESPONSABLES DE LA ACCIÓN	COSTES ESTIMADOS
1.1 MARCO REGULATORIO						
1.1.1	Estudio de los distintos marcos regulatorios que afectan al sector para indicar una correcta unificación de ellos en las CC.AA.	Heterogeneidad normativa que dificulta el desarrollo de los proyectos e instalaciones.	Armonización regulatoria.	Personal capacitado para la realización de estos estudios.	Alta	100.000 €
1.1.2	Estudio de las políticas de apoyo a la geotermia en otros países.	Laboriosidad y dificultad de compilación y actualización.	Resolución de vacíos o problemáticas existentes en la regulación española del sector geotérmico.	Personal capacitado para la realización de estos estudios.	Alta	100.000 €
1.1.3	Análisis del impacto ambiental de los distintos sistemas geotérmicos.	No existencia de análisis de impacto ambiental estandarizado para las instalaciones geotérmicas.	Creación de protocolo para unificar criterios en análisis de impacto ambiental de los proyectos geotérmicos.	Personal capacitado para la realización de estos estudios.	Media-alta	200.000 – 300.000 €
1.1.4	Análisis de posibles ámbitos de interferencia con otros sectores.	Coordinación de los distintos sectores implicados.	Conveniente desarrollo del sector geotérmico en armonía con los sectores con los que interacciona.	Personal capacitado para la realización de estos estudios.	Media	100.000 €
1.1.5	Estudios de viabilidad de implantación de redes de climatización de distrito en España.	Ausencia de casos prácticos de redes de climatización existentes en España.	Favorecer la implantación de redes de climatización de distrito geotérmicas en España.	Personal capacitado para la realización de estos estudios.	Alta	50.000 €
1.1.6	Estudios para la validación de unos criterios que permitan comparar diferentes proyectos.	Definición de los criterios óptimos para el sector.	Capacidad de cotejar los proyectos para permitir el avance del sector de acuerdo a unos estándares comunes.	Personal capacitado para la realización de estos estudios.	Media-alta	100.000 €

LÍNEA DE ACTUACIÓN:
ANÁLISIS DE LA LEGISLACIÓN VIGENTE

	RETOS, PROBLEMAS A RESOLVER	IMPACTO EN EL DESARROLLO DE LA GEOTERMIA	CAPACIDAD PARA DESARROLLAR LA ACTUACIÓN	PRIORIDAD	AGENTES RESPONSABLES DE LA ACCIÓN	COSTES ESTIMADOS
1.2 MARCO RETRIBUTIVO / SUBVENCIONES						
1.2.1	Estudio y análisis de impactos de los marcos retributivos para generación eléctrica a partir de geotermia en otros países.	Laboriosidad y dificultad de compilación y actualización.	Identificación de los marcos de apoyo económicos más favorables para el desarrollo de la generación eléctrica a partir de geotermia.	Personal capacitado para la realización de estos estudios.	Media-alta	Entre 250.000 y 300.000 € para todos los estudios referidos a marco retributivo (en torno a 50.000 – 60.000 € por proyecto).
1.2.2	Estudios de los marcos retributivos que afectan al sector para indicar una adecuada homogeneización de los mismos en las CC.AA.	Heterogeneidad retributiva.	Armonización retributiva.	Personal capacitado para la realización de estos estudios.	Alta	
1.2.3	Estudio de esquemas de financiación de proyectos de instalaciones geotérmicas en la edificación.	Ausencia de precedentes.	Integración de los costes de las instalaciones geotérmicas en el coste total de la edificación en la que se instalan.	Personal capacitado para la realización de estos estudios. Experiencias existentes en otros países del entorno de España.	Alta	
1.2.4	Estudio de viabilidad de un sistema retributivo a la generación de energía térmica.	Ausencia de precedentes.	Favorecer las condiciones de ejecución de instalaciones térmicas.	Personal capacitado para la realización de estos estudios.	Media	
1.2.5	Estudio del desarrollo de herramientas de gestión económica de yacimientos así como la definición de códigos de evaluación y cuantificación de recursos.	Falta de datos económicos de proyectos en España que sirvan como referente. Ausencia de datos públicos de evaluación y cuantificación de los recursos geotérmicos.	Facilitar la disponibilidad de datos útiles (técnico-económicos) para el desarrollo de los sucesivos proyectos en España.	Personal capacitado para la realización de estos estudios.	Alta	

**LÍNEA DE ACTUACIÓN:
ANÁLISIS DE LA LEGISLACIÓN VIGENTE**

	RETOS, PROBLEMAS A RESOLVER	IMPACTO EN EL DESARROLLO DE LA GEOTERMIA	CAPACIDAD PARA DESARROLLAR LA ACTUACIÓN	PRIORIDAD	AGENTES RESPONSABLES DE LA ACCIÓN	COSTES ESTIMADOS	
1.3 CERTIFICACIÓN (NORMALIZACIÓN TÉCNICA) Y SOSTENIBILIDAD							
1.3.1	Estudio de posibilidades de normalización UNE de procedimientos de instalación, tecnologías, etc. no normalizados.	Casística española. Coordinación de los agentes involucrados.	Poder disponer de normas estandarizadas para la ejecución de las instalaciones geotérmicas. Impedir el desarrollo de malas prácticas y técnicas inadecuadas.	Personal capacitado para la realización de estos estudios.	Muy alta	Plataforma Tecnológica, asociaciones, universidades, centros tecnológicos, empresas, consultoras.	150.000-200.000 €
1.3.2	Realización de estudios de Análisis de Ciclo de Vida (ACV) en instalaciones geotérmicas.	Ausencia de ACV de instalaciones geotérmicas.	Creación de un protocolo de ACV específico para las instalaciones geotérmicas.	Personal capacitado para la realización de estos estudios.	Media-alta		200.000 €
1.4 BUENAS PRÁCTICAS							
1.4.1	Análisis de la documentación existente y definición básica de contenidos de un código de buenas prácticas.	Consenso de los agentes involucrados.	Impedir el desarrollo de malas prácticas y técnicas inadecuadas que pudieran tener consecuencias negativas para el éxito del desarrollo del sector.	Personal capacitado para la realización de estos estudios. Existen códigos en otros países y en algunas CC.AA.	Alta	Plataforma Tecnológica, asociaciones, universidades, centros tecnológicos, empresas, consultoras.	50.000 €
1.5 REGISTRO DE INSTALACIONES							
1.5.1	Análisis de posibilidad de desarrollar un sistema efectivo de registro de instalaciones geotérmicas en España y definición de sus bases.	Dificultad para inventariar las instalaciones geotérmicas existentes en España. Dificultad de establecer un sistema óptimo y eficiente tanto para la Administración como para los promotores.	Conocimiento actualizado de la situación real del sector en términos de capacidad instalada.	Personal capacitado para la realización de estos estudios.	Muy alta	Plataforma Tecnológica, asociaciones, universidades, centros tecnológicos, empresas, consultoras.	100.000-200.000 €

LÍNEA DE ACTUACIÓN:

PROPUESTA DE ENMIENDAS EN EL ÁMBITO LEGISLATIVO

	RETOS, PROBLEMAS A RESOLVER	IMPACTO EN EL DESARROLLO DE LA GEOTERMIA	CAPACIDAD PARA DESARROLLAR LA ACTUACIÓN	PRIORIDAD	AGENTES RESPONSABLES DE LA ACCIÓN	COSTES ESTIMADOS
2.1 MARCO REGULATORIO						
2.1.1	Elaborar recomendaciones para la creación de medidas de impulso tecnológico de la geotermia.	Estas propuestas de enmiendas se derivan de la ejecución de los proyectos que se diseñen e implementen a partir de las actuaciones listadas anteriormente (Área estratégica 1: epígrafes desde 1.1.1 a 1.5.1). Sus impactos positivos para el sector geotérmico español vendrán de la mano de la comprensión y asunción de las mismas por los agentes con competencias para convertirlas en realidades para el sector.			Plataforma Tecnológica, Asociaciones, confederaciones, etc.	En esta segunda área estratégica no se contempla una estimación de costes asociada ya que se trata de medidas de 'propuesta de enmiendas' que no requieren este tipo de fondos de financiación.
2.1.2	Asesorar a las administraciones en el desarrollo de un marco regulatorio adecuado a las necesidades del sector (RITE, CTE, Ley de Minas, etc.).					
2.1.3	Propuesta de los instrumentos regulatorios necesarios para proveer al sector de la información geotérmica más exhaustiva posible.					
2.1.4	Desarrollo de un programa piloto que estudie los puntos críticos del actual sistema regulatorio en materia de geotermia.					
2.2 MARCO RETRIBUTIVO / SUBVENCIONES						
2.2.1	Propuesta para la revisión de la retribución para la generación eléctrica con geotermia.	Estas propuestas de enmiendas se derivan de la ejecución de los proyectos que se diseñen e implementen a partir de las actuaciones listadas anteriormente (Área estratégica 1: epígrafes desde 1.1.1 a 1.5.1). Sus impactos positivos para el sector geotérmico español vendrán de la mano de la comprensión y asunción de las mismas por los agentes con competencias para convertirlas en realidades para el sector.			Plataforma Tecnológica, Asociaciones, confederaciones, etc.	En esta segunda área estratégica no se contempla una estimación de costes asociada ya que se trata de medidas de 'propuesta de enmiendas' que no requieren este tipo de fondos de financiación.
2.2.2	Propuesta de elaboración de un sistema retributivo específico para producción de energía térmica.					

LÍNEA DE ACTUACIÓN:

PROPUESTA DE ENMIENDAS EN EL ÁMBITO LEGISLATIVO

	RETOS, PROBLEMAS A RESOLVER	IMPACTO EN EL DESARROLLO DE LA GEOTERMIA	CAPACIDAD PARA DESARROLLAR LA ACTUACIÓN	PRIORIDAD	AGENTES RESPONSABLES DE LA ACCIÓN	COSTES ESTIMADOS
2.3 CERTIFICACIÓN (NORMALIZACIÓN TÉCNICA) Y SOSTENIBILIDAD						
2.3.1	Elaboración de normas técnicas específicas relativas a las distintas tecnologías geotérmicas.	Estas propuestas de enmiendas se derivan de la ejecución de los proyectos que se diseñen e implementen a partir de las actuaciones listadas anteriormente (Área estratégica 1: epígrafes desde 1.1.1 a 1.5.1). Sus impactos positivos para el sector geotérmico español vendrán de la mano de la comprensión y asunción de las mismas por los agentes con competencias para convertirlas en realidades para el sector.			Plataforma Tecnológica, Asociaciones, confederaciones, etc.	En esta segunda área estratégica no se contempla una estimación de costes asociada ya que se trata de medidas de 'propuesta de enmiendas' que no requieren este tipo de fondos de financiación.
2.3.2	Elaboración de protocolos y procedimientos de Análisis de Ciclo de Vida (ACV) adaptados a las instalaciones geotérmicas.					
2.4 BUENAS PRÁCTICAS						
2.4.1	Elaboración de un Código de Buenas Prácticas.	Estas propuestas de enmiendas se derivan de la ejecución de los proyectos que se diseñen e implementen a partir de las actuaciones listadas anteriormente (Área estratégica 1: epígrafes desde 1.1.1 a 1.5.1). Sus impactos positivos para el sector geotérmico español vendrán de la mano de la comprensión y asunción de las mismas por los agentes con competencias para convertirlas en realidades para el sector.			Plataforma Tecnológica, Asociaciones, confederaciones, etc.	En esta segunda área estratégica no se contempla una estimación de costes asociada ya que se trata de medidas de 'propuesta de enmiendas' que no requieren este tipo de fondos de financiación.
2.5 REGISTRO DE INSTALACIONES						
2.5.1	Propuesta de un sistema de registro de instalaciones y desarrollo del software necesario.				Plataforma Tecnológica, Asociaciones, confederaciones, etc.	En esta segunda área estratégica no se contempla una estimación de costes asociada ya que se trata de medidas de 'propuesta de enmiendas' que no requieren este tipo de fondos de financiación.
2.5.2	Creación de un servicio de gestión integral de la información geotérmica en las CC.AA.					

MARCO REGULATORIO

LÍNEA DE ACTUACIÓN	2011	2012	2013	2014	2015
Análisis de la legislación vigente					
Marco regulatorio					
Estudio de los distintos marcos regulatorios que afectan al sector para indicar una correcta unificación de ellos en las CC.AA.			x	x	
Estudio de las políticas de apoyo a la geotermia en otros países			x	x	
Análisis del impacto ambiental de los distintos sistemas geotérmicos			x	x	
Análisis de posibles ámbitos de interferencia con otros sectores			x	x	
Estudios de viabilidad de implantación de redes de climatización de distrito en España			x	x	
Estudios para la validación de unos criterios que permitan comparar diferentes proyectos			x	x	
Marco retributivo / subvenciones					
Estudio y análisis de impactos de los marcos retributivos para generación eléctrica a partir de geotermia en otros países			x	x	
Estudios de los marcos retributivos que afectan al sector para indicar una adecuada homogeneización de los mismos en las CC.AA.			x	x	
Estudio de esquemas de financiación de proyectos de instalaciones geotérmicas en la edificación			x	x	
Estudio de viabilidad de un sistema retributivo a la generación de energía térmica			x	x	
Estudio del desarrollo de herramientas de gestión económica de yacimientos así como la definición de códigos de evaluación y cuantificación de recursos			x	x	
Certificación (Normalización técnica) y Sostenibilidad					
Estudio de posibilidades de normalización UNE de procedimientos de instalación, tecnologías, etc. no normalizados			x	x	
Realización de estudios de Análisis de Ciclo de Vida (ACV) en instalaciones geotérmicas			x	x	
Buenas prácticas					
Análisis de la documentación existente y definición básica de contenidos de un código de buenas prácticas			x	x	
Registro de instalaciones					
Análisis de posibilidad de desarrollar un sistema efectivo de registro de instalaciones geotérmicas en España y definición de sus bases			x	x	
Análisis de la legislación vigente					
Marco regulatorio					
Elaborar recomendaciones para la creación de medidas de impulso tecnológico de la geotermia			x	x	
Asesorar a las administraciones en el desarrollo de un marco regulatorio adecuado a las necesidades del sector (RITE, CTE, Ley de Minas, etc.)			x	x	
Propuesta de los instrumentos regulatorios necesarios para proveer al sector de la información geotérmica más exhaustiva posible			x	x	
Desarrollo de un programa piloto que estudie los puntos críticos del actual sistema regulatorio en materia de geotermia			x	x	
Marco retributivo / subvenciones					
Propuesta para la revisión de la retribución para la generación eléctrica con geotermia			x	x	
Propuesta de elaboración de un sistema retributivo específico para producción de energía térmica			x	x	
Certificación (Normalización técnica) y Sostenibilidad					
Elaboración de normas técnicas específicas relativas a las distintas tecnologías geotérmicas			x	x	
Elaboración de protocolos y procedimientos de Análisis de Ciclo de Vida (ACV) adaptados a las instalaciones geotérmicas			x	x	
Buenas prácticas					
Elaboración de un Código de Buenas Prácticas			x	x	
Registro de instalaciones					
Propuesta de un sistema de registro de instalaciones y desarrollo del software necesario			x	x	
Creación de un servicio de gestión integral de la información geotérmica en las CC.AA.			x	x	