

PROGRAMA 467F

INVESTIGACIÓN GEOLÓGICO-MINERA Y MEDIOAMBIENTAL

1. DESCRIPCIÓN Y FINES

La actividad del Instituto Geológico y Minero de España (IGME), perteneciente al Ministerio de Ciencia e Innovación, se enmarca en el programa presupuestario 467F “Investigación geológico-minera y medioambiental”.

Como centro nacional de generación de conocimiento, información e investigación en Ciencias de la Tierra y tecnologías conexas, el IGME tiene como misión proporcionar a la Administración del Estado o de las comunidades autónomas que lo soliciten, y a la sociedad en general, el conocimiento y la información precisa en relación con las ciencias y tecnologías de la tierra para cualquier actuación sobre el territorio.

Para el cumplimiento de este objetivo la actividad del IGME se agrupa en los ocho superproyectos técnicos siguientes:

- Cartografía geocientífica (Plan Cartográfico Nacional)
- Riesgos geológicos, procesos activos y cambio global.
- Hidrogeología y calidad ambiental.
- Geología del subsuelo y almacenamiento geológico de CO₂.
- Recursos minerales e impacto ambiental de la minería.
- Geodiversidad, patrimonio geológico-minero y cultura científica.
- Sistemas de información geocientífica.
- Infraestructura técnica.

2. ACTIVIDADES

2.1. Cartografía geocientífica

2.1.1. Objetivo

Esta línea contempla el reconocimiento y estudio de los materiales del territorio nacional como infraestructura necesaria para el conocimiento del territorio y de sus

recursos, desarrollando las cartografías incluidas en el PLAN CARTOGRAFICO NACIONAL: cartografía geológica, y geomorfológica del territorio continental (Planes MAGNA, GEODE, MAGE200, MAGE1000), cartografía geológica de los fondos marinos para el conocimiento de la ZEEE y su ampliación, cartografía de fallas activas y zonificación sísmica de España, cartografía geológica y de riesgos geológicos de zonas urbanas (Plan GeoUrban) y su tratamiento integrado en las bases de datos cartográficas institucionales y como apoyo infraestructural a la planificación de los usos del territorio.

2.1.2. Justificación

La ordenación del territorio, el aprovechamiento respetuoso con el medio ambiente de los recursos naturales incluyendo los recursos hídricos, la prevención de los riesgos geológicos y su mitigación, los estudios y evaluaciones de impacto ambiental, la ordenación del territorio o el uso sostenible del subsuelo, son actividades que demandan un conocimiento preciso del medio físico y, por tanto, del medio geológico, sin el cual muchos mecanismos, acciones y efectos quedarían inexplicados o serían ignorados. El IGME, como organismo dedicado desde hace siglo y medio al estudio de la geología española, puede cumplir perfectamente con el papel de organismo suministrador de conocimiento científico y técnico en el campo del medio físico no biótico y, a través del este superproyecto enmarcado en el Plan Cartográfico Nacional en todo lo relativo a los materiales geológicos.

En el exterior, el interés de los países en desarrollo por el reconocimiento de sus territorios y sus recursos, especialmente las materias primas minerales, posibilita la participación del Instituto en el suministro de conocimiento experto en este tipo de infraestructura geológica.

El ámbito territorial de este superproyecto abarca todo el territorio nacional y su zona económica exclusiva marítima, proporcionando información relevante para programas de ámbito nacional, como los planes directores de infraestructuras, o de ámbito regional, como los planes de ordenación y desarrollo de los entes territoriales autonómicos, provinciales y municipales.

2.1.3. Sublíneas de actividad

– La actualización del Mapa Geológico Nacional (MAGNA) a escalas 1:50.000 y 1:25.000. La actualización del MAGNA a escala 1:50.000 contempla la revisión y reelaboración de aquellas hojas cuya edición se encuentre agotada y su antigüedad sea superior a 30 años. Las nuevas hojas incorporan una mejora sustancial en la geología de formaciones recientes y superficiales, con la realización de los mapas geomorfológicos y de procesos activos, incorporando también información sobre la geología del subsuelo. Las

nuevas hojas a escala 1:25.000 se centrarán en la zona litoral peninsular e insular y en las que cuenten con cofinanciación de las CCAA.

- El Plan GEODE de cartografía geológica continua, cuya finalidad es completar un mapa geológico homogéneo y continuo de todo el territorio nacional en formato digital, de tal forma que se pueda suministrar al usuario sin limitaciones e incoherencias entre las diferentes hojas.

- La cartografía geológica de la plataforma continental, cuya finalidad consiste en la cartografía geológica del Margen Continental Español para la extensión de la plataforma continental de las Islas Canarias y Galicia, de conformidad con la Convención de Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar, así como la mejora del conocimiento de la Zona Económica Exclusiva Española (ZEEE) mediante convenio con el Ministerio de Defensa.

- La cartografía geomorfológica y de procesos activos, mediante la aplicación de los procedimientos y metodología desarrollada por el IGME para este tipo de cartografías. Estos mapas proporcionan una información organizada y precisa de las formas del terreno, de los depósitos superficiales y de los procesos geodinámicos que con ellas se relacionan.

- Cartografía geológica en otros países como Angola o Uganda. El IGME, asociado con empresas españolas y algunos organismos homólogos de otros países elabora planes de cartografía geológica y la cobertura geofísica aerotransportada de la zona del país asignada, así como estudios geológicos de diversa índole (petrológicos, geoquímicos, geocronológicos) y mineros de zonas preferentes. Estos proyectos contemplan también actividades de, formación y capacitación de técnicos, investigadores y directivos, así como la integración de todos los datos generados en el proyecto en un Sistema de Información Geográfica.

2.2. Riesgos geológicos, procesos activos y cambio global

2.2.1. Objetivo

Esta línea aborda la investigación, el análisis y la caracterización de los procesos y riesgos geológicos más notables en el territorio español, tanto en el área emergida, como en el litoral y en las áreas submarinas. Especial énfasis se hará en aquellos procesos que son susceptibles de desencadenar daños, como las avenidas e inundaciones, los terremotos, el vulcanismo, los tsunamis y los movimientos de ladera, entre otros de menor trascendencia socioeconómica. En relación con el cambio global, se llevarán a cabo estudios paleoclimáticos, basados en la interpretación de registros

sedimentarios y de la evolución de los ciclos del carbono, nitrógeno y azufre, así como estudios paleohidrológicos y prospectivos sobre los posibles impactos del cambio global en el ciclo del agua en general y de los recursos hídricos subterráneos y ecosistemas asociados en particular.

2.2.2. Justificación

Los desastres naturales, y en especial las avenidas e inundaciones, los movimientos del terreno por deslizamientos de ladera y/o subsidencia, los terremotos, los tsunamis, el volcanismo activo, la erosión de suelos y costas, etc., son procesos geológicos activos que se repiten una y otra vez provocando pérdidas humanas y económicas. El ritmo creciente del uso del suelo urbanizado y la cada vez más intensa actividad industrial están provocando un aumento considerable de la vulnerabilidad a los desastres naturales.

Mientras que los procesos geológicos que desencadenan, o que pueden desencadenar, desastres naturales son inevitables, la peligrosidad y riesgo de los mismos depende de la exposición y vulnerabilidad de los bienes y personas ante tales fenómenos naturales. Conocer tales procesos y prevenirlos es la mejor forma de paliar, reducir o mitigar sus efectos. El avance en el conocimiento científico de los procesos geológicos activos permite generar documentación básica de incalculable valor para una ordenación territorial sostenible y más segura frente a los desastres naturales.

Por otra parte, la investigación de los procesos que están condicionando el cambio global, concepto que engloba el anunciado cambio climático y las modificaciones ambientales consecuencia de la actividad antrópica, es un factor clave para la planificación y gestión a medio y largo plazo de los recursos naturales renovables (hídricos, agrícolas, edáficos, etc.), los ecosistemas naturales y la protección mediambiental. Para predecir con mayor precisión los efectos del cambio global es fundamental profundizar en el conocimiento científico del paleoclima reciente y de sus impactos en el medio natural. De este modo se podrán predecir con mayor precisión los escenarios de los efectos ambientales del cambio climático.

2.2.3. Sublíneas de actividad

- Peligrosidad geológica por procesos geológicos de origen endógeno:

Se agrupan en esta sublínea las investigaciones y estudios orientados a la prevención y mitigación de los riesgos geológicos derivados de la actividad sísmica y volcánica. En relación con la sismicidad se pretende alcanzar un mejor conocimiento de la distribución temporal y espacial de terremotos y tsunamis, así como de las magnitudes esperables y del comportamiento del terreno, mediante la identificación de fallas

potencialmente activas (fallas con actividad cuaternaria que potencialmente pueden producir terremotos), el estudio de los efectos de las fallas activas en la morfología de la superficie terrestre, la caracterización del potencial sísmico de las fallas activas a partir de parámetros geológicos como la geometría superficial, la cinemática, la tasa de deslizamiento y la edad de las deformaciones, así como el mejor conocimiento de los fenómenos naturales, susceptibles de producir daños inducidos por terremotos en el registro geológico (paleodeslizamientos, paleolicuefacciones y paleotsunamis).

En relación con la actividad volcánica se pretende realizar investigaciones y estudios que permitan caracterizar los diferentes tipos de manifestaciones volcánicas, de los efectos que provocan y de evaluar la peligrosidad de estos fenómenos naturales representándola en cartografías de utilidad para el establecimiento de planes de emergencia, protección civil y gestión del riesgo.

- Peligrosidad geológica por procesos geológicos de origen exógeno:

Se trata de profundizar en el conocimiento de los procesos naturales que desencadenan movimientos del terreno (deslizamientos de ladera, subsidencia, etc.), así como avenidas torrenciales e inundaciones, con objeto de mitigar sus efectos minimizando el riesgo. Se trata de identificar, caracterizar y mejorar los métodos y modelos para el análisis de la frecuencia, magnitud (severidad) y dimensión espacio-temporal de estos fenómenos, con especial hincapié en aquellos criterios y fuentes de datos de naturaleza geológico-geomorfológica, y su aplicación a la estimación de la peligrosidad-riesgo en áreas especialmente sensibles.

Investigación de procesos, causas y efectos del cambio global: Aborda esta sublínea los estudios científico-técnicos orientados a profundizar en el conocimiento de los efectos geológicos del cambio climático en tiempos geológicos recientes, con objeto de establecer escenarios de futuro más precisos en relación con la afección de la huella geomorfológica antrópica y del anunciado cambio climático a los recursos hídricos, la desertización, cambios en el nivel del mar, la erosión de suelos y costas, los eventos hidrometeorológicos extremos, etc. Se trata de identificar geoindicadores paleoclimáticos y de llevar a cabo investigaciones sobre análogos naturales que han actuado en el pasado como reguladores del clima a través de los llamados sumideros naturales de CO₂.

2.3. Hidrogeología y calidad ambiental

2.3.1. Objetivo

Esta línea trata de profundizar en el conocimiento científico relacionado con el ciclo del agua, tanto en lo relativo a la evaluación en cantidad de recursos hídricos

subterráneos disponibles para su uso y para el mantenimiento de los ecosistemas asociados, como en relación con su calidad natural y las presiones e impactos a que aquellas están sometidas. Especial hincapié se hará en la caracterización de las masas de agua subterránea del territorio español apoyándose en la modelización geológica y la determinación del comportamiento hidrogeológico, así como en la protección y rehabilitación de los sistemas hídricos subterráneos, en el sentido de lo establecido en la Directiva Marco del Agua. En función de la estrecha relación de la zona no saturada con el suelo, se incluye en esta línea de acción, como parte del ciclo de la calidad ambiental, la investigación, el estudio y caracterización de los suelos contaminados, el desarrollo de metodologías y técnicas de descontaminación, y la identificación de factores limitantes de aplicación, de acuerdo con el Plan Nacional de Recuperación de Suelos Contaminados.

2.3.2. Justificación

La inquietud social producida en los últimos años por la insuficiente disponibilidad de recursos hídricos, especialmente en épocas de sequía, excede el carácter coyuntural, precisando una planificación adecuada y rigurosa de un recurso cuyo incremento de disponibilidad exige fuertes inversiones económicas y conlleva efectos ambientales que deben ser evaluados.

Por otra parte, el progresivo deterioro de la calidad uso del agua a través de un mayor ajuste tanto de la oferta como de la demanda, incorporando recursos no convencionales como aguas residuales depuradas o aguas de mar y salobres desaladas, y estableciendo medidas que aproximen el precio del agua al coste real.

La mejora del conocimiento mediante la realización de un estudio global sobre aguas subterráneas constituye una herramienta básica de apoyo a la planificación hidrológica y a las diferentes planificaciones sectoriales: regadíos, ordenación del territorio, residuos sólidos urbanos, depuración de aguas, residuos peligrosos, recuperación de acuíferos contaminados, etc., así como un instrumento imprescindible para la gestión hídrica y medioambiental.

Dicho conocimiento se considera de gran utilidad como apoyo a la Administración Hídrica y Medioambiental para la plena integración de las aguas subterráneas en la planificación, gestión y uso sostenible de los recursos hídricos.

2.3.3. Sublíneas de actividad

– Investigación, caracterización y protección de los recursos hidrogeológicos: El objetivo principal de esta sublínea es prestar apoyo al proceso de planificación hidrológica en curso, desarrollando las prescripciones de la Directiva Marco del Agua en

materia de caracterización de todas las masas de agua subterránea Asimismo, es objetivo de la sublínea establecer medidas de protección de las masas de agua subterránea, en particular de aquellas que, en aplicación de lo dispuesto en la Directiva Marco, deban ser consideradas “zonas protegidas” (zonas vulnerables a la contaminación por nitratos, áreas de captación de agua potable para abastecimiento público, etc.). Las citadas actividades se inscriben en los compromisos suscritos por el IGME dentro de la relación de trabajo existentes con la Dirección General del Agua del Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico, así como con diversas comunidades autónomas y diputaciones provinciales.

– Uso sostenible de los recursos hidrogeológicos y calidad ambiental: Esta sublínea tiene por objetivo, por una parte, investigar las condiciones de sostenibilidad en la utilización de las masas de agua subterránea, en base a la definición de recursos disponibles de aguas subterráneas establecida en la Directiva Marco del Agua, teniendo en cuenta tanto la cuantía de la recarga natural de los acuíferos como las necesidades de los ecosistemas acuáticos y terrestres asociados a cada masa de agua subterránea. Por otra parte, se engloban en esta sublínea los estudios o informes encaminados a evaluar los posibles impactos sobre las aguas subterráneas de distintos tipos de actividades sometidas al procedimiento de autorización ambiental integrada o de declaración de impacto ambiental, así como la investigación y desarrollo de tecnologías para la evaluación y mitigación de las posibles afecciones a las aguas subterráneas por los usos del suelo (urbano, agrícola o industrial) y por la utilización del mismo como soporte de infraestructuras de comunicación y grandes obras públicas.

– Suelos contaminados y procesos en la zona no saturada: Se pretende con esta sublínea avanzar en la investigación de nuevos métodos que permitan la caracterización de los suelos contaminados por la actividad antrópica. Conocer el grado de contaminación del suelo y los elementos constitutivos de la misma permitirán profundizar en el desarrollo de tecnologías de remediación de esa contaminación. Además, se contempla la investigación de los procesos en la zona no saturada, especialmente la transferencia de fluidos y solutos, para su aplicación a la prevención de la contaminación de las aguas subterráneas.

– Investigación en humedales: funcionamiento e interacciones con el agua subterránea. En esta sublínea se aborda la investigación, el análisis y la evaluación de la cantidad y calidad del agua que interviene en los procesos (hidrológicos, hidrogeoquímicos, bioquímicos, isotópicos y ecológicos) y en los mecanismos (transferencia de agua, solutos y materia en suspensión) que caracterizan el funcionamiento de los humedales en el marco del ciclo hidrológico. Además, se pretende profundizar en el conocimiento del papel de las

aguas subterráneas en la génesis, evolución y procesos experimentados por las zonas húmedas, así como el desarrollo de herramientas, metodologías y técnicas para evaluar las interacciones agua superficiales-aguas subterráneas en el ámbito hidrodinámico propio de cada humedal en el contexto de sus condiciones actuales.

2.4. Geología del subsuelo y almacenamiento geológico de CO₂

2.4.1. Objetivo

Esta línea contempla profundizar en el conocimiento de la estructura y propiedades físicas del subsuelo del país, integrando la información multidisciplinar, geológica, geofísica, hidrogeológica, de sondeos, etc., incorporando las tecnologías más innovadoras en la investigación de Ciencias de la Tierra. El objetivo particular de esta línea de acción es determinar la localización espacial y la caracterización geométrica e hidráulica de las formaciones geológicas susceptibles de ser utilizadas como almacén de CO₂ para contribuir a la reducción de la concentración de gases de efecto invernadero, y de otras sustancias potencialmente nocivas para el medio ambiente, así como establecer el comportamiento del terreno como reservorio geológico respecto a la sustancia de que se trate, en aplicación de los anexos técnicos de la legislación vigente y a través de convenios con autoridades y otros centros o fundaciones de investigación.

2.4.2. Justificación

El Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) señala en sus informes de evaluación que el calentamiento global es inequívoco, con una certidumbre superior al noventa por ciento, y atribuye a la actividad humana la acumulación en la atmósfera de gases de efecto invernadero. Según los científicos del IPCC la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera es la más alta de los últimos 650.000 años y un 35 por ciento más alta que antes de la revolución industrial. Los estudios científicos señalan que si no se limitan las emisiones, la temperatura media global aumentará durante este siglo entre 1,8 y 4 grados centígrados. En este contexto, se producirá una disminución significativa de los recursos hídricos, el deshielo de gran parte de los glaciares y casquetes polares con la consiguiente subida del nivel del mar, pérdidas en la biodiversidad biológica y en los ecosistemas naturales, variaciones en el régimen de precipitaciones, aumento de los fenómenos meteorológicos adversos, etc.

La Unión Europea, para prevenir las consecuencias negativas debidas al calentamiento global, considera que la temperatura media global no debería incrementarse por encima de 2 grados centígrados con respecto a los niveles preindustriales. Para ello, la concentración de CO₂ en la atmósfera debería mantenerse muy por debajo de 450 partes

por millón (en la era preindustrial esta concentración era de 280 partes por millón). Es por esta razón por lo que la captura y almacenamiento geológico de CO₂ (CAC), en la medida en que puede contribuir a la reducción de la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera, es una alternativa para la mitigación del cambio climático contemplada en los informes de evaluación del IPCC.

Por otra parte, la regulación de la CAC ha sido objeto de una Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo y de su trasposición a la legislación española mediante la Ley 40/2010 de almacenamiento de dióxido de carbono, y está contemplada como una de las áreas de actuación de la “Estrategia Española de Cambio Climático y Energía Limpia. Horizonte 2007-2012-2020”, aprobada por el Consejo de Ministros del 2 de noviembre de 2007, en la que textualmente se dice que “España considera esta tecnología emergente como una opción válida de mitigación del cambio climático”.

2.4.3. Sublíneas de actividad

– Geología estructural y modelación geológica 3D: El conocimiento preciso de la naturaleza litológica y de la disposición y estructura de las rocas en el subsuelo debe complementarse con la I+D en modelación geométrica 3D cuyo objetivo es la caracterización georeferenciada de geometrías con significado geológico y geofísico, ya sean superficies o volúmenes litoestratigráficos y/o superficies de discontinuidad (fallas de cualquier tipo, cambios de facies, etc.)

– Modelación y simulación multifásica: El medio geológico profundo presenta una serie de condiciones intrínsecas que pueden ser susceptibles de muchos usos en función de sus parámetros litológicos, estructurales, físico-químicos, volumen, presión, temperatura, porosidad, permeabilidad, fluidos existentes etc. Se trata con esta sublínea de llevar a cabo un desarrollo tecnológico cuyo objetivo fundamental es llegar a un grado de conocimiento adecuado de cómo interaccionan entre sí dichos parámetros en el conjunto roca almacén-roca sello-fluidos (existentes y/o inyectados). Teniendo en cuenta que en los procesos de almacenamiento de fluidos en el subsuelo el tiempo es un factor a considerar, la modelación y simulación espacial debe hacerse en 4D siendo necesario tener en cuenta además la interacción entre factores primordiales, como son los térmicos, hidrodinámicos, mecánicos y geoquímicos.

– Investigación hidrogeológica de baja permeabilidad: El almacenamiento geológico profundo de cualquier tipo de residuo, y en concreto de CO₂, requiere de la existencia de una formación almacén y una confinante de baja permeabilidad que evite la migración y fugas de la sustancia almacenada, por lo que será necesario llevar a cabo investigaciones y estudios que permitan la caracterización del grado de estanqueidad de

la formación confinante. Esta caracterización deberá contemplar, al menos, la geometría, estratigrafía (especialmente litología y textura), el análisis estructural de discontinuidades y fracturas que afecten al medio físico, la caracterización hidráulica, y la integridad de la formación geológica confinante frente a las reacciones hidrogeoquímicas entre CO₂ disuelto y los minerales de la propia formación confinante.

2.5. Recursos minerales e impacto ambiental de la minería

2.5.1. Objetivo

Esta línea aborda el estudio e investigación del denominado ciclo de vida de los recursos minerales, desde el conocimiento de los procesos geológicos que condicionan su presencia, hasta la ordenación minero-ambiental, y la recuperación y restauración de los espacios mineros, con criterios de sostenibilidad y de interacción con el medio natural. Por consiguiente, incluye la modelización geológica de los procesos que dan lugar a yacimientos de minerales y rocas de interés económico y el estudio y la caracterización de los mismos, la cobertura geoquímica multielemental del territorio, la investigación mineralúrgica para el aprovechamiento de menas o recursos con gran potencial económico y los estudios orientados a la ordenación ambiental del sector minero con especial atención a la mitigación de los efectos de la minería en el medio natural.

2.5.2. Justificación

En el territorio nacional existen numerosos espacios degradados ambientalmente a causa del abandono de la actividad minera sin la puesta en práctica de medidas de restauración y corrección de impactos ambientales. En estos espacios no es posible la introducción de un uso del suelo alternativo debido a la fuerte degradación existente, presentándose en numerosos de ellos riesgos para personas y bienes originados por la profusión de huecos, taludes inestables, instalaciones ruinosas, escombreras inestables o invadiendo la red de drenaje superficial.

El importante valor de la oferta del Instituto a las administraciones, en general, proviene de su concepción y de la experiencia sobre una gran parte del medio físico en donde nos desenvolvemos. El conocimiento de su base geológica se complementa con su actuación experta en el análisis y aprovechamiento de los recursos naturales (agua, minerales, estructuras geológicas) y al mismo tiempo valora y propone soluciones a los efectos o peligros de la dinámica del medio natural. Estas actividades son habitualmente conveniadas y/o encomendadas por autoridades mineras y medioambientales, con objeto de optimizar el uso del territorio, adecuarlo a la legislación minera y ambiental y poner a disposición de la sociedad los avances en su conocimiento.

2.5.3. Sublíneas de actividad

– Investigación metalogenética y geoquímica: Es objetivo de esta sublínea investigar las condiciones y procesos geológicos que determinan el origen de los yacimientos a fin de establecer modelos genéticos susceptibles de aplicación a la exploración de materias primas minerales de interés económico incluyendo las de carácter energético.

– Investigación de recursos de rocas y minerales industriales: Su finalidad es el estudio de los procesos geológicos que condicionan las rocas y minerales desde el punto de vista de la industria que utiliza estos materiales como materias primas silíceas, como piedra natural y como áridos.

– Investigación de recursos geotérmicos e hidrominerales: Esta sublínea tiene por objetivo investigar y desarrollar técnicas para la evaluación de los recursos geotérmicos del territorio, así como de los recursos de aguas minerales y la definición de perímetros de protección de las mismas.

– Impacto ambiental, ordenación y restauración de la actividad minera: El objetivo de la sublínea es la realización de estudios y desarrollos metodológicos para la caracterización y remediación de los terrenos alterados y contaminados por la actividad minera u otros usos, así como los impactos directos ocasionados por actividades extractivas tanto de minerales no energéticos como de hidrocarburos.

2.6. Geodiversidad, patrimonio geológico-minero y cultura científica

2.6.1. Objetivo

En esta línea se contemplan los estudios destinados a definir y caracterizar la geodiversidad del territorio español a inventariar, estudiar y difundir su patrimonio geológico e históricominero y a establecer y desarrollar las relaciones entre piedra natural y conservación del patrimonio histórico-arquitectónico así como localizar, caracterizar y preservar las canteras históricas empleadas. Igualmente se incluyen los estudios geocientíficos de los espacios naturales singulares, en especial los comprendidos en la Red Europea Natura 2000. Se incluye la realización de los trabajos de investigación mineralógica y paleontológica necesarios para mantener, actualizar y divulgar el patrimonio mueble del Museo Geominero, así como todo lo relativo a cultura científica, en especial lo relacionado con la conservación y divulgación de los recursos geológico-culturales y sus significados, incluidos los fondos bibliográficos y cartográficos históricos.

2.6.2. Justificación

La creciente incidencia de la ciencia en las actividades diarias se ha visto contestada con la demanda de buena parte de la sociedad para acceder más y mejor a los conocimientos científicos e incluirlos dentro de la amplia parcela de la actividad ciudadana. Sin embargo, transmitir la cultura científica entre un público heterogéneo con el objetivo de llegar a un amplio colectivo es una labor a largo plazo y hay que fundamentarla desde los cimientos sólidos de unos planes de trabajo adecuados. A través de las actividades de divulgación de las Ciencias de la Tierra enmarcadas en la presente línea estratégica, el ciudadano tendrá la oportunidad de acercarse a este ámbito de una forma democrática, percibiendo la geología también como un valor cultural.

2.6.3. Sublíneas de actividad

– Geodiversidad y patrimonio geológico: El objetivo de esta sublínea consiste en el estudio, catalogación e inventario del patrimonio geológico español, la promoción de su conocimiento y la realización de propuestas a las administraciones públicas y organismos competentes, para su uso, protección y gestión. En este aspecto, se desarrollan las tareas encomendadas al IGME en cuanto a patrimonio geológico y geodiversidad a través del Plan Estratégico del Patrimonio Natural y la Biodiversidad.

– Piedra natural y patrimonio histórico-arquitectónico: Esta sublínea agrupa todos los trabajos donde se interrelaciona el patrimonio arquitectónico-monumental con la piedra natural, como elemento constitutivo del mismo, como es: la caracterización de la piedra empleada en la construcción de nuestro rico Patrimonio Arquitectónico-Monumental; los estudios tendentes a la mejor comprensión, prevención y tratamiento de las patologías que afectan al patrimonio histórico; la investigación de masas canterables de roca susceptibles de ser empleadas en la restauración o sustitución de elementos patrimoniales destruidos o alterados; y la localización, catalogación y preservación de las canteras históricas empleadas en la construcción del patrimonio histórico-arquitectónico.

– Economía y estadística mineras: Los objetivos de esta sublínea se orientan al inventario y catalogación de explotaciones mineras inactivas que puedan presentar un valor patrimonial, al estudio de la evolución histórica de la minería española, a la difusión de su conocimiento y a la propuesta de medidas para su conservación. Los datos pueden ser consultados en la página web del Instituto.

– Investigación y catalogación de las colecciones del Museo Geominero: Los objetivos del Museo Geominero son conservar, investigar, comunicar y exhibir, para fines de estudio, pero también para la interpretación, educación y contemplación del patrimonio geológico, paleontológico y mineralógico, las importantes colecciones de minerales, rocas

y fósiles procedentes de todas las regiones españolas y de antiguos territorios coloniales, así como de yacimientos significados del registro mundial. Para llevar a cabo estas funciones, en el Museo Geominero se realiza una labor continuada de catalogación, conservación, restauración e investigación de su colección estable, de comunicación a la sociedad de los conocimientos generados en el desarrollo de sus funciones y la difusión de sus colecciones.

- Divulgación científica de las Ciencias de la Tierra, mediante un plan de difusión de las diversas temáticas geocientíficas con organización de exposiciones permanentes e itinerantes y de talleres monográficos, así como la preparación de guías didácticas y las visitas escolares al Museo Geominero.

- Grupo de Trabajo Estación Paleontológica (E.P.) Valle del Río Fardes (V.R.F.): Yacimiento paleontológico de Fonelas. Se lideran desde el año 2001 las investigaciones paleontológicas en la Hoya de Guadix (provincia de Granada), focalizadas desde esa fecha en el excepcional yacimiento de grandes mamíferos de Fonelas P-1, cuya antigüedad está cifrada en dos millones de años.

Tras un largo proceso se han puesto en valor las singularidades científicas y patrimoniales de este yacimiento, protegiendo el patrimonio paleontológico registrado en dicho yacimiento (miles de huesos fósiles de mamíferos excepcionalmente conservados que representan a un ecosistema continental desaparecido hace dos millones de años) y al conjunto de rocas que contienen la información científica sobre la historia geológica y ambiental de la Cuenca de Guadix durante el Pleistoceno Inferior (entre 2,5-0,8 millones de años de antigüedad); se facilita y potencia su excavación sistemática e investigación permanente conservando dicho patrimonio paleontológico "in situ", en el ámbito del propio yacimiento, dentro de un edificio "ad hoc" abierto al público que observará la excavación mediante pasarelas móviles para de esta forma divulgar y difundir en la sociedad la importancia y el significado de los recursos científicos que alberga el lugar, promocionando la investigación, la divulgación y la docencia relacionadas con las Ciencias de la Tierra y de la Vida, en el contexto del Cuaternario. Dicho Centro Paleontológico de Fonelas I, de titularidad estatal, compartirá actividades con un posible Geoparque, en cuya actividad museística y difusora colaborarían las administraciones locales y autonómica. La intención última del IGME es conservar los valores naturales y proteger este patrimonio paleontológico de la mano de distintas administraciones e instituciones competentes, para investigar y transferir conocimiento a la sociedad, en una infraestructura de campo pionera.

2.7. Sistemas de información geocientífica

2.7.1. Objetivo

La información geocientífica que genera el IGME y la acumulada en sus más de 150 años de historia, constituida por cartografía geológica y geotemática, bases de datos e informes inéditos es uno de sus principales activos. En consonancia con esta realidad el IGME se plantea como una de sus líneas de acción prioritarias el desarrollo de sistemas de información con un triple propósito:

- recuperar y homogeneizar la información, generando modelos de datos en plataformas acordes con la realidad tecnológica actual teniendo en cuenta su accesibilidad, interoperabilidad y los estándares e iniciativas nacionales e internacionales;
- difundir esta información de manera adecuada desarrollando e implantando sistemas de difusión para su puesta a disposición, facilitando su consulta y descarga;
- investigar e innovar nuevos sistemas de difusión de información que permitan el desarrollo de herramientas software susceptibles de posterior transmisión. En consecuencia, se potencia la transferencia de datos y resultados de la investigación a la comunidad científica y a la sociedad en general, integrando al IGME en la red internacional de servidores de información geocientífica y mejorando su visibilidad como organismo público de investigación.

Dentro de esta denominación también deben incluirse las actividades que desarrollan los laboratorios generales del IGME que, aparte de colaborar con los diferentes proyectos que se realizan en el Instituto en el ámbito de la geoquímica, de las aguas, de la mineralurgia y de los ensayos tecnológicos y la Piedra Natural, generan sus propios desarrollos de I+D+i (publicaciones, patentes, etc.) y dan servicio a la sociedad, al tratarse de unos laboratorios totalmente acreditados ante la Entidad Nacional de Acreditación (ENAC), lo que asegura unos altísimos estándares en cuanto a la calidad y fiabilidad de sus ensayos.

2.7.2. Justificación

El estudio del medio físico, aplicando el conocimiento experto en campos tales como la geología, hidrogeología, riesgos naturales, estudios del subsuelo, etc., constituye la misión básica del IGME. Con el desarrollo de los diferentes proyectos que se realizan para el cumplimiento de la citada misión, se recoge y produce una gran cantidad de información que, una vez elaborada, facilita el conocimiento del suelo y subsuelo mediante la catalogación, inventario y ordenación de los recursos naturales del país.

La actividad del IGME, al igual que la de los organismos similares de otros países, principalmente ha estado orientada a la realización de grandes proyectos extendidos a todo el territorio nacional (MAGNA, GEODE, BDMIN, etc.). Estos proyectos han generado una gran cantidad de información con la que se elaboraban productos sistematizados, fundamentalmente series cartográficas, publicaciones seriadas, informes, etc., que obedecían más a la planificación que a la demanda social.

Es responsabilidad del IGME procurar que toda esta información recopilada durante sus años de existencia (los resultados de los proyectos técnicos y de investigación en curso y los productos resultantes de proyectos o campañas sistemáticas para la generación de infraestructura del conocimiento) esté almacenada y accesible mediante técnicas, formatos, repositorios y protocolos acordes a las tecnologías actuales. No sólo para facilitar los futuros trabajos técnicos y de investigación, desarrollo e innovación llevados a cabo por el organismo, que deben tener como base esa información, sino lo que es más importante, para preservar esa información en sistemas seguros, utilizarla de manera eficiente y hacerla accesible a la sociedad en aquellos formatos que se precise.

Esta información es vital para facilitar la generación de información derivada y el análisis y toma de decisiones por parte de la administración, el tejido productivo y sociedad en general.

Sin embargo, para que esta información sea realmente útil y manejable de forma sencilla, debe residir en plataformas hardware y software institucionales, estar en formatos adecuados, seguir los estándares y recomendaciones nacionales e internacionales y, en base a sistemas de información institucionales, hacerla accesible desde cualquier dispositivo y software.

A esta necesidad no se puede dar una solución permanente, ya que según avanzan las nuevas tecnologías, los sistemas y las estructuras de datos dentro del IGME deben adaptarse y aparecen nuevos retos que precisan diferentes análisis, diseños, modelos y sistemas. Esto obliga a una permanente puesta al día en todo tipo de tecnologías informáticas y en algún caso, la innovación en modelos, sistemas o desarrollos. Parece conveniente que, además de la información geocientífica, estos conocimientos que se adquieren sistemáticamente en el proceso de desarrollar nuevas soluciones técnicas sean puestos a disposición de la sociedad, mediante su transmisión o comercialización.

2.7.3. Sublíneas de actividad

– Publicaciones e Informes: gestión y difusión de los fondos de información y documentación en soporte físico y digital del IGME existentes en el Centro de Documentación y la Biblioteca, mediante la ampliación de fondos electrónicos, elaboración

de catálogos e incorporación de nuevos ejemplares. Edición, difusión distribución y comercialización de cartografías, libros, revistas científicas y otras publicaciones, a través del Servicio de Publicaciones.

- Litoteca: catalogación, clasificación, informatización y difusión de la información referente a los sondeos geológico-mineros y las colecciones de muestras de roca del país, procedentes de las labores realizadas por el propio IGME o de cesiones de empresas, promoviendo labores de investigación, divulgación y docencia dentro de esta gran infraestructura.

- Tratamiento y normalización de cartografía geocientífica digital.

- Bases de datos institucionales: Modelado, gestión y mantenimiento de bases de datos y creación de sistemas de información para su difusión orientados a las necesidades de los usuarios.

- Difusión de información mediante la web.

- Desarrollo e innovación de nuevas herramientas de software para la gestión de información.

- Laboratorios, procesos mineralúrgicos y plantas piloto: Dentro de esta sublínea se incluye de modo general, el desarrollo de nuevas aplicaciones y ensayos, la implementación de tecnologías emergentes y la puesta a punto y mantenimiento de técnicas instrumentales para ofrecer servicios y apoyo científico-tecnológico a la comunidad científica y sociedad en general en numerosos campos, utilizando equipamientos y recursos propios. Ello nos permite realizar determinaciones geoquímicas y mineralógicas, análisis de aguas, procesos mineralúrgicos, proyectos de I+D+i de plantas de tratamiento mineral, de cara al mercado nacional e internacional, estudios de geocronología y ensayos de caracterización tecnológica y de piedra natural.

2.8. Infraestructura técnica

2.8.1. Objetivo

Apoyo técnico (adquisiciones generales: material informático, científico-técnico, mobiliario, etc.) necesarios para la realización de la actividad técnico científica del IGME.

2.8.2. Sublíneas de actividad

- Adquisición de material científico-técnico: adquisición, renovación o actualización de la infraestructura informática, la de los laboratorios de Tres Cantos, la del parque automovilístico (fundamentalmente coches todoterreno) etc., necesaria para el desarrollo de la actividad del Instituto.

- Coordinación e Infraestructura: coordinación y ejecución del mantenimiento de instalaciones generales y edificios del IGME. Dirección y supervisión de las obras necesarias para la ampliación y mejora de instalaciones, etc.

- Servicios generales de apoyo y de suministros.

3. PONDERACIÓN DE ACTIVIDADES E INDICADORES

Para la evaluación del seguimiento de objetivos del programa presupuestario 467F se ha establecido una ponderación de las actividades e indicadores de los 8 superproyectos técnicos, en función de su importancia estratégica:

SUPERPROYECTO / INDICADOR	PONDERACIÓN
• Cartografía geocientífica	20%
<i>Plan Geode de cartografía geológica continua</i>	5%
<i>Cartografía geológica 1: 200.000, 1:50.000 y 1:25.000</i>	60%
<i>Cartografía geológica y estudios geológicos de la plataforma continental.</i>	10%
<i>Cartografía geológica en el exterior</i>	25%
• Riesgos geológicos, procesos activos y cambio global	9%
<i>Peligrosidad geológica por procesos geológicos de origen endógeno</i>	40%
<i>Peligrosidad geológica por procesos geológicos de origen exógeno</i>	50%
<i>Investigación de procesos, causas y efectos del cambio global</i>	10%
• Hidrogeología y calidad ambiental	20%
<i>Investigación, caracterización y protección de los recursos hidrogeológicos</i>	50%
<i>Uso sostenible de los recursos hidrogeológicos y calidad ambiental</i>	25%
<i>Investigación en humedales: funcionamiento e interacciones con el agua subterránea</i>	25%
• Geología del subsuelo y almacenamiento geológico de CO2	8%
<i>Geología estructural y modelación geológica 3D</i>	80%
<i>Modelación y simulación multifásica</i>	20%
• Recursos minerales e impacto ambiental de la minería	10%
<i>Investigación metalogenética y geoquímica</i>	40%
<i>Investigación de recursos de rocas y minerales industriales</i>	20%

<i>Investigación de recursos geotérmicos e hidrominerales</i>	10%
<i>Impacto ambiental, ordenación y restauración de la actividad minera</i>	30%
• Geodiversidad, patrimonio geológico-minero y cultura científica	5%
<i>Geodiversidad y patrimonio geológico</i>	25%
<i>Piedra Natural y Patrimonio histórico-arquitectónico</i>	5%
<i>Economía y estadísticas mineras</i>	5%
<i>Investigación y catalogación colecciones Museo Geominero</i>	15%
<i>Divulgación científica de las Ciencias de la Tierra</i>	30%
<i>Estación Paleontológica VRF - Fonelas</i>	20%
• Sistemas de información geocientífica	17%
<i>Publicaciones e Informes</i>	15%
<i>Litoteca</i>	10%
<i>Tratamiento y normalización de cartografía geocientífica digital</i>	15%
<i>Bases de datos institucionales</i>	10%
<i>Difusión de información mediante la WEB</i>	15%
<i>Innovación y desarrollo de nuevas herramientas software para la gestión de información</i>	10%
<i>Laboratorios, procesos mineralúrgicos y plantas piloto</i>	25%
• Infraestructura técnica	11%
<i>Adquisición de material científico-técnico</i>	60%
<i>Adquisición, equipamiento y obras</i>	40%

4. ÓRGANOS ENCARGADOS DE SU EJECUCIÓN

– Instituto Geológico y Minero de España.

5. OBJETIVOS E INDICADORES DE SEGUIMIENTO

OBJETIVO / ACTIVIDAD
1. Cartografía geocientífica. Plan Cartográfico Nacional. Reconocimiento y estudio geológico sistemático de los materiales del territorio para el conocimiento de sus recursos.

INDICADORES	2019		2020		2021
	Presu- puestado	Realizado	Presu- puestado	Ejecución prevista	Presu- puestado
1. Plan GEODE de cartografía geológica continua. <i>(Número de zonas)</i>	1	1	1	1	1
2. Cartografía geológica E: 1/25.000, y 1/50.000 y 1:200.000 <i>(Número de hojas)</i>	4	4	5	5	10
3. Cartografía geológica de la plataforma continental y ZEEE <i>(Número de estudios)</i>	2	2	2	2	2
4. Cartografía geológica en el exterior. <i>(Número de hojas)</i>	20	20	10	10	15

OBJETIVO / ACTIVIDAD
2. Riesgos geológicos, procesos activos y cambio global. Investigación, análisis y caracterización de procesos y riesgos geológicos más notables en el territorio español, tanto en el área emergida como en el litoral y áreas submarinas.

INDICADORES	2019		2020		2021
	Presu- puestado	Realizado	Presu- puestado	Ejecución prevista	Presu- puestado
1. Peligrosidad geológica por movimientos de ladera. <i>(Número de estudios)</i>	2	4	2	3	2
2. Peligrosidad geológica por actividad volcánica. <i>(Número de estudios)</i>	1	1	1	1	2
3. Peligrosidad geológica por terremotos y paleosismicidad. <i>(Número de estudios)</i>	3	3	2	2	2
4. Peligrosidad geológica por avenidas e inundaciones. <i>(Número de estudios)</i>	3	4	3	3	3
5. Efectos cambio global y análogos naturales. <i>(Número de estudios)</i>	1	1	1	1	1

OBJETIVO / ACTIVIDAD
3. Hidrogeología y calidad ambiental. Conocimiento científico relacionado con el ciclo del agua.

INDICADORES	2019		2020		2021
	Presu- puestado	Realizado	Presu- puestado	Ejecución prevista	Presu- puestado
1. Investigación, caracterización y protección de recursos hidrogeológicos. <i>(Número de masas)</i>	85	25	90	60	80
2. Uso sostenible, recursos hidrogeológicos y calidad ambiental. <i>(Número de informes)</i>	25	6	30	25	25
3. Suelos contaminados. <i>(Número de muestras)</i>	90	10	10	5	1
4. Procesos transferencia zona no saturada. <i>(Número de estudios)</i>	3	1	3	3	5
5. Interacción humedales-agua subterránea. <i>(Número de estudios)</i>	4	1	4	4	4

OBJETIVO / ACTIVIDAD
4. Geología del subsuelo y almacenamiento geológico de CO₂. Determinar la localización espacial y caracterización de las formaciones geológicas susceptibles de ser utilizadas como almacén de CO₂.

INDICADORES	2019		2020		2021
	Presu- puestado	Realizado	Presu- puestado	Ejecución prevista	Presu- puestado
1. Modelación geológica 3D. <i>(Kilómetros cuadrados)</i>	12	12	12	9	14
2. Ensayos baja permeabilidad. <i>(Número de análisis)</i>	1	--	1	0	0
3. Modelación y simulación multifásica. <i>(Número de modelos)</i>	1	--	1	1	1

OBJETIVO / ACTIVIDAD
5. Recursos minerales e impacto ambiental de la minería. Investigación del ciclo de vida de los recursos minerales, incluyendo la modelización geológica de los procesos que dan lugar a yacimientos.

INDICADORES	2019		2020		2021
	Presu- puestado	Realizado	Presu- puestado	Ejecución prevista	Presu- puestado
1. Investigación metalogenética y geoquímica. <i>(Número de muestras)</i>	800	550	800	600	700
2. Investigación recursos de rocas y minerales industriales. <i>(Kilómetros cuadrados)</i>	200	35	200	150	200
3. Investigación recursos geotérmicos e hidrominerales. <i>(Número de informes)</i>	16	3	20	8	10
4. Impacto ambiental, ordenación y restauración de actividad minera. <i>(Número de informes)</i>	12	2	15	15	15

OBJETIVO / ACTIVIDAD
6. Geodiversidad, patrimonio geológico-minero y cultura científica. Caracterizar la geodiversidad del territorio, inventariar, estudiar y difundir su patrimonio geológico e histórico-minero.

INDICADORES	2019		2020		2021
	Presu- puestado	Realizado	Presu- puestado	Ejecución prevista	Presu- puestado
1. Geodiversidad y patrimonio geológico. <i>(Número de estudios)</i>	3	4	3	2	3
2. Patrimonio histórico, economía y estadística minera. <i>(Número de estudios)</i>	1	2	1	1	1
3. Piedra natural y Patrimonio Histórico-Arquitectónico. <i>(Número de estudios)</i>	1	1	2	1	2
4. Economía y estadística minera. <i>(Número de estudios)</i>	1	1	1	1	1
5. Investigación y catalogación colecciones Museo Geominero. <i>(Número de registros)</i>	600	620	650	310	625
6. Divulgación científica de Ciencias de la Tierra. <i>(Número de exposiciones)</i>	9	10	10	5	10
7. Protección y difusión del patrimonio geológico de Fonelas. <i>(Número de excavaciones)</i>	5	5	5	3	4

OBJETIVO / ACTIVIDAD
7. Sistemas de información geocientífica. Información, no sólo como salvaguarda de patrimonio geocientífico, sino como elemento productivo y de apoyo a la investigación geocientífica.

INDICADORES	2019		2020		2021
	Presu- puestado	Realizado	Presu- puestado	Ejecución prevista	Presu- puestado
1. Publicaciones e informes. <i>(Número)</i>	40	30	40	10	3
2. Preparación de originales y edición hojas cartográficas. <i>(Número de documentos digitales)</i>	--	10	--	10	2
3. Bases de datos institucionales (BBDD implantadas). <i>(Número de BBDD implantadas)</i>	5	--	5	--	5
4. Actualización e integración de las bases de datos. <i>(Número de documentos digitales)</i>	6	--	6	--	6
5. Litoteca. <i>(Número de sondeos clasificados)</i>	45	20	45	20	50
6. Tratamiento y normalización de cartografía Geo-científica digital. <i>(Número de documentos digitales)</i>	10	10-	10	5	15
7. Difusión de información mediante la web. <i>(Número de documentos web)</i>	60	40	60	30	60
8. Innovación y desarrollo de nuevas herramientas software para la gestión de información. <i>(Número de nuevos desarrollos)</i>	2	1	2	--	5
9. Laboratorios, procesos mineralúrgicos y plantas piloto. <i>(Número de proyectos)</i>	6	--	6	0	1

OBJETIVO / ACTIVIDAD
8. Infraestructura técnica. Apoyo técnico (adquisiciones generales: material informático, científico-técnico, mobiliario, etc.) necesarios para la realización de la actividad técnico científica del IGME.

INDICADORES	2019		2020		2021
	Presu- puestado	Realizado	Presu- puestado	Ejecución prevista	Presu- puestado
1. Adquisición de material científico- técnico. <i>(Número)</i>	30	50	30	20	5
2. Adquisición, equipamiento y obras. <i>(Número)</i>	40	50	40	2	40