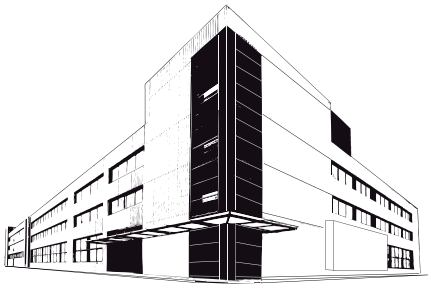
LOS LABORATORIOS
del Instituto Geológico y Minero de España

Los laboratorios

del Instituto Geológico y Minero de España

Instituto Geológico
y Minero de España

Edita:
Instituto Geológico y Minero de España
Ríos Rosas, 23
28003 Madrid
Tel: +34 913 495 700
Fax: +34 913 495 762
www.igme.es



La Calera, 1
28760 Tres Cantos
Madrid
Tel: 91 728 61 64
Fax: 91 728 61 50
laboratorios@igme.es

NIPO: 657-08-003-2
Depósito Legal: M-29007-2008

Diseño interiores, cubierta y producción:
Oficina gráfica de Barrero y Azedo

Los laboratorios

del Instituto Geológico y Minero de España

Instituto Geológico
y Minero de España

PRESENTACIÓN

El Instituto Geológico y Minero de España (IGME), Organismo Público de Investigación adscrito al Ministerio de Educación y Ciencia, tiene como misión esencial el desarrollo de las Ciencias y Tecnologías de la Tierra. Cumple, bajo esta perspectiva, un objetivo general como centro de investigación, aunque plenamente incardinado con su carácter de servicio geológico y minero, tal como fue concebido desde su fundación en 1849. Desde entonces, la observación y caracterización de los materiales que constituyen el suelo y subsuelo del territorio español, y también del de otros países, ha sido una tarea constante que se plasma en los productos cartográficos, informes y demás resultados de la investigación que el Instituto realiza.

El desarrollo científico está inequívocamente ligado a la experimentación y a la obtención de datos fiables y precisos. En el campo de las Ciencias de la Tierra, este hecho supone la generación de datos relativos a la composición mineralógica y química, comportamiento físico y características de las sustancias naturales existentes en la litosfera, hidrosfera y atmósfera. La calidad de los datos obtenidos es un requisito básico para lo que, en el argot investigador, podemos calificar como "buena ciencia" y "buena tecnología", exigiéndose para ello un adecuado equipamiento experimental.

El desarrollo y actualización de las tecnologías de medida y caracterización en los modernos laboratorios es algo consustancial a estas instalaciones, contribuyendo a fortalecer su imagen y, por tanto, al crédito que los investigadores y muchos otros usuarios conceden a la actividad que en ellos se realiza. Es, sin duda, una labor exigente, tanto en términos de capacitación de los técnicos y científicos que los componen como en los recursos económicos que se requieren para tener al día un equipamiento moderno y eficiente.

En esta presentación del Laboratorio del IGME se describe de forma resumida la amplia oferta de servicios y equipamiento científico necesario para su realización de que dispone el Instituto y que lo posicionan como un lugar de referencia para satisfacer una buena parte de la demanda analítica relacionada con las Ciencias de la Tierra en nuestro país. De acuerdo con ello, el Laboratorio del IGME lleva a cabo actividades de investigación e innovación tecnológica, ofrece servicios de apoyo a programas de investigación de los diversos departamentos del Instituto, presta servicios a instituciones y empresas y, en aras a adecuar permanentemente sus instalaciones e instrumental, desarrolla acuerdos y convenios con otras entidades para mejorar la infraestructura disponible.

El usuario encontrará en esta publicación una descripción de las dotaciones existentes en las unidades que constituyen el Laboratorio y que se dividen básicamente en dos: Análisis Químicos y Ensayos Tecnológicos y Mineralurgia, cada una de ellas comprendiendo a su vez laboratorios temáticos especializados. Para la labor de estas áreas se cuenta con un personal científico-técnico y de apoyo a la investigación altamente cualificado que asegura la calidad de los resultados obtenidos, complementándose esto con un estricto cumplimiento de los requisitos de normalización y acreditación exigibles a un laboratorio moderno. La Dirección del Instituto es plenamente consciente de la importancia que el Laboratorio tiene para el desarrollo de los programas de investigación que el IGME lleva adelante.

José Pedro Calvo Sorando
Director General del Instituto Geológico y Minero de España

ANTECEDENTES HISTÓRICOS

El Instituto Geológico y Minero de España (IGME), creado como "Carta Geológica de Madrid y General del Reino" en el año 1849, es en la actualidad un Organismo Público de investigación adscrito al Ministerio de Educación y Ciencia, con un objetivo global que se define como:
"El desarrollo de los estudios y trabajos necesarios que permitan un suficiente grado de conocimiento del suelo y del subsuelo, como base necesaria para el mejor aprovechamiento de los recursos geológicos y mineros del país y para la óptima utilización de su medio natural".

Bajo la denominación genérica de "Laboratorio" hacemos referencia al lugar en que se desarrollan un conjunto de actividades destinadas a establecer, de forma experimental, la dimensión que alcanza una magnitud, generalmente física, química o biológica, de una muestra representativa de una población. La formulación y el diseño de un laboratorio en particular, está siempre supeditado a las magnitudes o parámetros que se desea medir y será función de las dificultades que cada tipo de medición entrañe, de la variedad de parámetros que se desee abarcar y de la cantidad de medidas del mismo parámetro que se pretendan realizar en un tiempo determinado.

El laboratorio es uno de los engranajes principales de la maquinaria que soporta una investigación científica, un desarrollo tecnológico, un control de calidad o simplemente cualquier proceso productivo. Este papel que hoy es fácilmente reconocible e identificable, lo ha venido desempeñando a lo largo del tiempo, con las lógicas diferencias achacables a los medios disponibles y a la precisión de las medidas realizadas.

Laboratorio de análisis geoquímicos en la actualidad

Son escasas las referencias que se conservan de las infraestructuras técnicas del Instituto, anteriores a la ubicación del mismo en su actual sede, en la calle Ríos Rosas de Madrid, en 1926 coincidiendo con el XIV Congreso Geológico Internacional. La orden de 18 de abril de 1873, en la que se dispone que formen parte del incipiente Organismo los profesores de Geología, Química Analítica y Mineralurgia, de la Escuela de Minas, hace pensar en una reordenación de algún laboratorio preexistente en el que se habían obtenido los datos experimentales que aparecen en algunos informes anteriores sobre análisis de aguas y reconocimientos mineralógicos o petrográficos.

En esa época se pueden establecer al menos tres laboratorios: uno de petrografía y mineralogía, uno de análisis de aguas y docimasia y un tercero de preparación de menas. Esos mismos laboratorios aparecen ampliamente desarrollados en los sótanos y planta baja del edificio de la calle Ríos Rosas desde su inauguración, como se refleja con profusión de fotografías, en la reseña del mismo, que se hace en el Boletín Oficial de Minas, Metalurgia y Combustibles de 1943.

El Laboratorio del IGME fue inicialmente una unidad de prestación de servicios técnicos especializados que aportaba datos técnicos experimentales, necesarios a los proyectos de investigación del propio Organismo. Casi sin solución de continuidad amplió su campo se actividad a la prestación de esos mismos servicios de análisis y ensayos a otros Organismos y Entidades, tanto públicos como privados.

EL LABORATORIO ACTUAL

Su propia dinámica de adaptación a las necesidades cambiantes del Instituto y a las nuevas tecnologías que éste necesitaba incorporar, convirtió al Laboratorio del IGME en lo que es hoy: *una unidad de I+D+i en el campo de la caracterización y tratamiento de los recursos geológicos, la caracterización y reciclado de residuos industriales, la remediación de suelos contaminados, la depuración de efluentes industriales, etc., a la par que un Servicio Público especializado en la realización de análisis y ensayos de aguas naturales, suelos, rocas, minerales y residuos mineros.*

El IGME dispone actualmente, como soporte experimental de su actividad técnica, de unas modernas instalaciones de laboratorio en Tres Cantos (Madrid), desde donde desempeña las siguientes funciones:

- Prestación de servicios de análisis y ensayos de aguas, suelos, rocas, minerales, residuos y efluentes industriales, etc.
- Análisis físico-químicos de aguas, preceptivos para su declaración como aguas minerales naturales y/o aguas de manantial, según el Artículo 24.2 del Título IV de la Ley 22/1973, de Minas, a tenor de lo dispuesto en el apartado a).3º del Artículo 17 del Real Decreto 1074/2002, de 18 de octubre
- Realización de proyectos de I+D+i sobre procesos de tratamiento de recursos minerales, residuos industriales, suelos contaminados, etc.; con propósitos de beneficios, depuración, reciclado y/o remediación.
- Dictámenes expertos e informes periciales sobre clasificación y composición mineralógica, petrográfica o química de recursos minerales
- Informes preceptivos sobre proyectos de instalación o modificación de plantas de tratamiento de minerales, en orden a conseguir procesos adecuados a

la protección del medio ambiente y a la preparación, concentración o beneficio de los mismos, de conformidad con el Artículo 112.2 del Título XII de la Ley de Minas (Ley 22/1973, de 21 de julio)
- Realización de ensayos geotécnicos para determinar condiciones de explotación o de seguridad.

Las actividades actuales del Laboratorio del IGME se agrupan en cuatro líneas de actuación:

a) Actividades de investigación e innovación tecnológica

Consisten en proyectos realizados en el Laboratorio del IGME, promovidos por el Organismo, por iniciativa propia o a instancia de terceros interesados en los mismos.

En general son proyectos cofinanciados por entidades interesadas en su realización, que pueden gozar o no de alguna subvención.

Los mismos se agrupan en:

- Investigaciones geoquímicas en suelos y sedimentos que dieron lugar a las tesis doctorales:

  – Comportamiento de elementos traza y valores de referencia en vertisoles de la provincia de Málaga
  – Caracterización edafogeoquímica y cálculo de valores de referencia en suelos de la provincia de Salamanca, Hoja 503 *Las Veguillas.* Ensayo de fitorremediación.
  – Caracterización geoquímica de sedimentos marinos del golfo de Cádiz e implicaciones ambientales. Distribución y composición molecular de lípidos y formas refractarias de la materia orgánica.
  – Relaciones entre la mineralogía, pHs de abrasión y de reservas de bases, relacionados con las tasas de alteración en suelos de la Mancha.

y a los proyectos «*Caracterización y determinación de cargas críticas de Mercurio en los suelos del entorno minero de Almadén*» financiado por el MIMAM y «*Desarrollo de un sistema integrado para el cálculo de relaciones isotópicas mediante ICP-TOF y ablación Laser*» financiado por el IGME entre otros.

- Proyectos de I+D+i sobre procesos mineralúrgicos de tratamiento y depuración, entre los que destacan:
  – Depuración de aguas de decapado sulfúricas subvencionado por la CECA
  – La neutralización y depuración de 2 millones de metros cúbicos de aguas contaminadas del río Guadiamar, financiado por el MIMAM, tras el vertido minero que originó el desastre de Aznalcollar en el que se realizó el estudio de laboratorio, la ingeniería básica del proyecto y la dirección de obra;
  – La depuración de las aguas ácidas de mina del «Dique Grande» de Minas de Tharsis y su utilización para la puesta en regadío de 300 ha. de cítricos, financiado por el IFA
  – El desarrollo, a la escala de planta piloto, de un proceso hidrometalúrgico para el tratamiento de los sulfuros metálicos de la faja pirítica, que se inició en el año 2000 y está en fase de desarrollo con un presupuesto global de 4 millones de euros financiado principalmente por la Junta de Andalucía, con fondos FEDER y por el propio IGME.

b) Servicios de apoyo a los programas de investigación de otras unidades del IGME

Esta sigue siendo la actividad principal y razón de ser del Laboratorio, que dedica alrededor del 60% de su capacidad analítica a la realización de análisis y ensayos a los proyectos que se gestionan en las Direcciones Técnicas del IGME.

c) Prestación de servicios a instituciones y empresas

Al ser el IGME un Organismo Público de Investigación, tanto Instituciones como Empresas o personas físicas, pueden contratar con el Laboratorio el desempeño de actividades conformes con los fines y funciones del IGME. Actividades que incluyen la realización y/o supervisión de proyectos, análisis y ensayos o la emisión de diagnósticos expertos en particular en lo recogido sobre establecimientos de beneficio entendidos como se definen en los Artículos 158 a 164 del Real Decreto 863/1985, de 2 de abril del Reglamento General de Seguridad Minera.

d) Acuerdos y convenios con otras entidades para mejorar la infraestructura disponible

Como complemento y soporte de las otras líneas de actuación se mantiene un programa permanente de adecuación de instalaciones, renovación y reposición de instrumental científico y cooperación con otras Entidades entre las que cabe destacar el acuerdo con el CEDEX, la constitución de una Unidad Asociada con el Laboratorio de Estratigrafía Biomolecular de la ETSIMM y el convenio con el Parque de Maquinaria del MIMAM para la realización de sondeos mecánicos.

En el plano organizativo, eso se traduce en dos grandes unidades técnicas, una de Análisis Químicos y otra de Ensayos Tecnológicos, engarzadas en una dirección común, de la que también dependen un servicio autónomo de Calidad y Medio Ambiente, y una oficina Técnico-Administrativa en la que se integran las unidades que prestan servicios de carácter general, a todo el Laboratorio.

- De la unidad de Análisis Químicos dependen: el Servicio de Análisis de Aguas, el Servicio de Análisis Geoquímicos y las Unidades de Laboratorio donde se realizan estos ensayos.

- De la unidad de Innovación y Ensayos Tecnológicos dependen: el Servicio de Mineralurgia donde se caracterizan los minerales y se investigan los posibles procesos de tratamiento y beneficio, el Servicio de Geotécnia y el Servicio de Materiales, donde se realizan los ensayos necesarios para los estudios de mecánica de suelos, mecánica de rocas, caracterización de piedra natural, áridos, minerales industriales, residuos, etc.

CALIDAD Y MEDIO AMBIENTE

El Laboratorio tiene establecido un Sistema de Gestión de Calidad según la Norma UNE-EN ISO/IEC 17025:2005 que garantiza la conformidad de las actividades de ensayo con las normas o procedimientos aplicados.

La política de calidad del Laboratorio responde al compromiso de la Dirección del IGME que se manifiesta públicamente en: “La Dirección General del IGME se compromete a establecer y mantener un alto grado de calidad en todas las actividades de ensayo que se ejecuten en el Laboratorio del IGME, con objeto de garantizar la fiabilidad y objetividad de todas las medidas y servicios prestados a sus clientes, manteniendo a su vez la confidencialidad y seguridad de las informaciones obtenidas en el desempeño de sus actividades”.

La Política de Calidad del Laboratorio se concreta en los siguientes objetivos:

- Definición clara de las necesidades del cliente
- Calidad en los ensayos y eficiencia en la prestación del servicio
- Satisfacción del cliente con el servicio
- Mejora continua de la calidad de los servicios prestados

El Jefe del Área de Laboratorios y Servicios, como Director del Laboratorio, es el responsable del Sistema de Calidad y como tal, se compromete a cumplir los requisitos establecidos en el Sistema de Calidad, así como la norma UNE-EN ISO/IEC 17025:2005, relativa a la competencia de los laboratorios de ensayo”.

La Política de Calidad del Laboratorio, recogida en el Manual y los Procedimientos que lo desarrollan, proporciona a todo el personal del Laboratorio una “guía” de actuaciones, donde se describen los medios, organización y método implantado para asegurar la calidad en las actividades de ensayo que se desarrollan, poniendo en práctica en sus trabajos y actividades, las directrices y procedimientos establecidos. Así mismo regula las condiciones óptimas de desempeño de la actividad para prevención de riesgos laborales y la protección del medio ambiente.

En la perspectiva de la mejora permanente de la calidad de sus servicios y actividades, el Laboratorio posee la acreditación de la Entidad Nacional de Acreditación (ENAC) para diversos ensayos de Aguas Continentales (62/LE 169), como se refleja en el alcance correspondiente. Esta acreditación significa que ENAC, entidad reconocida internacionalmente, ha admitido que el Laboratorio del IGME cumple los requisitos actuales más exigentes de calidad y garantiza la fiabilidad en los resultados de sus ensayos. La acreditación permite que los resultados de estos ensayos sean válidos en otros países, incluyendo todos los de la Unión Europea, sin necesidad de contraste.

Unidades técnicas:
Análisis químicos

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUAS

El Laboratorio de Análisis de Aguas realiza los análisis conforme al:

1. RD 1074/2002 de 18 de Octubre, por el que se regula el proceso de elaboración, circulación y comercio de aguas de bebida envasadas y, por las competencias que el IGME tiene por la Ley de Minas respecto a su declaración.
2. RD 140/2003, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad de agua de consumo humano.

Electrodos selectivos

El Laboratorio está acreditado desde el año 1994 por la ENAC, en diferentes ensayos de aguas continentales, según norma UNE-EN ISO/IEC 17025, acreditación nº 62/LE-169.

El Laboratorio participa para todos los ensayos en los Programas Interlaboratorio de AQUACHECK y RIALCA (Red CYTED) y organiza ensayos de intercomparación de residuo seco a 180º C.

Los ensayos realizados siguen las Normas del Sistema de Calidad establecido en el Centro de Laboratorios.

Contadores proporcional y de centelleo líquido

El laboratorio cuenta con los equipos y técnicas necesarias para la determinación de los parámetros exigidos por la legislación.

TÉCNICA	PARÁMETROS
Espectrometría de Absorción Atómica	Llama: cobre, zinc, hierro, manganeso, cadmio, cromo, estroncio y plomo. Vapor frío: mercurio Generación de hidruros: As (III) Cámara de grafito: arsénico, cadmio, cromo, hierro, manganeso, plomo, selenio, talio y níquel.
Espectrometría de Emisión Atómica	Sodio, potasio y litio
Electrometría	Conductividad eléctrica, pH, fluoruros y cianuros
Volumetría	CO_2 libre, dureza, bicarbonato, calcio, magnesio, sulfuro e índice de permanganato
Gravimetría	Residuo seco a 180º y 260º C y materia en suspensión
Absorción Molecular en flujo continuo	Iones mayoritarios, cianuros y fenoles
Absorción Molecular UV-VIS	Color, turbidez, fenoles y detergentes
Contador de bajo fondo	Radiactividad total α y β
Contador de Centelleo Líquido	Tritio
Cromatografía Iónica	Bromuros, bromatos, nitritos, nitratos, sulfatos, fluoruros, cloruros y fosfatos
Combustión y determinación por Infrarrojo	TOC, IC, TC e IN
Cromatografía GS/MS/MS	Compuestos orgánicos volátiles (VOC'S), hidrocarburos policíclicos aromáticos (PAH'S) y plaguicidas organoclorados

El resto de los parámetros incluidos en el análisis de las aguas continentales: Boro, Aluminio, Cobalto, Bario, Plata, Berilio, Níquel, Vanadio y Antimonio se realizan con espectrómetros ICP/MS e ICP/AES.

Equipamiento

Equipo de Absorción Atómica: Varian modelo FS 330.
Accesorios: llama, generador de hidruros, vapor frío y cámara de grafito.

- Autoanalizadores de flujo continuo: Alliance Integral e Integral Futura.
- Analizador de Carbono Órganico Total (TOC): Shimadzu TOC-Vcph
- Contador proporcional de bajo fondo: Berthold LB750 L
- Contadores de Centelleo Líquido: I 220 Quantulus™
- Cromatógrafo Iónico: Dionex 600 de Vertex
- Espectrómetro UV-VIS: Perkin Elmer Lambda EZ 210.
- Cromatógrafo GS/MS/MS: Varian 4000

Laboratorio de Química y Espectroscopía atómica

Este Laboratorio participa en los ensayos de intercomparación de la International Association of Geoanalysts (IAG)

Autoanalizadores de flujo continuo

Las determinaciones analíticas realizadas en este Laboratorio corresponden a contenidos en ultratrazas, trazas o mayoritarios, dependiendo del tipo de material:

1. Determinación de elementos traza en materiales geológicos sólidos.
2. Determinación de elementos traza en aguas naturales.
3. Ensayos químicos edafológicos (pH, conductividad eléctrica, materia orgánica, capacidad de intercambio catiónico, caliza activa, óxidos libres, amorfos y cristalinos, cationes de cambio, etc.)
4. Aguas residuales y drenajes ácidos de mina.
5. Determinación de elementos traza en otras matrices tanto inorgánicas como orgánicas.

Absorción atómica

Las preparaciones específicas más habituales para materiales sólidos son:

1. Disolución total de materiales silicatados con ácido fluorhídrico, ácido nítrico y ácido perclórico en reactores abiertos.
2. Disolución total en reactores cerrados o con horno microondas.
3. Disolución casi total en reactores abiertos, según la norma EPA 3050B, con propósitos medioambientales.
4. Disolucion selectiva con agua, ácidos, bases o reactivos complejantes que sirven de preparación de las muestras para este Laboratorio o para otros.
5. Fusión con metaborato de litio o tetraborato de litio para la determinación de Na o Fe.
6. Fusión y copelación para la determinación de oro, plata y metales del grupo del platino.
7. Pirohidrólisis para la extracción de flúor y cloro.
8. Liofilización de muestras orgánicas.

Equipamiento del Laboratorio

Se dispone de material general necesario para las preparaciones anteriormente mencionadas y para las determinaciones no instrumentales de elementos mayoritarios (gravimetrías y volumetrías).

Las técnicas instrumentales disponibles son:

Espectrometría de emisión atómica por plasma inductivamente acoplado (ICP-AES), con disposición axial (análisis multielemental simultáneo); VARIAN VISTA MPX. Con él se realizan:

— Determinaciones de elementos traza en materiales geológicos sólidos (suelos, sedimentos, rocas, etc.): Ag, As, Ba, Be, Bi, Cd, Ce, Co, Cr, Cu, La, Li, Mn, Mo, Nb, Ni, Pb, Rb, S, Sb, Sc, Se, Sr, Tl, V, W, Y y Zn con límites de determinación entre 1 y 10 µg/g, según matriz y elemento.

Ataques ácidos y puesta en solución

— Determinaciones de elementos traza en aguas naturales, residuales e industriales, lixiviados, etc.: Ag, Al, As, B, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Ce, Co, Cr, Cu, Fe, K, La, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Nb, Ni, P, Pb, Rb, S, Sb, Sc, Se, Ti, Tl, V, W, Y y Zn con límites de determinación entre 5 y 1000 µg/L, según matriz y elemento.

Espectrofotometría de absorción atómica (AAS) en sus modalidades de llama, cámara de grafito y generador de hidruros/vapor frío. Determinación monoelemental de elementos metálicos y no metálicos.

Espectrofotometría UV/VIS para la determinación de F, Cl, Ti, etc.

Análisis elemental (carbono y azufre) por combustión en horno de inducción (ELTRA), y en horno de resistencia (LECO). Se tiene la posibilidad de determinar diferentes formas de carbono.

Análisis elemental (carbono y azufre) por combustión en horno de inducción

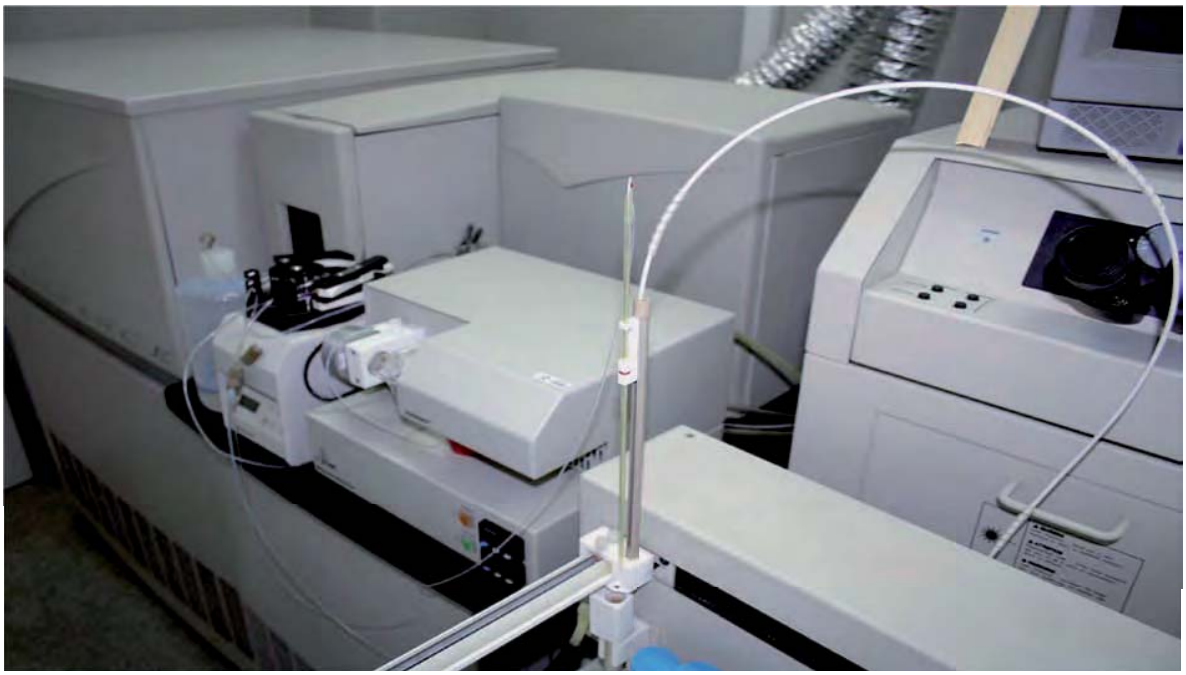
LABORATORIO DE ICP-MS

El laboratorio de ICP-MS del IGME tiene dos espectrómetros con diferentes sistemas analizadores de masas. Uno es un sistema de tiempo de vuelo y el otro es un cuadrupolo. Este último lleva incorporado una celda de reacción (ORS) para eliminar las especies interferentes que se producen en el plasma. Además se dispone de un nebulizador ultrasónico y un sistema de ablación por láser, que se puede acoplar a ambos equipos.

Se dispone de una sala limpia para la preparación de muestras, con un sistema de purificación de agua y un destilador a subebullición para obtener ácidos con la pureza que requiere esta técnica.

A continuación se detallan los ensayos que se realizan en este laboratorio:

— Análisis de elementos traza en aguas según la norma EPA 200.8 (Ag, Al, As, Ba, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, Th, Tl, U, V y Zn de modo simultáneo, con límites de determinación entre 0,2 y 2 µg/g).
— Análisis de elementos traza en suelos según la norma EPA 6020 (Ag, As, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Sb, Tl y Zn) previa digestión ácida, con límites de determinación entre 0,6 y 6 µg/g.



Equipo ICP-MS

— Análisis de elementos del grupo de las tierras raras (Y, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb y Lu) mediante fusión con metaborato de litio y posterior disolución en ácido nítrico, con límites de determinación inferiores a 0,3 ug/g en la mayoría de los casos.

La calidad de los resultados de estos ensayos se testifica mediante la participación en ejercicios de intercomparación como: los programas internacionales de Aquacheck, los ensayos de intercomparación de la Internacional Association of Geoanalysts (IAG), y los organizados por la Universidad de Oviedo e ISC-Science.

LABORATORIO DE RAYOS X

Ensayos

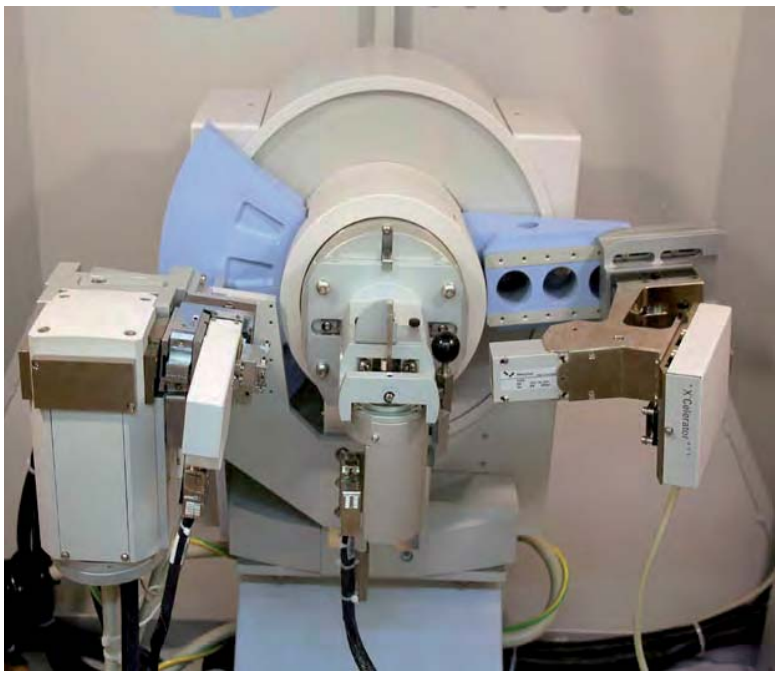
Ensayos Realizados mediante Difractometría de Rayos X (DRX). Todos los ensayos realizados por este método son ensayos no destructivos, pudiéndose recuperar la muestra para determinaciones posteriores. Es necesaria una molienda previa de la muestra a tamaño de análisis, inferior a 74 micras.

- Análisis mineralógicos de identificación y cuantificación de fases minerales en muestras sólidas, mediante el método de polvo cristalino.

- Estudios de la Fracción arcilla, previa separación de la fracción mediante preparación de Agregados orientados (hexametafosfato de sodio), y tratamientos de hinchamiento con Etilenglicol durante 48 horas y colapsamiento térmico a 550º C durante 2 horas.

- Estudio de polimorfismo en muestras sólidas. Análisis cuantitativo de polimorfos.

- Determinación cuantitativa de sílice libre en muestras geológicas.



Difractómetro de Rayos X

- Cuantificación Sepiolitas (Norma UNE 22-161-92).

- Análisis de muestras por Microdifracción, siendo el diámetro de muestra irradiada 100 micras.

Ensayos Realizados mediante Espectrometría de Fluorescencia de Rayos X (FRX). Los ensayos realizados mediante espectrometría de Rayos X son ensayos no destructivos.

- Determinación de elementos mayoritarios en muestras geológicas, silicatos, carbonatos, óxidos de hierros y concentrados de Cu, Pb, Zn, Ti, Zr y Tierras Raras. Límite de detección de elementos mayoritarios 0.1%.

- Determinación de elementos traza en muestras geológicas, para los siguientes elementos: Ag, As, Ba, Bi, Br, Cd, Ce, Co, Cs, Cu, Ga, Ge, Hf, I, La, Mo, Nb, Nd, Ni, Pb, Rb, Sb, Sc, Se, Sm, Sn, Sr, Ta, Te, Th, Tl, U, V, W, Y, Yb, Zn y Zr. Los límites de determinación varían, entre 0.5 y 7 µg/g en función del elemento y la matriz de la muestra.

- Análisis elemental semicuantitativo sin patrones (Standarless program). Determinación semicuantitativa del contenido elemental total en muestras de composición desconocida.

El tratamiento de la muestra, para este tipo de determinaciones, previa molienda a tamaño de análisis, es el siguiente:

- Fusión de la muestra con Tetraborato de Litio en perladora, PERL´X3 (horno de inducción) para la obtención de una perla cristalina en la determinación de elementos mayoritarios.

- Pastilla prensada con Elvacite (Polimetilmetacrilato) para determinación de elementos traza.

Equipo de fluorescencia de Rayos X

Equipos

Vista general de laboratorio de Rayos X

Para la realización de los ensayos mencionados, el laboratorio de Rayos X cuenta con los siguientes equipos:

- Difractómetro de Rayos X PANalytical con detector XCelerator. Tubo de Cobre. Monocromador de grafito y rendija de divergencia automática. Software de PANalytical XPert Quantify y XPert High Score y Base de Datos ICDD (Set 1 a 47).

- Espectrómetro de Fluorescencia de Rayos X por dispersión de longitudes de onda Magix de PANalytical con Tubo de Rodio.y muestreador automático.

- Perladora PERL´X3 con pirómetro óptico.

El laboratorio cuenta también con todos los equipos necesarios para llevar a cabo los ensayos como balanzas de precisión, muflas, estufas, placas calefactores, y prensa entre otros.

Garantías de calidad

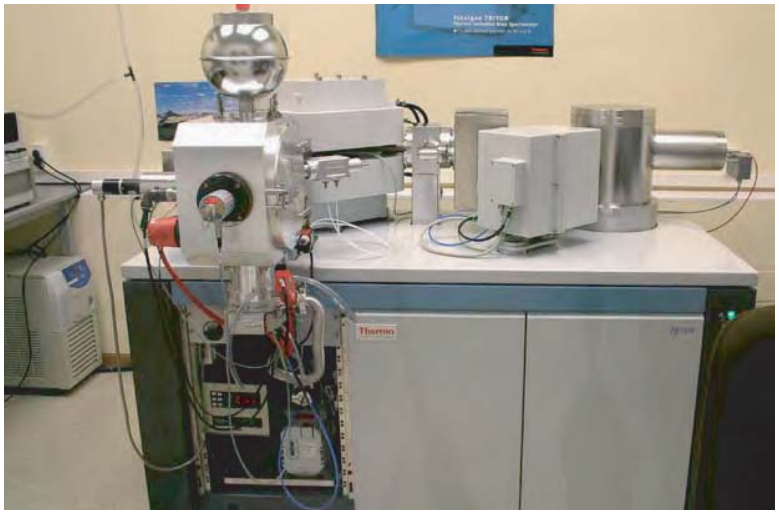
Ensayos de intercomparación. Para asegurar la competencia técnica de sus ensayos, el laboratorio de Rayos X participa con una periodicidad semestral en ensayos de intercomparación organizados por la Internacional Association of Geoanalyst (IAG), desde Diciembre de 2004.

Dada la fiabilidad de los resultados, se pretende solicitar la acreditación por ENAC para el Laboratorio en los ensayos de determinación de elementos mayoritarios en materiales silicatados y carbonatados por Fluorescencia de Rayos X, durante el año 2008.

Ensayos de Control Interno. Para evaluar tanto la exactitud de los resultados como la precisión de los equipos de medida, se realizan ensayos de control interno anualmente, los cuales consisten en repeticiones de medidas sobre una misma muestra o repetición en la preparación sobre una misma muestra (permite evaluar el error cometido en el tratamiento de la muestra).

LABORATORIO DE GEOCRONOLOGÍA

El laboratorio geocronológico del IGME está siendo desarrollado con el objeto de proporcionar apoyo a la investigación con dataciones por el método U-Pb empleando dilución isotópica (ID) y espectrometría de masas TIMS (Krogh, 1972; 1982; Parrish, 1987). Esta es una técnica muy laboriosa pero que permite datar de forma fiable, y con precisiones de +/-1 a 3 millones de años, minerales ricos en U y con un alto contenido en Pb radiogénico, como el circón, la monacita, la xenotima o la titanita. Este laboratorio comparte espacio y equipamientos en la sala blanca con el grupo de ICP-MS. La molienda de las muestras y la separación mineral se realiza con los equipamientos de la unidad de mineralurgia.

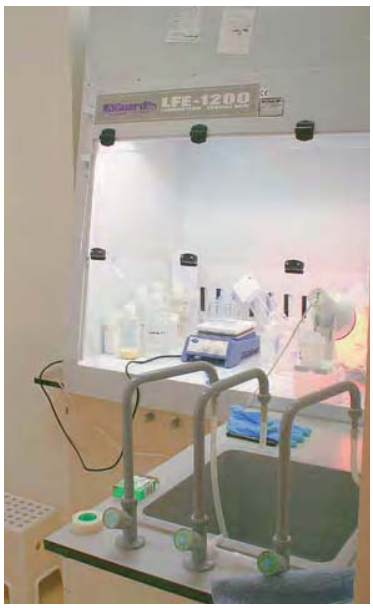


Espectrómetro de masas Tims Triton

Equipos

Espectrómetro de masas de termoionización (TIMS) modelo TRITON (Thermo) equipado con un sistema de multi-colección configurado para medir isótopos de U y Pb con ocho copas Faraday (copa central, tres copas en las masas inferiores, cuatro copas en las superiores con el " ^{205}Pb clip"), un contador de iones SEM Masscon y resistores de 10^{-11} ohm en el sistema de amplificación. Este instrumento es capaz de medir iones tanto en modo negativo (BO_2, OsO_3) como positivo (Li, Ca, Sr, Sm-Nd, Lu-Hf, W, Ta, Re, Pb, U, UO_2). El espectrómetro está alojado en un cuarto con temperatura y humedad controlada. Este cuarto tiene una campana de flujo laminar horizontal clase 100 para cargar las muestras en ambiente limpio, y en él se aloja el sistema de desgasificación de filamentos. También se dispone de un soldador de filamentos.

La sala blanca está sobrepresionada frente al exterior con aire filtrado y climatizado, y consta de un cuarto para la pr eparación de muestras de elementos traza para su análisis por ICP-MS, una sala para realizar la separación química, y una sala de pesada con una microbalanza y una balanza analítica. Estas dos salas tienen un sistema de aire filtrado independiente y alcanzan condiciones de clase 1000 y 10000 respectivamente. Se comparte con el grupo de ICP-MS el sistema de destilación de agua Millipore y un destilador marca Berghof para purificar ácidos. La sala de separación química está



Sala blanca: laboratorio U-Pb

Sala blanca: laboratorio trazas

equipada con una cabina de flujo laminar vertical (clase 100) – extracción total (LFTE) en polipropileno y una cabina de flujo laminar vertical (clase 100) en metacrilato. La cabina LFTE contiene el sistema de destilación Mattison de reactivos ultrapuros y las placas para evaporar los ácidos.

Sistema de disolución de muestras: reactor Parr y microcapsulas de PFA tipo Parrish (Savillex) y reactores de PFA Savillex.

Sistema de pulido de circones: Centrifugadoras de aire a presión (Krogh, 1982)

Unidades técnicas

Ensayos tecnológicos y mineralúrgia

LABORATORIO DE MINERALURGIA

La actividad del laboratorio se enmarca en:

- La realización de ensayos mineralúrgicos.
- La investigación de nuevos procesos de tratamiento de minerales, a escala laboratorio y planta piloto.
- Ensayos hidrometalúrgicos.
- La investigación y tratamiento de efluentes para su posterior vertido y/o aprovechamiento.

Cyclosizer

Entre las actividades principales que realiza el laboratorio cabe destacar:

Preparación de muestras

Dispone de machacadoras y molinos, para preparación de muestras en seco y en húmedo, tanto para estudios mineralúrgicos, como para análisis químicos. Con los siguientes ensayos específicos:

- Trituración hasta 10 mm
- Molienda hasta 0.020 mm
- Molienda a tamaño análisis

Caracterización granulométrica

Se realiza la clasificación y análisis granulométrico de materiales geológicos:

- Análisis granulométrico por tamizado vía húmeda y seca hasta 0.063 mm
- Análisis granulométrico por elutriación para tamaños entre 0.070 mm y 0.012 mm
- Análisis granulométrico por sedimentación hasta 0.001 mm.
- Análisis granulométrico por difracción de rayo láser hasta 0.004 mm

Ensayos y determinaciones físicas generales

- Determinación de humedad
- Determinación de densidad real
- Determinación de densidad aparente y absorción
- Determinación del índice de blancura y amarilleamiento
- Determinación de la susceptibilidad magnética
- Ensayos de levigado

Concentración y depuración mediante diferentes técnicas mineralúrgicas

Se realizan ensayos de concentración de menas, utilizando diferencias específicas en las propiedades físicas o químicas entre el mineral valioso y los minerales de la ganga. Estos ensayos se basan en:

Métodos gravimétricos. Separación que depende de las diferencias en la gravedad específica.

- Separación en medios densos
- Separación en mesa de sacudidas

Métodos químico-físicos. Separación que utiliza las diferentes propiedades superficiales de los minerales.

- Ensayos de flotación

Métodos magnéticos. Separación que depende de las propiedades magnéticas.

- Separación magnética de alta y baja intensidad

Equipos de ensayos mineralúrgicos (mesa de sacudidas, ciclones etc.)

Equipo de determinación de tamaño de partícula Sedigraph

Métodos eléctricos. Separación que depende de las propiedades de conductividad eléctrica.

- Separación electrostática de alta tensión

Ensayos Hidrometalúrgicos

- Lixiviación de menas, con distintos agentes lixiviantes, por ejemplo sulfato férrico para el tratamiento de sulfuros polimetálicos de la Faja Pirítica.
- Extracción con solventes con distintos extractantes según el metal a extraer
- Tratamiento de efluentes para su vertido o utilización posterior

Medios materiales e instrumentación

El laboratorio está equipado con los equipos necesarios para la adecuada realización de los ensayos, así como para el procesamiento y análisis de datos.

Trituración y molienda

- Machacadora de mandíbulas y mixta
- Molino de cilindros
- Molino de bolas con rejillas periféricas
- Molino de bolas basculante y molino de martillos
- Molino de bolas de porcelana
- Micro molinos tema (Acero, widia, ágata)

Análisis granulométrico

- Serie tamices UNE, ASTM, TYLER
- Cyclosizer. Clasificador de partículas por medio de una corriente de fluido ascendente.
- Equipo de determinación de tamaño de partícula por sedimentación. Calcula la distribución granulométrica de las partículas mediante la velocidad de caída de las mismas y la cantidad de absorción de rayos X.

Planta piloto hidrometalúrgica

- Equipo de determinación de tamaño de partícula por difracción de rayo láser. Utiliza la tecnología de difracción del láser (dispersión de la luz) para determinar la distribución del tamaño de partícula.

Determinaciones físicas

- Picnómetro de helio. Determina la densidad y volumen de una muestra midiendo el cambio de presión del gas (helio) en un recipiente de volumen calibrado. Mide el volumen de objetos sólidos de forma regular o irregular tanto en probetas como pulverizado.
- Fotómetro. Determina el índice de blancura y amarillamiento de las muestras.

Ensayos de concentración

- Líquidos densos
- Mesas de sacudidas.
- Separador electromagnético de baja y alta intensidad.
- Separador electrostático de alta tensión
- Celdas de flotación

Ensayos hidrometalúgicos

- Reactores de distinta capacidad (1 a 5 litros)
- Planta piloto (3 a 5 kg/h) para ensayos de lixiviación, extracción con solventes y electrolisis.

Vista general del área de estudios petrográficos

LABORATORIO DE TÉCNICAS DE MICROSCOPÍA ÓPTICA APLICADA

El laboratorio de petrografía y técnicas de microscopía óptica aplicada agrupa en una misma estructura todos los servicios para la preparación de láminas delgadas, probetas pulidas etc. así como los equipos y técnicas para su estudio y descripción.

Preparaciones y estudios

Área de preparación de láminas delgadas y probetas pulidas

Principales servicios:

- Elaboración de láminas delgadas de rocas y materiales de construcción compactos
- Elaboración de láminas delgadas para materiales disgregados o pulvurulentos mediante embutido previos en resinas.
- Elaboración de probetas pulidas
- Elaboración de láminas delgadas pulidas
- Elaboración de laminas delgadas doblemente pulidas
- Preparación de cortes y pulidos en probetas macro para estudios en lupa binocular o para ensayos determinados (microdureza Knop por ejemplo).
- Preparación de diferentes tinciones selectivas previa petición (rojo de alizarina para carbonatos, cobaltinitrito sódico para feldespato potásico etc.)
- Impregnación por resinas especiales (resinas fluorescentes para estudios de porosidad, resinas coloreadas etc.).

Área de estudio de láminas y probetas pulidas

Principales ensayos:

- Estudio petrográfico de láminas delgadas por microscopía de transmisión con determinación de sus componentes minerales, estudio textural, clasificación de la roca, estudio de alteraciones, etc.)

- Estudio petrográfico de materiales de construcción (ladrillos, morteros, hormigones etc.)
- Estudio de opacos mediante microscopía de luz reflejada.
- Estudio petrográfico de piedra natural ornamental según normas.
- Estudio petrográfico de áridos según normas.
- Técnicas mineralógicas complementarias para estudios geotécnicos (evaluación del índice Chimacek de rozabilidad, cuantificaciones minerales, estudios de tamaño de grano, morfología de partículas, evaluación de porosidades etc.)
- Aplicaciones de técnicas de ADI. (Análisis Digital de Imagen).

Microscopio Petrográfico con cámara video de alta resolución y Sofware de ADI

Por lo general todo estudio microscópico comprende una descripción textural de la muestra y la identificación de los diferentes componentes minerales presentes y una posterior clasificación de la muestra siguiendo los criterios clásicos de la petrografía o ateniéndose a clasificaciones particulares como en el caso de las rocas ornamentales.

Además, para los materiales de construcción o para el estudio de la roca ornamental suele ser necesaria la cuantificación y descripción de ciertas características que afectan al comportamiento del material.

Entre dichos estudios cabe citar:

- La medida del porcentaje por unidad de volumen de cada mineral, utilizándose técnicas de estimación visual, contaje o aplicaciones de A.D.I.
- Medida de las dimensiones de las partículas estimando el valor medio de rango de variación
- Hábito cristalino de cada fase mineral
- Forma y muy especialmente en el caso de los componentes detríticos el índice de redondeamiento de los mismos estimado por comparación con ábacos preestablecidos por técnicas de A.D.I.
- Orientación de las partículas
- Descripción de los bordes y los contactos entre partículas (rectos, lobulados, dentados etc.).

- Distribución de los diferentes componentes en la muestra (homogéneo, heterogéneo, en capas, en manchas, diseminados etc.)
- Descripción de las orientaciones y planos de deposición (estratificaciones, esquistosidades, bandeados composicionales). En el caso de las pizarras para techumbre existe una norma específica para su clasificación en función del número y orientación entre las diferentes esquistosidades presentes
- Es de especial importancia para las rocas ornamentales la estimación del grado de meteorización y el tipo y grado de alteración de los componentes haciendo especial hincapié en aquellos procesos con influencia sobre la posible utilización del material una vez expuesto a las condiciones atmosféricas (manchas por alteraciones de sulfuros, difusión de hidróxidos de hierro, cloritizaciones de biotitas etc.)
- Es igualmente primordial la descripción de las discontinuidades presentes tales como poros, microcavidades, grietas o fracturas determinándose las posibles familias presentes y estimándose: anchura y longitud, tipo de discontinuidad (inter, intra o trans granular), orientación distribución, posibles rellenos etc.
- El estudio petrográfico es igualmente una técnica preliminar imprescindible para la determinación de posibles inclusiones fluidas y la determinación de su naturaleza y características (estudios de yacimientos, fases tectónicas etc.)

Normas aplicadas en los estudios petrográficos:

UNE 22-180-85 y **UNE 22-181-85:** Mármoles y calizas ornamentales: caracterización general y clasificación.

UNE-EN 932-3: Ensayos para determinar las propiedades generales de los áridos. parte 3: procedimientos y terminología para la descripción petrográfica.

UNE-EN 12670: Piedra natural terminología

UNE-EN 12407: Métodos de ensayo para piedra natural: estudio petrográfico

UNE-EN 12440: Piedra natural. denominación de la piedra natural

UNE-EN 12326-2: Productos de pizarra y piedra natural para tejados inclinados y revestimientos.

Equipamiento disponible

Servicio de preparación de láminas delgadas y probetas pulidas

— 1 Pulidora de disco con paños y sprays de diamante
— 2 Pulidoras de disco de plomo
— 1 Desvastadora de láminas
— 1 Cortadora de mesa con disco giratorio
— 1 Cortadora de disco de pie
— 1 Cortadora de aceite.
— 1 Equipo de impregnación en vacío
— 1 Muela

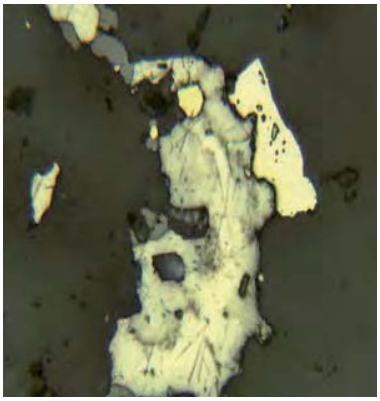
Servicio de estudio de láminas delgadas y probetas pulidas

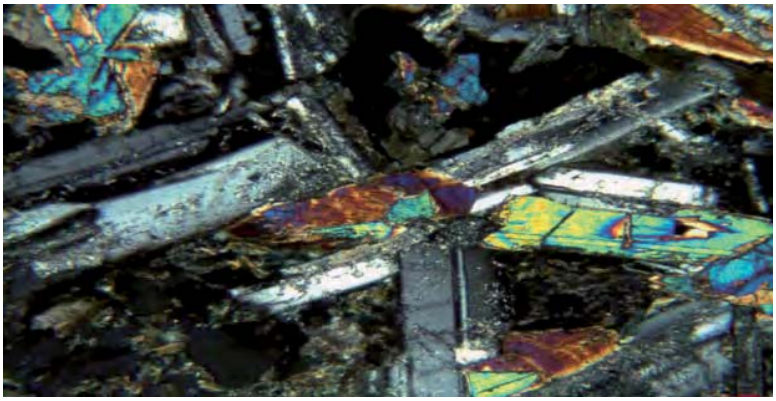
1 Lupa Binocular
3 Microscopios Petrográficos
Equipo fotográfico
Equipo de análisis Digital de Imágenes (ADI)
Camara digital de video de alta resolución

Lupa Binocular

Microscopio petrográfico con equipo fotográfico acoplado

Fotomicrografías en lámina delgada y probeta pulida respectivamente





Microscopio Petrográfico

Pulidora de disco rotatorio

Cortadora y Equipo de impregnación en vacío

LABORATORIO DE PIEDRA NATURAL

Bajo el término de Piedra Natural se agrupan todas las variedades de rocas, que después de un proceso más o menos complejo de elaboración se utilizan, bien como materiales nobles para la construcción en forma de pavimentos, recubrimientos de fachadas, solados, elementos constructivos; bien como elementos de ornamentación.

Las denominaciones comerciales de las rocas empleadas como piedra natural son muy poco precisas, y generalmente con un mismo nombre (granito, mármol, caliza o pizarra) se denominan rocas que tienen orígenes geológicos muy diferentes, y por lo tanto propiedades físicas y mecánicas dispares. Se pueden cometer graves errores si se consideran valores medios de estas propiedades para cada familia. Esto hace que, la caracterización mediante ensayos de laboratorio, para cada variedad de piedra, sea imprescindible para una utilización correcta de las mismas.

Ensayo de resistencia a la abrasión

El citado laboratorio se creó para ofrecer a la industria de la piedra la más completa gama de ensayos de caracterización y para el desarrollo e implantación de nuevas técnicas de trabajo.

Ensayos

A continuación se describen los ensayos regulados en la normativa UNE EN agrupados por familias.

Ensayos de caracterización básica

Estos ensayos incluyen la descripción petrográfica y la determinación de la composición química y mineralógica.

Ensayos para determinar la compacidad del material y su comportamiento frente al agua

La penetración del agua en el interior de una piedra condiciona la alterabilidad de la misma y por lo tanto es de extraordinario interés para determinar su durabilidad futura. Los ensayos que permiten definir la constitución física de la piedra y su estructura interna son:

- Densidad aparente y real. Porosidad abierta y total (UNE-EN 1936)
- Absorción de agua a presión atmosférica (UNE-EN 13755)
- Absorción de agua por capilaridad (UNE-EN 1925)
- Porometría para la determinación del tamaño de los poros, la distribución de los mismos y la superficie específica del material.

Ensayos de caracterización mecánica

La resistencia mecánica de las rocas determina su comportamiento frente a la acción de fuerzas externas. Esta resistencia se puede medir directamente mediante los ensayos destructivos de compresión y flexión, o indirectamente a través de propiedades físicas como la velocidad de propagación del sonido y la frecuencia de resonancia.

- Resistencia a la compresión simple (UNE-EN 1926)
- Resistencia a la flexión bajo carga concentrada (UNE-EN 12372)
- Resistencia a la flexión a momento constante (UNE-EN 13161)
- Módulo de elasticidad dinámico (UNE-EN 14146)
- Velocidad de propagación del sonido (UNE EN 14579)

Ensayos de caracterización de producto acabado

Debido a la implantación del marcado CE para productos como las baldosas, los adoquines y bordillos, se han recogido en las normas UNE EN 1341, UNE EN 1342 y UNE EN 1343, los siguientes ensayos específicos para este tipo de aplicaciones:

- Resistencia al deslizamiento
- Resistencia a la abrasión
- Energía de rotura

Ensayo de niebla salina

Ensayos de alteración

Los ensayos de alteración consisten en la introducción de las muestras en ambientes controlados que pretenden reflejar las condiciones ambientales a las que están expuestas las piedras en su lugar de colocación. Esta simulación se hace de forma más intensa en el tiempo y en condiciones más rigurosas de las reales para acelerar el proceso.

- Hielo/Deshielo (UNE-EN 12371)
- Humectación/desecación (UNE-EN 14066)
- Niebla salina (UNE-EN 14147)
- Cristalización de sales (UNE-EN 12370)
- SO_2 en presencia de humedad (UNE-EN 13919)

Cada norma establece un modo de evaluar la alterabilidad, que además de la pérdida en peso incluye la medida de propiedades físicas y mecánicas. Una propiedad muy interesante, pero que no está incluida en la nomativa es la medida de la variación del color, que tiene efectos estéticos considerables. Esta técnica, disponible en nuestro laboratorio, es muy rápida y no destructiva.

Equipamiento disponible

El laboratorio de Piedra Natural dispone de todo el equipamiento necesario para los ensayos descritos con anterioridad. El equipamiento más relevante puede resumirse en:

- Prensas de distintas capacidades para los ensayos de compresión y flexión: 2000 kN, 1000 kN, 200 kN, 50 kN y 20 kN.
- Autoclaves para determinación de densidad aparente y porosidad abierta.
- Cámaras climáticas para los ensayos de alteración.
- Equipo de resistencia a la abrasión
- Equipo para la determinación de la energía de rotura
- Péndulo para resistencia al deslizamiento
- Equipo para medida de frecuencia de resonancia
- Velocidad sónica
- Espectofotómetro para la medida de coordenadas cromáticas.

Ensayo de Heladicidad

Garantia de calidad

El Laboratorio de Piedra Natural del IGME está acreditado por la Entidad Nacional de Acreditación (ENAC), conforme a los criterios recogidos en la Norma **UNE-EN-ISO 17025:2005 (Certificado 62/LE127)**, y realiza la práctica totalidad de los ensayos normalizados según la reglamentación europea (UNE- EN), así como otros ensayos adicionales de interés.

Como requisitos exigidos por ENAC para evaluar la calidad de los resultados obtenidos, el laboratorio de Piedra Natural del IGME dispone de las siguientes herramientas.

1. Ensayos de intercomparación. Debido a la inexistencia de algún organismo nacional o internacional que organizase intercomparaciones en el ámbito de la piedra natural, y a la creciente exigencia por parte de ENAC a los laboratorios acreditados en este campo, en el año 2003 y bajo los auspicios de la Federación Española de la Piedra Natural, se creó el Grupo de Trabajo de Laboratorios de Piedra Natural (GTLPN).

Este grupo de trabajo aglutina a los laboratorios más importantes de España (acreditados o no), tanto públicos como privados. Además de servir como foro de debate y punto de encuentro, su principal misión es la de organizar ensayos de intercomparación en todas las normas UNE EN.

2. Ensayos de control interno. Anualmente, y siempre sobre el mismo material, se realizan todos los ensayos descritos en el apartado 2. Los datos obtenidos año tras año permiten controlar las posibles desviaciones debidas a inexactitudes en el método de ensayo o en los equipos.

Investigaciones

La labor investigadora del personal de este laboratorio se centra en **proyectos de Conservación del Patrimonio** de origen individual o en colaboración con otros organismos nacionales, entre los que cabe destacar el Instituto de Geología Económica del CSIC y la Universidad de Salamanca.

Ensayo de resistencia al deslizamiento

LABORATORIO DE GEOTECNIA

Una de las áreas de mayor importancia dentro de la ingeniería civil es la relacionada con el estudio del comportamiento de los suelos y macizos rocosos frente a las acciones exteriores, por este motivo resulta fundamental contar con un laboratorio que permita un adecuado estudio y análisis de sus propiedades y parámetros necesarios para el diseño y ejecución de proyectos geotécnicos, elaboración de mapas de riesgos geológicos y estudios de investigación del suelo.

Las muestras que se ensayan en laboratorio deben ser consecuencia de una toma de muestras planificada, y los ensayos adecuados a los fines perseguidos, como pueden ser la idoneidad de los materiales para un determinado uso previsto, el estudio de estabilidad de taludes, cálculo de cargas sobre cimentaciones, asientos, etc.

Ensayos realizados

Ensayos básicos de laboratorio necesarios para la identificación del terreno, evaluación de las características de resistencia y deformabilidad, y los de agresividad del mismo, con aplicación al cálculo de cimentaciones y estructuras de contención de edificios.

Ensayos en suelos

Identificación y estado: Se consideran ensayos de identificación y estado al conjunto de ensayos normalizados necesarios para la determinación de los parámetros de estado (plasticidad y granulometría) y para la obtención de pro-

Prensa

piedades específicas, que permitan diferenciar distintos tipos de suelos, prever problemas geotécnicos, estudiar posibles procesos de erosión del terreno y caracterizar la agresividad química sobre cimentaciones.

Ensayos realizados:

— Preparación de muestra para los ensayos de suelos: UNE 103-100-95
— Humedad de un suelo mediante secado en estufa: UNE 103-300-93
— Granulometría de suelos por tamizado: UNE-103-101-95
— Límite líquido por el método de la Cuchara de Casagrande: UNE-103-103-94
— Límite plástico: UNE 103-104-93
— Densidad relativa de las partículas de un suelo: UNE 103-302-94
— Contenido en materia orgánica, método del permanganato potásico: UNE 103-204-93.
— Determinación cualitativa de sulfatos: UNE 103-202.
— Determinación cuantitativa de sulfatos: UNE 103-202-201.
— Determinación del contenido en carbonatos de un suelo: UNE 103-200

Compactación

Los ensayos de compactación permiten caracterizar la densificación de los suelos bajo una energía de compactación determinada. En general, la compactación de un suelo se especifica como porcentaje de la densidad Proctor.
Ensayos realizados:

— Compactación Proctor Normal: UNE 103-500:94
— Compactación Proctor Modificado: UNE 103-501:94

Resistencia y deformación

Los fenómenos más característicos del comportamiento de un suelo no saturado son los relacionados con las deformaciones volumétricas que experimenta el mismo al modificar su grado de saturación. La deformación experimentada puede suponer un aumento (expansión) o disminución (colapso) de dicho volumen.

Los ensayos realizados en laboratorio para determinar las variaciones volumétricas de los suelos consisten, en esencia, en la aplicación una carga de valor conocido sobre un suelo y en la cuantificación de las variaciones de volumen producidas en éste a lo largo del tiempo.

Los ensayos de resistencia tienen por objeto la determinación de los parámetros resistentes de un suelo: cohesión y ángulo de rozamiento interno, y se realizan sobre muestras de un mismo suelo sometidas a cada una a distintos grado de consolidación.

Ensayos realizados:

— Ensayo de rotura a compresión simple en probetas de suelo: UNE 103-400-93
— Determinación de los parámetros resistentes de un suelo en equipo triaxial: UNE 103402:98

— Hinchamiento libre de un suelo en edómetro: UNE 103-601-96
— Ensayo para calcular la presión de hinchamiento de un suelo en edómetro: UNE 103-602-96
— Consolidación unidimensional de una muestra de terreno: UNE 103-405-94
— Ensayo Lambe (índice de expansión y cambio potencial de volumen): UNE 103-600-96.
— Ensayo de corte directo de suelos: UNE 103-401-98.
— Ensayo de colapso en suelos: UNE 103406: 2006.

Ensayo Lambe

Ensayos en rocas

Resistencia y deformación
Con este tipo de ensayos se pretende determinar los parámetros resistentes y deformacionales y las relaciones entre ambos.

Ensayos realizados:

— Resistencia a la compresión uniaxial: UNE 22950-1:1990
— Resistencia a la tracción. Determinación indirecta (Ensayo Brasileño): UNE 22950-2:1990
— Determinación del módulo de elasticidad (Young) y del Coeficiente de Poisson: UNE 22950-3:1990
— Resistencia a carga puntual: UNE 22950-5:1996.

Además de los ensayos citados, el laboratorio dispone del equipamiento adecuado para la realización de ensayos de identificación (composición y estructura de la roca) ensayos de estado (densidad porosidad, humedad), y clasificación (velocidad sónica) [1].

Medios materiales e instrumentación

El laboratorio está equipado con los equipos de medida y ensayo necesarios para la adecuada realización de los ensayos y calibraciones, así como para el procesamiento y análisis de los datos obtenidos.

Dispone de modernos equipos para la determinación de los parámetros resistentes y de deformación, tanto en suelos como en rocas, entre los que cabe destacar:

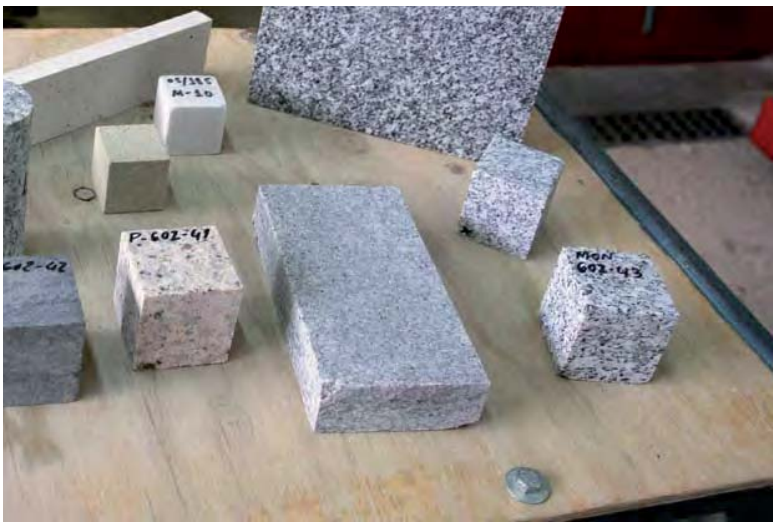
- Equipo automático con sistema de presión para ensayo triaxial de suelos, con control regulación y mantenimiento de las presiones de confinamiento y de cola mediante módulo de control. Dispone de

  — Medida automática del cambio de volumen
  — Medida automática de la permeabilidad
  — Control automático de la prensa
  — Medida automática de la deformación
  — Control independiente o simultáneo de los equipos de presión (hasta 35 bares)

Ensayo triaxial en suelos

[1] Ensayos realizados de acuerdo a normativa UNE vigente de Piedra Natural

Probetas de ensayo



— Visualización gráfica en tiempo real de los ensayos de compresión uniaxial y triaxial.
— Módulo de adquisición de datos
— Programa de procesado para ensayo triaxial en versión Windows.

- Equipo de corte con bancada auxiliar de consolidación. Permite realizar de forma simultánea el ensayo de resistencia al corte y la consolidación axial de las probetas restantes, confinadas a distinta presión cada una. El equipo dispone de:

— Selector de velocidad de 5 dígitos (0,00001 a 2,00000 mm/min).
— Células de corte de 60 mm × 60 mm, o de 50 mm de diámetro.
— Sistema de aplicación de cargas verticales mediante palanca de relación 10:1 compensada de forma que las cargas no son soportadas por la probeta hasta que el operador inicia el ensayo.
— Medidas de desplazamiento horizontal y vertical mediante transductores de desplazamiento.
— Célula de carga de 5 kN de capacidad para ensayos de tracción-compresión.
— Módulo de adquisición de datos y creación de ficheros en ASCII, con visualización en tiempo real de los valores adquiridos

- Edómetros completos con células de 45 mm y de 70 mm de diámetro, medidas de deformación mediante transductores de desplazamiento, y sistemas de aplicación de cargas hasta 12 kg/cm^2.

— Prensa automática electrohidraúlica de 2000 kN, con control doble de presiones, tanto para carga axial, como para presión de confinamiento en célula Hoek, de 700 bars de presión, para ensayos de rotura a compresión uniaxial y triaxial de rocas.

- Módulo acondicionador digital para la adquisición simultánea de cuatro canales para bandas extensométricas, con registro simultáneo del valor de medida. Los ensayos disponen de software de control de adquisición de datos, con procesamiento y visualización en tiempo real de los valores adquiridos y aplicación desarrollada en entorno Windows.

Ensayo energia de rotar

Garantías de calidad

Todos los ensayos se efectúan con arreglo a la normativa UNE vigente. Los ensayos, calibraciones y mantenimientos de los equipos empleados se realizan de acuerdo a los requisitos exigidos en la norma europea UNE-EN ISO/IEC 17025.

Perforadora de rocas

LABORATORIO DE TESTIFICACIÓN DE SONDEOS

El Laboratorio de Testificación de Sondeos tiene como actividad principal la aplicación de técnicas avanzadas de testificación geofísica y análisis de imágenes al estudio de los testigos de sondeos de investigación geológica.

Medios materiales

Este laboratorio cuenta con los siguientes equipos:

1. Testificador multisensor GEOTEK MSCL-81
2. Escáner para testigos de sondeos DMT CoreScan Colour II (instalado en la Litoteca de Sondeos del IGME)
3. Liofilizador de laboratorio TELSTAR LyoAlfa 6-50

Ensayos

Testificación geofísica multiparamétrica. Se utiliza el MSCL Geotek, que es un dispositivo desarrollado para la medida continua de propiedades físicas sobre testigos de sondeos, mediante técnicas no destructivas y de alta resolución. Va dirigido preferentemente a aquellos sondeos donde no es posible aplicar las técnicas tradicionales de testificación geofísica.

Puede trabajar con testigo enteros o seccionados longitudinalmente, de 50 a 150 mm de diámetro y 1,5 m de longitud máxima, procedentes de sondeos perforados en roca o en materiales no consolidados, en cuyo caso deberán ir protegidos por una cápsula plástica o *liner*.

Se pueden obtener, en conjunto o individualmente, los siguientes parámetros:

Testificador GEOTEK MSCL-81.

Diámetro del testigo. Mide el diámetro en testigos enteros (o el espesor de los seccionados) con una resolución de 0,01 mm.

Temperatura. Medida directa de la temperatura del testigo, o bien de la temperatura del laboratorio para el procesado de datos. Tiene una resolución de 0,01° C.

Velocidad de ultrasonidos (ondas P) **.** Medida del tiempo de paso de las ondas de compresión (p) a través del testigo. La resolución de estos sensores es de 50 ns, para el tiempo de paso, lo cual permite calcular la velocidad sónica con una precisión del 0,2%.

*Densidad aparente (*bulk density*).* Se obtiene por la atenuación de rayos gamma procedentes de una fuente de Cs-137 al atravesar el testigo. La precisión de la medida es superior al 1%, dependiendo del colimador que se utilice (de 2,5 ó de 5 mm de diámetro) y del tiempo empleado en la adquisición del dato.

Susceptibilidad magnética. Se obtiene la susceptibilidad (k) adimensional por medida directa. Mediante transformación se puede obtener la susceptibilidad volumétrica (*Volume Susceptibility*), o bien a la referida a la masa específica de la muestra (*Mass Specific Susceptibilty)*. Para ello, dispone de dos tipos de sensores:

- Anillos MS2C (5 unidades)**,** para testigos enteros, con diámetros de 60, 72, 80, 100 y 130 mm.

- Sensor puntual de contacto MS2E para testigos seccionados, que tiene en cuenta la densidad. Puede trabajar con una resolución de 5 mm.

Resistividad eléctrica. Determinación de la resistividad eléctrica del testigo por inducción, sin contacto directo. Pueden medirse resistividades de entre 0,1 y 10 ohmio-m con una resolución espacial óptima de 2 cm.

Mediante el procesado de los datos obtenidos en los ensayos anteriores se pueden obtener los siguientes parámetros:

Impedancia acústica. Se calcula a partir de la velocidad ultrasónica. Se aplica en la interpretación de perfiles sísmicos y en cálculos geotécnicos.

Factor de porosidad y/o factor de formación. Introduciendo el valor de la densidad real del material que se analiza.

Escaneado de testigos de sondeos

El sistema Corescan II permite escanear testigos litológicos de sondeos de hasta 1 m. de longitud y 150 o 250 mm de diámetro, según sean enteros (en circunferencia completa) o seccionados.

Dispone de un dispositivo de adquisición de imágenes formado por una cámara de alta resolución capaz de obtener imágenes digitales en color verdadero de 24 bits y con una resolución de hasta 40 píxel/mm

El equipo se completa con un ordenador integrado, que dispone del software necesario para la adquisición, procesado, tratamiento y almacenamiento posterior de las imágenes. Constituye un complemento importante para la geofísica de pozo o la resultante de la testificación multiparamétrica mediante MSCL.

Aplicaciones:

- Adquisición y almacenamiento digital de imágenes
- Composición continua de todos los testigos de un sondeo e integración de datos de diferentes sondeos
- Evaluación y orientación de estructuras: fallas, diaclasas, diques, etc. Deter-

minación de sus profundidades reales. Orientación al N de los testigos, en concordancia con datos geológicos previos.

- Análisis de imágenes para determinación de granulometría (análisis textural y obtención de histogramas) y análisis mineralógico óptico.
- Determinación de parámetros geotécnicos:
  - — RQD (Rock Quality Designation): Determinación de calidad de macizos rocosos.
  - — FD (Fracture Density): Densidad de fracturas
  - — FS (Fracture Spacing): Espaciado de fracturas

Liofilización de muestras

Proceso utilizado para la eliminación del agua de los sedimentos mediante desecación al vacío y a muy bajas temperaturas.

El material debe hallarse congelado previamente. Posteriormente se introduce en la cámara de vacío del liofilizador para que se remueva el agua por sublimación. Mediante diversos ciclos de congelación-evaporación se consigue eliminar la totalidad del agua libre contenida en el material original. Es lo que se conoce como proceso *freeze-drying.*

El LyoAlfa 6-50 incorpora una bomba de vacío de doble etapa y un sistema frigorífico que enfría la superficie del condensador hasta la temperatura de trabajo.

Aplicaciones:

— Pretratamiento de muestras de suelos mediante freeze-drying para análisis posteriores (ISO 16720:2005)
— Determinación de la materia orgánica en muestras desecadas
— Desecación de muestras de sedimentos finos poco consolidados para elaboración de preparaciones transparentes para microscopio.
— Pretratamiento de muestras orgánicas para molienda y análisis posteriores.

Liofilizador de laboratorio LioAlfa-6-50

MINISTERIO
DE CIENCIA
E INNOVACIÓN
Instituto Geológico
y Minero de España
planetatierra