

TOMO I

ESTUDIO DEL CAMPO DE APLICACION, DESARRO-  
LLO Y VIABILIDAD DE LAS TECNICAS DE LABORA-  
TORIOS.

Diciembre, 1979.

**45003**

## INDICE GENERAL

	<u>Página</u>
ESTUDIO DEL CAMPO DE APLICACION, DESARROLLO Y VIABILIDAD DE LAS TECNICAS DE LABORATORIOS.	
0. INTRODUCCION GENERAL.	1.
 <u>PARTE I. - ANALISIS RETROSPECTIVO DEL DEPARTAMENTO DE LABORATORIOS DEL IGME.</u>	
1. INTRODUCCION.	6.
2. ESTRUCTURA DEL DEPARTAMENTO DE LABORATORIOS.	8.
3. LABORATORIO DE QUIMICA ANALITICA.	12.
3.1. Personal.	12.
3.2. Técnicas y Medios.	14.
3.3. Estadística de Ejecuciones.	16.
4. LABORATORIO DE RAYOS X.	24.
4.1. Personal.	24.
4.2. Técnicas y Medios.	25.
4.3. Estadística de Ejecuciones.	27.
5. LABORATORIO DE PETROLOGIA.	31.
5.1. Personal.	31.
5.2. Técnicas y Medios.	32.
5.3. Estadística de Ejecuciones.	34.
6. LABORATORIO DE ESTUDIOS ISOTOPICOS.	38.
7. RESUMEN Y PRIMERAS CONCLUSIONES.	39.
7.1. Personal.	39.
7.2. Técnicas y Medios.	40.
7.3. Producciones y tendencias.	41.
7.4. Otras conclusiones de carácter general.	43.

./

Cont.

Página

PARTE II. - ANALISIS DE LABORATORIOS DE OTROS ORGANISMOS ESPAÑOLES.

1. INTRODUCCION.	47.
2. CATEDRA DE GEOLOGIA. UNIVERSIDAD DE SALAMANCA.	
2.1. Departamentos de que dispone.	49.
2.2. Plantilla de Personal.	49.
2.3. Medios.	49.
2.4. Organización interna.	50.
	51.
3. LABORATORIOS AGRARIOS DE CENTRO.	56.
3.1. Organigrama General.	56.
3.2. Plantilla de Personal.	58.
3.3. Departamento de Análisis Especiales.	60.
3.3.1. Medios.	60.
3.3.2. Personal.	61.
3.4. Departamento Medios de Producción. (Sección Suelos y Aguas).	61.
3.4.1. Medios.	62.
3.4.2. Personal.	62.
3.5. Organización interna.	63.
4. JUNTA DE ENERGIA NUCLEAR.	69.
4.1. División de Química y Medio Ambiente.	69.
4.1.1. Misiones de la División.	69.
4.1.2. Plantilla.	71.
4.1.3. Medios.	73.
4.1.4. Organización interna.	74.
4.2. Laboratorio de Petrografía y Mineralogía.	76.
4.2.1. Plantilla.	76.
4.2.2. Equipos.	76.
4.2.3. Organización interna.	77.
5. ENADIMSA. (Empresa Nacional Adaro de Investiga <u>ciones</u> Mineras, S. A.).	87.
5.1. Organización interna.	88.

./.

./.

Cont.

Página

ANEXO I. LABORATORIOS QUIMICOS.

NOTA PREVIA.	106.
1. ELEMENTOS ANALIZADOS Y LIMITES DE DETECCION EN ROCAS, MINERALES Y - SUELOS.	107.
2. DETERMINACIONES EN AGUAS.	111.
2. A. Aguas Naturales.	111.
2. B. Aguas Contaminadas.	112.
2. C. Aguas para Geotermismo.	114.
3. INSTRUMENTAL Y APARATOS.	115.
3. A. Análisis Químicos y Bacteriológicos.	115.
3. B. Preparación Mecánica.	118.
4. PERSONAL TECNICO.	120.
5. REFERENCIAS.	121.

ANEXO II. LABORATORIOS MINERALOGICOS.

1. DIFRACTOMETRIA DE RAYOS X.	128.
1. 1. Características técnicas.	128.
1. 2. Personal.	129.
1. 3. Material.	129.
1. 4. Posibilidades analíticas.	130.
1. 5. Trabajos realizados.	131.
2. MINERALOMETRIA.	132.
2. 1. Características técnicas.	132.
2. 2. Personal.	134.
2. 3. Material.	134.
2. 4. Posibilidades analíticas.	135.
2. 5. Trabajos realizados.	136.

./..

./..

Cont.

	<u>Página</u>
3. ESTUDIOS METALOGENICOS Y MICROSCOPIA OPTICA.	137.
3.1. Características técnicas.	137.
3.2. Personal.	138.
3.3. Material.	138.
3.4. Posibilidades analíticas y de trabajo.	139.
3.5. Trabajos realizados.	140.
4. TALLER DE PREPARACION MECANICA.	141.
4.1. Características técnicas.	141.
4.2. Personal.	141.
4.3. Material.	141.
4.4. Posibilidades de trabajo.	142.
5. TALLER DE PROTOTIPOS.	143.
 <u>PARTE III. - ANALISIS DE LABORATORIOS DE ORGANISMOS EXTRANJEROS.</u>	
1. INTRODUCCION.	146.
2. B. G. R. DE HANNOVER.	148.
2.1. Organigrama General.	148.
2.2. División de Geoquímica y Mineralogía.	148.
2.2.1. Equipos.	151.
2.2.2. Organización.	151.
2.3. Laboratorios en Otras Divisiones.	154.
3. ECOLE NATIONALE SUPERIEUR DE GEOLOGIE APPLIQUE ET DE PROSPECTION MINIERE DE - NANCY.	157.
3.1. Laboratorio del Departamento de Metalogenia.	157.
3.1.1. Equipos.	158.
3.1.2. Producciones.	158.
3.1.3. Organización.	159.
3.2. Laboratorio del Departamento de Tratamiento de Minerales.	160.

./...

./...

Cont.

Página

4.	INSTITUTO DE CIENCIAS GEOLOGICAS DE U. K. (I. G. S.).	162.
4.1.	Organización General.	162.
4.2.	Plantilla del IGS.	163.
4.3.	División de Geoquímica y Petrología.	165.
4.3.1.	Organigrama y Plantilla.	165.
4.3.2.	Equipos.	167.
4.3.3.	Organización.	169.

ANEXOS: (entregados en su día).

1. Memoria anual del Institute of Geological Sciences (1977).
2. Memoria anual del B. G. R. de Hannover 1977/1978.

PARTE IV. - PROPUESTA DE LOS METODOS ORGANIZATIVOS DE LA SECCION DE LABORATORIOS DEL IGME.

1.	INTRODUCCION.	178.
2.	ORGANIZACION ACTUAL.	180.
3.	LA SOLICITUD DE TRABAJO.	182.
3.1.	Introducción.	182.
3.2.	Presentación de la STL.	183.
3.3.	Descripción de la STL.	185.
3.4.	Circulación de la STL.	192.
3.5.	Funciones de cada persona en la circulación de la STL.	195.
4.	LA ORDEN DE TRABAJO.	198.
4.1.	Introducción.	198.
4.2.	Presentación de la OT.	199.
4.3.	Descripción de la OT.	201.
4.4.	Circulación de la OT.	205.
4.5.	Funciones.	207.
5.	LA ENTREGA DE RESULTADOS.	208.
5.1.	Departamento de Análisis Químicos.	209.
5.1.1.	Laboratorio de Aguas.	209.
5.1.2.	Laboratorio de Análisis Químicos por vía seca y vía húmeda.	209.
5.1.3.	Laboratorio de Absorción Atómica.	210.

.. /

.. /

Cont.

	<u>Página</u>
5. 2. Departamento de Estudios Isotópicos y Rayos X.	211.
5. 2. 1. Laboratorio de Rayos X.	211.
5. 2. 2. Estudios isotópicos.	211.
5. 2. 3. Microsonda.	211.
5. 3. Departamento de Petrología y Metalogenía.	212.
5. 4. Presentación de los impresos.	213.
5. 5. Circulación de los impresos de resultados.	214.

PARTE V. - ESTRUCTURA Y PLANTILLA PREVISTA  
DE LA SECCION DE LABORATORIOS DEL IGME.

1. INTRODUCCION.	225.
2. ORGANIZACION ESTRUCTURAL.	227.
3. ESTUDIO DE PLANTILLAS.	233.
3. 1. Departamento de Análisis Químicos.	236.
3. 1. 1. Laboratorio de Aguas.	236.
3. 1. 2. Laboratorio de Absorción Atómica.	238.
3. 1. 3. Laboratorio de Análisis Químicos, vía seca y vía húmeda.	240.
3. 1. 4. Laboratorio de Emisión con Plasma.	242.
3. 1. 5. Laboratorio de Cromatografía.	243.
3. 1. 6. Laboratorio de Radiometría.	244.
3. 2. Departamento de Estudios Isotópicos y Rayos X.	248.
3. 2. 1. Laboratorio de Estudios Isotópicos.	248.
3. 2. 2. Laboratorio de Rayos X.	249.
3. 2. 3. Laboratorio de Microsonda.	250.
3. 3. Departamento de Geoquímica y Mineralogía.	253.
3. 3. 1. Grupo de Geoquímica.	253.
3. 3. 2. Grupo de Petrografía.	253.
3. 3. 3. Grupo de Mineralogía.	253.
3. 4. Secretaría y Recepción de Muestras.	254.
3. 5. Preparación de Muestras.	256.
3. 6. Resumen de Plantillas.	257.

.. /.

../.  
Cont.

	<u>Página</u>
3. 6. 1. Jefatura de la Sección.	257.
3. 6. 2. Secretaría y Recepción de Muestras.	257.
3. 6. 3. Preparación de Muestras.	257.
3. 6. 4. Departamento de Análisis Químicos.	257.
3. 6. 5. Departamento de Estudios Isotópicos y Rayos X.	259.
3. 6. 6. Departamento de Geoquímica y Mine ralogía.	260.
4. CONCLUSIONES.	263.
4. 1. Relativas a Organización Estructural.	263.
4. 2. Relativas a Plantillas.	265.
5. PLANES DE FORMACION DE PERSONAL.	267.

## 0. INTRODUCCION GENERAL

El presente estudio se enmarca dentro del Plan Nacional de Abastecimiento de Materias Primas Minerales (PNAMPM) para el cuatrienio 1979-1982, aprobado por el Consejo de Ministros del 22 de Diciembre de 1978.

Sus antecedentes deben buscarse en la necesidad de replantear la organización de los Laboratorios del Instituto Geológico y Minero de España (IGME) al objeto de un mejor cumplimiento de las previsiones que el PNAMPM tiene establecidas, adecuando sus medios tanto de personal como técnicos -- con vistas a la prestación idónea de los servicios que le van a ser solicitados.

La determinación del campo de aplicación y establecimiento de directrices a corto, medio y largo plazo de dichas técnicas, así como la fijación de -- sus necesidades reales en función de los objetivos a cubrir en el marco de las posibilidades de dicho Plan, justifican por sí mismo la necesidad de llevar a cabo este Estudio. Por otra parte, los análisis retrospectivos de las actividades desarrolladas, en comparación con otros organismos y definición de su nueva organización estructural, así como el establecimiento de métodos de trabajo, control e información, permitirán en los próximos -- años atender los servicios que, de manera creciente en función de la ejecución del PNAMPM, indudablemente van a ser demandados al IGME, en -- cuanto a Laboratorios se refiere.

El primer objetivo que se pretende cubrir con este Estudio es el de la optimización de las posibilidades actuales de la Sección. Para ello se ha --

realizado un análisis histórico extendido a los últimos años de los medios, plantillas y producciones de los Laboratorios del IGME. Este análisis corresponde a la Parte I del Estudio, titulada "Análisis retrospectivo del Departamento de Laboratorios del IGME".

En segundo lugar se ha realizado una comparación con otras empresas u organismos, tanto nacionales como extranjeros, con el mismo ámbito de servicios, así como las tendencias actuales en este tema, para adecuar estas tendencias a la realidad del IGME. Esta comparación corresponde a la Parte II del Estudio, titulada "Análisis de Laboratorios de otros -- organismos españoles". Y a la Parte III, "Análisis de Laboratorios de -- organismos extranjeros".

Posteriormente, y basándose en las etapas hasta aquí mencionadas, se ha realizado una serie de propuestas de índole organizativa que han quedado recogidas en la Parte IV titulada "Propuesta de métodos organizativos de la Sección de Laboratorios del IGME".

Finalmente, a la vista de las conclusiones extraídas en cada fase del - Estudio se ha realizado una previsión de plantilla de este servicio, que permita el cumplimiento de los objetivos que le han sido encomendados, así como su distribución estructural adecuada a las necesidades del -- IGME. Dicha previsión corresponde a la Parte V, de este Estudio, que ha sido titulada "Estructura y Plantilla prevista de la Sección de Laboratorios del IGME".

En volumen separado se presenta un "Resumen General del Estudio" -

PARTE I

ANALISIS RETROSPECTIVO DEL DEPARTAMENTO DE LABORA-  
TORIOS DEL I. G. M. E.

## INDICE

	<u>Página</u>
1. INTRODUCCION .....	6.
2. ESTRUCTURA DEL DEPARTAMENTO DE LABORATO-- RIOS .....	8.
3. LABORATORIO DE QUIMICA ANALITICA .....	12.
3.1. Personal .....	12.
3.2. Técnicas y Medios .....	14.
3.3. Estadística de Ejecuciones .....	16.
4. LABORATORIO DE RAYOS X .....	24.
4.1. Personal .....	24.
4.2. Técnicas y Medios .....	25.
4.3. Estadística de Ejecuciones .....	27.
5. LABORATORIO DE PETROLOGIA .....	31.
5.1. Personal .....	31.
5.2. Técnicas y Medios .....	32.
5.3. Estadística de Ejecuciones .....	34.
6. LABORATORIO DE ESTUDIOS ISOTOPICOS .....	38.
7. RESUMEN Y PRIMERAS CONCLUSIONES .....	39.
7.1. Personal .....	39.
7.2. Técnicas y Medios .....	40.
7.3. Producciones y tendencias .....	41.
7.4. Otras conclusiones de caracter general .....	43.

## 1. INTRODUCCION

La primera parte del presente estudio está dedicada a la realización de un análisis retrospectivo del Servicio de Laboratorios del IGME en lo que se refiere a:

- Actividades y trabajos realizados
- Medios y técnicas empleadas
- Plantilla de personal disponible.

En las siguientes partes realizaremos análisis de organismos o empresas que presten servicios similares, métodos de organización, etc., todo ello con el doble objetivo de:

- Proponer los sistemas de organización adecuados al desarrollo previsto del Servicio.
- Proponer los medios con que debe de contar para llevar a cabo las gestiones que tiene encomendadas.

Ahora bien, dado que a la hora de realizar previsiones de desarrollo se habrá de contar necesariamente con las políticas y objetivos que marquen autoridades Superiores, esta primera parte de análisis retrospectivo solo representa un primer paso en la línea de extrapolación al futuro, comenzando por estudiar la situación actual de cada laboratorio y dando a continuación las evoluciones estadísticas que han tenido en años anteriores y que son razón de ser de dicha situación actual. De esta forma, excepto en casos de tendencias muy claras, nos limitamos a exponer las estadísticas realizadas, dejando para más adelante la realización de previsiones.

A pesar de ello el último capítulo de esta primera parte está dedicado a la obtención de las primeras conclusiones, en base a los datos extraídos de los diferentes informes mensuales que cada Laboratorio ha realizado en los últimos años.

## 2. ESTRUCTURA DEL DEPARTAMENTO DE LABORATORIOS

Es un departamento con carácter neto de servicio para las diferentes divisiones del IGME. Actualmente se encuentra dividido en 4 Secciones, aparte de Secretaría, a saber:

- Laboratorio de Química Analítica
- Laboratorio de Rayos X
- Laboratorio de Petrología y Metalogenia
- Laboratorio de Estudios Isotópicos

En la figura adjunta se puede observar esta situación estructural.

Sus funciones actuales se pueden resumir como sigue:

a) Secretaria:

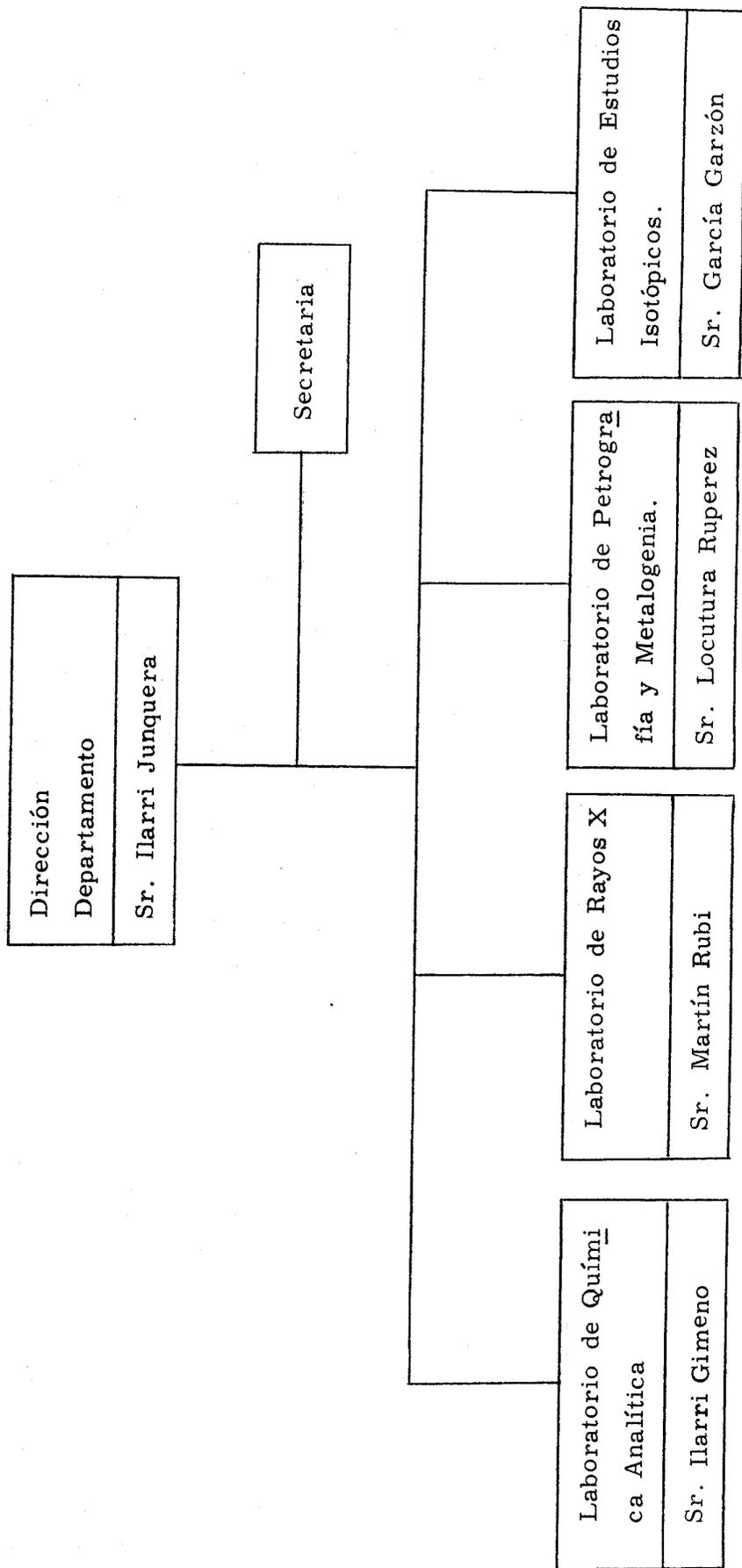
- Recepción y registro de muestras
- Mecanografía y entrega de resultados
- Archivo central
- Administración (cobros y pedidos)

b) Laboratorio de Química Analítica:

- Análisis químicos elementales, (de muestras de aguas, rocas, minerales, suelos, cenizas, etc.) en orden a un tratamiento individualizado de cada determinación, por métodos clásicos y espectroquímicos.

ORGANIGRAMA DEL DEPARTAMENTO DE LABORATORIOS DEL IGME

JUNIO-1979.



- c) Laboratorio de Rayos X:
- Análisis químicos elementales en orden a un tratamiento multielemento simultáneo.
  - Análisis estructurales individualizados.
- d) Laboratorio de Petrología y Metalogenia:
- Preparación de láminas y probetas
  - Estudios petrológicos
  - Estudios metalogénicos
  - Estudios mineralógicos
  - Actividades anexas (como Microsonda o confección de Lo-setas).
- e) Laboratorio de Estudios Isotópicos:
- Preparación mecánica de muestras para sí y para los de más laboratorios (excepto láminas y probetas).
  - Tratamiento químico de muestras para espectrometría
  - Estudios de Geocronología (datación)

Ahora bien, esta estructuración no ha sido la misma en los últimos años; con anterioridad al año 1979 se pueden destacar las siguientes diferencias muy importantes:

- 19.- La preparación de muestras las realizaba cada Laboratorio para si mismo, es decir, era una preparación descentralizada, mientras que actualmente, como se indica, es el Laboratorio de Estudios Isotópicos el que lo realiza (excepto en el caso de preparación de láminas y probetas)

debido a que su propia preparación de muestras exige mayor grado de afino que el resto de Laboratorios; en alguna ocasión se llegó a pensar hasta en la creación de un Laboratorio especial de Preparación de Muestras, pero según nos indica la Jefatura del Servicio, por escasez de plantilla y por pensar que es una solución más operativa, se ha estructurado como decimos.

- 2º. - Existían por separado los Laboratorios de Química y de Espectroquímica que en la actualidad forman el único de Química Analítica.
- 3º. - Al igual que la preparación de muestras ha estado descentralizada hasta fecha reciente, ha habido tiempos en que también las Labores de Secretaría han sido realizadas por cada Laboratorio. En general los Laboratorios han sido órganos estancos y de aquí se ha derivado la preocupación de la actual Dirección por aumentar la centralización de tareas comunes y la coordinación inter-laboratorios.
- 4º. - El Laboratorio de Estudios Isotópicos, hasta fechas muy recientes no ha realizado trabajos ni para el resto de divisiones ni para el exterior; desde su creación hasta las fechas actuales ha estado prácticamente en situación de puesta a punto, por deficiencias de personal, tanto en cantidad como en calidad, y por deficiencias en los medios con que se dotó en un comienzo.

### 3. LABORATORIO DE QUIMICA ANALITICA

#### 3.1. Personal

En la actualidad, está adscrita a este Laboratorio la siguiente plantilla:

- 1 Jefe de Laboratorio
- 1 Adjunto
- 1 Encargado
- 2 Oficiales 1<sup>a</sup> analistas
- 5 Oficiales 2<sup>a</sup> (2 están contratados por 6 meses)
- TOTAL 10 personas.

En este Laboratorio, igual que en el resto, tanto la categoría laboral del personal así como la situación de sus contratos con la Administración, son muy variables de una a otra persona y es - este un tema que no ha sido objeto de estudio, si bien pudiera tener influencia en el normal desarrollo de las actividades.

En esta plantilla está incluido tanto el personal de Química como el del antiguo Laboratorio de Espectroquímica, ya que ahora están fusionados. La evolución del personal en los últimos años la damos por separado en el cuadro siguiente:

<u>Laborat.</u>	<u>Categ.</u>	<u>69</u>	<u>70</u>	<u>71</u>	<u>72</u>	<u>73</u>	<u>74</u>	<u>75</u>	<u>76</u>	<u>77</u>	<u>78</u>	<u>79</u>
Química	Téc. Med.	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	1
	Laborant.	2	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4
	TOTAL	3	4	4	4	4	5	5	5	6	6	5
Espectroq.	Téc. Super.	1	1	1	1	2	2	2	1	1	1	1
	Laborant.	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4
	TOTAL	6	6	6	6	6	6	6	5	5	5	5
SUMA	Téc. Super.	1	1	1	1	2	2	2	1	1	1	1
	Téc. Med.	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	1
	Laborant.	7	8	8	8	7	7	7	7	8	8	8
	TOTAL	9	10	10	10	10	11	11	10	11	11	10

Se deduce que la plantilla ha sido prácticamente la misma en los últimos años.

### 3.2. Técnicas y Medios

Este Laboratorio aplica en sus análisis de muestras los métodos de química clásica, tanto por vía seca como por vía húmeda y - además las técnicas de:

- Electroquímica
- Colorimetría
- Cromatografía de gases
- Medida de radiactividad  $\alpha$  y  $\beta$ .
- Absorción y emisión atómicas.

Estas últimas proceden del funcionalmente desaparecido laboratorio de Espectroquímica. Las dos anteriores son técnicas de reciente incorporación en el IGME (cromatografía y medida de radiactividad) y están todavía en fase de rodaje.

Dispone pues, aparte de los medios normales de un Laboratorio de Química, tales como hornos, balanzas, medidores de pH, etc., y aparte del material fungible, los siguientes equipos:

- 1 Espectrofotómetro IL con cámara de grafito incorporada
- 1 Espectrofotómetro Perkin-Elmer con dispositivo de hidruros y teletipo incorporados
- 1 Compresor auxiliar para absorción atómica
- 1 Espectrometro de gases Hawlett-Packard 5840 A
- 1 Fotocolorímetro Espectronik-20 (Bansch and Lamb)

- 1 Colorímetro Philips (para cloruros y cianuros)
- 1 Colorímetro de campo Hach
- 1 Equipo de radiactividad
- 1 Fluorímetro JEN.

Estos aparatos se encuentran instalados en varias pequeñas dependencias que a simple vista resultan insuficientes y deficientemente distribuidas. Ahora bien, este es un hecho que afecta a prácticamente todos los Laboratorios y que puede estar en vías de solución pensando que el IGME posee unos terrenos en los que se proyecta realizar unas nuevas dependencias, teniendo en cuenta las especiales características físicas que precisan los Laboratorios (ventilación, iluminación, temperatura, etc.).

### 3.3. Estadística de Ejecuciones

La estadística de muestras analizadas y de determinaciones realizadas por los métodos clásicos de química analítica arroja las siguientes cifras (es decir sin contar las muestras analizadas por absorción y emisión):

<u>AÑO</u>	<u>MTRAS</u>	<u>DETER</u>	<u>RELA</u>
1968	4.622	18.377	3,97
1969	3.296	13.939	4,22
1970	4.329	16.317	3,76
1971	6.562	24.225	3,68
1972	6.666	27.470	4,12
1973	7.745	34.281	4,42
1974	4.399	24.126	5,48
1975	4.770	31.381	6,57
1976	3.813	21.780	5,71
1977	4.114	37.353	9,07
1978	2.649	28.106	10,6

En este cuadro se indica la relación o cociente entre el número de determinaciones realizadas y el de muestras analizadas. Se observan las siguientes circunstancias:

- a) El número de muestras analizadas ha ido aumentando hasta el año 73 a partir del cual se ha notado una cierta tendencia a la baja; el promedio para el período 68-73 es de 5.537 muestras mientras que para el período 74-78 es de 3.949.

- b) El número de determinaciones oscila entre un mínimo en el año 69 y un máximo en el 77 (cerca de tres veces más en el 77).
- c) El número de determinaciones por muestra ha ido continuamente en alza desde 4 determinaciones en el 68 hasta 10 en el 78.

Este último punto se explica por la creciente demanda de las divisiones en el número de determinaciones y en cierto modo explica también el punto primero. El punto b) se explica solo por aumentos del rendimiento de la plantilla de personal pues esta, como ya vimos, no ha variado sensiblemente.

Veamos ahora como se ha distribuido la demanda de análisis entre las diversas divisiones del IGME y los organismos del exterior, ya sean de carácter oficial o privado. Para ello hemos tomado como período más representativo el último cuatrienio. Basándonos en los informes mensuales del laboratorio hemos llegado a obtener la siguiente tabla resumen de muestras analizadas.

<u>Organismo</u>	<u>1975</u>	<u>1976</u>	<u>1977</u>	<u>1978</u>	<u>Cuatrienio</u>	<u>%</u>
Div. Min.	695	679	660	557	2.591	16,88
Div. Aguas	325	161	1.149	842	2.477	16,14
Div. Geotec.	79	36	13	20	148	0,96
IGME	1.099	876	1.822	1.419	5.216	33,98
Exteriores	3.671	2.937	2.292	1.230	10.130	66
TOTAL	4.770	3.813	4.114	2.649	15.346	100,00

Se aprecian las siguientes tendencias claras:

- a.) Las solicitudes de análisis químicos de muestras procedentes del exterior están descendiendo claramente en los últimos años; a pesar de ello representan del orden del 60% de las muestras analizadas.
- b.) La División de Minería mantiene estable su nivel de demanda en torno al 16%.
- c.) La División de Aguas tiene demanda fluctuante alrededor del 16%.
- d.) La División de Geotecnia apenas solicita análisis químicos (igual que la de Geología que no se ha reflejado por esta causa).

Un cuadro análogo realizado para nº de determinaciones nos da los siguientes resultados:

Organismo	1975	1976	1977	1978	Cuatrienio	%
Div. Min.	4.458	3.546	1.759	1.979	11.742	9,89
Div. Aguas	2.824	742	23.260	17.053	43.879	36,99
Div. Geotec.	577	213	133	68	991	0,83
IGME	7.859	4.501	25.152	19.100	56.612	47,72
Exteriores	23.522	17.279	12.201	9.006	62.008	52,27
<b>TOTAL</b>	<b>31.381</b>	<b>21.780</b>	<b>37.353</b>	<b>28.106</b>	<b>118.620</b>	<b>100,00</b>

Mientras que el cuadro anterior nos daba idea de las solicitudes de análisis, este nos informa mejor del trabajo que cada organismo origina al laboratorio.

Vemos como cerca del 40% del trabajo corresponde a determinaciones hechas para análisis de aguas de la división correspondiente, a pesar de representar solo el 16% de las muestras, ya que para esta División el número de determinaciones por muestra es muy alto (en promedio en el cuatrienio resulta de 17,71 para la División de Aguas por 4,53 para la de Minería). Asimismo se ve que la mitad del trabajo aproximadamente proviene del exterior si bien este trabajo está descendiendo, hecho este que se produce debido a tres causas: la recesión económica general de las empresas, el aumento de contratación del IGME a Adaro, que tiene laboratorios propios y la mayor competencia actual de Laboratorios de Universidades.

OBSERVACION. - Este trabajo calificado como de exterior, en realidad puede no serlo tanto ya que en parte es originado por proyectos de otras Divisiones que han contratado empresas colaboradoras y estas a su vez, envían muestras correspondientes a dichos proyectos; ahora bien, dado el actual sistema de información de los Laboratorios es difícil medir esta incidencia. (Esta observación es válida no solo para el Laboratorio de Química Analítica, sino para la totalidad.

Para los trabajos de espectroquímica hemos obtenido la siguiente estadística de muestras analizadas y determinaciones realizadas:

<u>AÑO</u>	<u>MUESTRAS</u>	<u>DETERM.</u>	<u>RELACION</u>
1968	3.780	33.552	8,87
1969	1.714	30.000	17,5
1970	9.785	45.881	4,68
1971	7.641	24.367	3,18
1972	10.248	32.853	3,2
1973	9.314	40.463	4,34
1974	4.717	14.364	3,04
1975	4.476	14.453	3,22
1976	2.834	9.588	3,38
1977	5.113	17.524	3,42
1978	3.060	14.184	4,63

En este cuadro se indica la relación o cociente entre el número de determinaciones realizadas y el de muestras analizadas. Se obtienen los siguientes promedios anuales:

- De muestras : 5.962
- Determinaciones: 26.304
- Relación: 4,4

promedios que no parecen representativos pues las desviaciones típicas se aprecian altas a simple vista, sobre todo en los casos de los años 68 y 69, años en que el Laboratorio hizo casi exclusiva-

mente análisis de aguas. Ahora bien, excluidos estos dos primeros años se observan dos periodos diferenciados: el periodo entre 1970 - 73 y el periodo 74 - 78 que arrojan los siguientes promedios:

- De muestras: 9.247 (70-73) y 4.040 (74-78)
- De determinaciones: 35.891 y 14.022
- De relación: 3,88 y 3,47

cifras que demuestran un rendimiento global de producción en descenso. Este hecho solo se puede explicar bien por una disminución global de la demanda, bien por un descenso en el rendimiento de la plantilla, pues aunque esta sufrió una baja fue en el año 76 y la producción descendiendo globalmente a partir del 73.

La Jefatura del Departamento nos indica dos causas fundamentales por las que es posible el descenso en el rendimiento de la plantilla de este laboratorio:

- En el último periodo de tiempo se ha reducido la jornada laboral.
- Se ha dejado de utilizar la espectrografía de placa con análisis multielementales.

También hemos analizado más en profundidad, por meses, las cifras del cuatrienio 75 - 78, separando las muestras analizadas según la técnica de absorción de las hechas por el método de emisión atómica. Hemos obtenido lo siguiente:

AÑO	1975		1976		1977		1978		PROMEDIO	
	Abs	Emis	Abs	Emis	Abs	Emis	Abs	Emis	Abs	Emis
TECNICA	4.147	329	2.623	211	4.928	185	2.945	115	3.660	210
MUESTRAS	11.247	3.206	7.706	1.882	15.509	2.015	12.947	1.237	11.852	2.085
DETERM.	2,71	9,74	2,93	8,9	3,14	10,89	4,39	10,75	3,23	9,92

Observamos pues que las relaciones entre determinaciones y - muestras son más constantes si tenemos en cuenta que el promedio para absorción resulta de 3,23 y para emisión de 9,92. Asimismo se comprueba que en los últimos años hay una cierta tendencia a la baja en los análisis realizados por la técnica de emisión (según nos comenta la Dirección de los Laboratorios, el equipo que se posee está superado por la absorción atómica).

Por otro lado, los informes mensuales de este Laboratorio no reflejan la procedencia de las muestras y por ello no es posible deducir la distribución de la demanda por Divisiones u organismos, si bien sabemos que prácticamente la totalidad de las muestras analizadas han procedido siempre del Laboratorio de Química (razón de su fusión a primeros de año) y por ello podemos inferir que se dará una distribución semejante. Aceptada esta hipótesis se obtienen los siguientes promedios anuales en el último cuatrienio (despreciando emisión atómica, poco utilizada últimamente):

<u>Organismo</u>	<u>Química</u>		<u>Espectroquímica</u>	
	<u>Muestras</u>	<u>Determin.</u>	<u>Muestras</u>	<u>Determin.</u>
Div. Min.	647	2.935	622	1.185
Div. Aguas	619	10.969	585	4.385
Div. Geotec.	37	247	36	118
IGME	1.304	14.153	1.243	5.688
Exteriores	2.532	15.502	2.417	6.164
TOTAL	3.836	29.655	3.660	11.852

#### 4. LABORATORIO DE RAYOS X

##### 4.1. Personal

En la actualidad está adscrita a este Laboratorio la siguiente plantilla:

- 1 Jefe de Laboratorio
- 1 Adjunto
- 3 Laborantes (1 solo media jornada)

La evolución del personal en los últimos años ha sido:

<u>CATEG.</u>	<u>69</u>	<u>70</u>	<u>71</u>	<u>72</u>	<u>73</u>	<u>74</u>	<u>75</u>	<u>76</u>	<u>77</u>	<u>78</u>	<u>79</u>
Tec. Super.	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2
Laborantes	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	3
TOTAL	2	2	2	2	2	2	3	3	4	4	5

Es decir, que se ha doblado la plantilla puesto que en promedio se obtiene:

- Período 69 - 74: 2 personas
- Período 75 - 79: 3,8 personas.

#### 4.2. Técnicas y Medios

Este Laboratorio aplica en sus análisis las técnicas de:

- Fluorescencia de rayos X
- Difracción de rayos X
- Análisis térmico diferencial (hoy obsoleta y sin utilización en el IGME)

y en este año se ha incorporado la de:

- Espectroscopia de rayos infrarrojos

que está en fase de puesta a punto, aunque es un equipo que ya hace años que fué adquirido por el IGME, pero que no ha sido - apenas utilizado por razones administrativas.

Se dispone pues de los siguientes medios:

- 1 Equipo de fluorescencia Philips PW-1450 con computador de 16 K incorporado (incorporado hace 3 años).
- 1 Equipo de difracción Philips 1310.
- 1 Mini - computador Hewlett-Packard 9820 A para difracción y apoyo en otros programas.
- 1 Espectroscopio de infrarrojos Perkin-Elmer 457.
- 1 Equipo de análisis térmico diferencial.

Además como equipo de interés para preparación de muestras se dispone de:

- 1 Prensa HTP-60 para pastillas de fluorescencia.
- 1 Equipo para perlas de Borax Philips.

Se debe de tener en cuenta que aunque, como hemos dicho, la preparación de muestras se ha centralizado este año en el Laboratorio de Estudios isotópicos sigue preparando Rayos X las muestras que precisen preparación a 200 mallas, puesto que Estudios Isotópicos las entrega a 80 mallas.

4.3. Estadística de ejecuciones

La estadística de muestras analizadas y de determinaciones realizadas arroja las cifras siguientes:

<u>AÑO</u>	<u>MTRAS</u>	<u>DETER</u>	<u>RELA</u>
1968	1.647	3.320	2,01
1969	1.437	3.246	2,25
1970	1.033	2.221	2,15
1971	656	1.058	1,61
1972	878	1.477	1,68
1973	1.412	2.825	2,00
1974	1.115	1.962	1,75
1975	1.902	3.329	1,93
1976	1.638	4.436	2,7
1977	1.123	2.511	2,23
1978	2.356	4.000 <sup>x</sup>	1,7
MED.	1.381	2.762	2,00

x La cifra de determinaciones del año 1978 es estimada en base a datos de enero a mayo inclusive.

También se observan en esta tabla dos períodos netamente diferenciados que corresponden a los años 68-74 y 75-78 y que tienen correlación con la evolución de la plantilla explicada anteriormente.

Se obtienen los siguientes promedios respectivos:

- De muestras: 1.168 (68-74) y 1.754 (75-78)
- De determinaciones: 2.320 y 3.569
- De relación: 1,98 y 2,03.

En este Laboratorio la carga de trabajo está más condicionado por el número de muestras que por el de determinaciones ya que se hacen bastantes tratamientos multiseriados. Por ello a la hora de realizar estadística de solicitantes nos hemos limitado a estudiar las muestras enviadas a rayos X en el último cuatrienio. Hemos obtenido la tabla siguiente:

<u>Organismo</u>	<u>1975</u>	<u>1976</u>	<u>1977</u>	<u>1978</u>	<u>Cuatrienio</u>	<u>%</u>
Div. Min.	151	130	47	107	435	6,19
Div. Aguas	-	30	2	1	33	0,47
Div. Geolog.	-	7	32	-	39	0,55
Div. Geotec.	28	29	40	11	108	1,53
S. Comunes	598	169	74	89	930	13,24
IGME	777	365	195	208	1.545	22
Or. Oficiales	494	364	347	476	1.681	23,9
E. Privadas	631	909	581	1.672	3.793	54
TOTAL	1.902	1.638	1.123	2.356	7.019	100,00

En esta tabla hay que destacar los siguientes puntos:

- a) La mayor parte de las muestras que figuran de S. Comunes son enviadas a Rayos X por el Laboratorio de Petrología para la realización de sus estudios.

- b) Casi la totalidad de las muestras de los organismos oficiales corresponden a análisis de sílices libres solicitados por las Jefaturas Provinciales de Minas lo que representa un 24% de las muestras (si bien son muestras para una determinación muy sencilla).
- c) Más de la mitad de los análisis que se realizan son para el exterior.
- d) Las Divisiones de Aguas y Geología apenas usan este Laboratorio.

Por otro lado estos porcentajes de análisis realizados pueden diferenciarse en lo que se refiere a la técnica de Rayos X, aplicada, es decir "fluorescencia" o "difracción". Se han obtenido los siguientes % para el último cuatrienio:

<u>Organismo</u>	<u>% Fluorescencia</u>	<u>% Difracción</u>	<u>% Total</u>
Div. Min.	4,25	1,93	6,19
Div. Aguas	-	0,47	0,47
Div. Geolog.	0,08	0,47	0,55
Div. Geotec.	0,32	1,2	1,53
S. Comunes	7,7	5,54	13,24
IGME	11,18	9,63	22
O. Oficiales	0,28	23,66	23,9
E. Privadas	36,42	17,6	54
TOTAL	49,1	50,9	100,00

Esto nos demuestra que fluorescencia es utilizada con mayor demanda, a excepción de los análisis para Sílice Libre, que son la mayor parte del indicado porcentaje 23,66 de difracción.

## 5. LABORATORIO DE PETROLOGIA

### 5.1. Personal

Actualmente posee la siguiente plantilla:

- 1 Jefe de Laboratorio
- 1 Adjunto
- 4 Investigadores
- 1 Oficial de 1<sup>a</sup> preparador de láminas y probetas
- 1 Oficial de 2<sup>a</sup> " " "

La evolución sufrida por esta plantilla ha sido:

<u>Categoría</u>	<u>1969</u>	<u>1970</u>	<u>1971</u>	<u>1972</u>	<u>1973</u>	<u>1974</u>	<u>1975</u>	<u>1976</u>	<u>1977</u>	<u>1978</u>	<u>1979</u>
Tec. Superior	1	1	1	3	3	3	2	3	3	4	5
Tec. Medio	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Laborantes	2	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2
TOTAL	4	5	5	7	6	6	5	6	6	7	8

Plantilla que dentro de pequeñas oscilaciones tiene una cierta tendencia al alza (en el periodo 68-73 resulta una media de 5,4 personas; y en el periodo 74-79, 6,3 personas).

## 5.2. Técnicas y medios

Este laboratorio, dadas las funciones que indicábamos en el capítulo 2, se trata más de un gabinete de estudios, que se apoya en otros Laboratorios, tales como Química Analítica y Rayos X, que de un verdadero laboratorio de análisis.

Por ello, aparte de las técnicas normales de preparación de láminas y probetas y de microscopia óptica solo usa por si misma la técnica de microsonda.

Podemos clasificar pues los medios de que dispone en tres apartados:

- a) medios de estudio
- b) medios de preparación de muestras
- c) microsonda

Entre los primeros dispone de:

- 4 microscopios Ortoplan (Leitz)
- 1 microscopia Ortolux
- 1 microscopio Epi-Dialux (con platina universal)
- 1 microscopio Epi-Dialux (en reserva)
- 1 reflectómetro combinado con microscopio Ortolux
- 1 microdurímetro combinado con microscopio Epi-Dialux
- 2 máquinas fotográficas (una Leica y otra Leitz)
- 1 platina microtermométrica Chaix-Meca combinada con microscopio Ortolux, para estudio de inclusiones fluidas (actualmente en fase de puesta a punto).

Como medios de preparación cuenta con:

- 1 pulidora REVALD
- 2 desvastadoras de láminas (una de reciente adquisición)
- 2 desvastadoras de láminas pulidas (una de reciente adquisición)
- 1 pulidora de paño
- 1 cortadora de aceite
- 1 cortadora
- 1 equipo de acabado de láminas
- 1 microscopio

En el Laboratorio de Microsonda se dispone de:

- 1 microsonda CAMECA
- 1 microscopio Ortolux
- 1 metalizador Balzers

### 5.3. Estadística de ejecuciones

La estadística de informes emitidos y muestras estudiadas en los últimos años resulta:

<u>Año</u>	<u>Informes</u>	<u>Muestras</u>	<u>Relación</u>
1968	118	371	3,14
1969	63	350	5,55
1970	420	865	2,05
1971	36	168	4,66
1972	103	540	5,24
1973	600	1.954	3,25
1974	196	2.413	12,31
1975	240	2.006	8,35
1976	427	2.718	11,-
1977	241	2.929	12,15
1978	182 <sup>x</sup>	1.997	10,95

x La cifra de informes de 1978 es estimada en base a datos de enero a mayo inclusive.

En esta estadística se observa que la relación de muestras e informes ha sufrido un fuerte incremento a partir del año 1974; si tomamos como referencia a la derecha e izquierda de dicho año, obtenemos para los períodos 68-73 y 74-78 los siguientes promedios respectivos:

- de muestras: 708 y 2.414
- de informes: 223 y 221,4
- de relación: 3,17 y 10,9

lo cual significa que se ha mantenido el ritmo de producción de informes si bien ha aumentado notablemente el número de muestras estudiadas para cada informe, lo que justifica la evolución de la plantilla dada.

En el cuadro anterior se han tenido en cuenta los informes emitidos tanto petrológicos como metalogénicos pero no así los de microsonda. Analizando con mayor detalle las realizaciones del trienio representativo - 75-77 hemos obtenido la siguiente tabla de nº de muestras enviadas para estudio petrológico o metalogénico por los diversos organismos.

<u>Organismo</u>	<u>1975</u>	<u>1976</u>	<u>1977</u>	<u>Trienio</u>	<u>%</u>
Div. Minería	215	267	411	297,66	11,66
Div. Aguas	-	46	-	15,33	0,60
Div. Geología	1.461	2.014	1.707	1.727,33	67,71
Div. Geotecnia	5	45	72	40,66	1,59
S. Comunes	16	88	16	40,-	1,56
IGME	1.697	2.460	2.206	2.121,-	83,14
Exterior	309	258	723	430	16,85
TOTAL	2.006	2.718	2.929	2.551	100,-

En esta tabla hay que observar:

- a) La mayor parte de las muestras anotadas para la división de Geología corresponden a controles de la petrografía de las hojas del - MAGNA. Representa el 60% de las muestras que recibe el laboratorio.

- b) Prácticamente el resto de muestras del IGME corresponden a estudios para la división de Minería, pues las de Servicios Comunes - (para colección del Laboratorio) Aguas y Geotecnia representan una parte mínima.
- c) El 16% de las muestras se reciben del exterior, empresas privadas o más raramente organismos oficiales.

Ahora bien, estos porcentajes de muestras enviadas no se corresponden exactamente con la carga de trabajo que originan al laboratorio; por ejemplo en el caso de las muestras del MAGNA los datos responden al número de láminas revisadas, no estudiadas por primera vez, y además la revisión se hace según un desmuestre. Por esta causa representan más trabajo las muestras enviadas por Minería.

Dado que la información con que se cuenta no es suficiente para poder calcular los porcentajes de demanda de carga de trabajo correspondientes a cada división, basándonos en conversaciones mantenidas con el personal de los laboratorios hemos estimado esta demanda en los siguientes niveles:

- Minería            60%
- Geología        10%
- Resto IGME     10%
- Exterior        20%

En cuanto al Laboratorio de Microsonda se ha obtenido la siguiente estadística:

<u>Año</u>	<u>Muestras</u>	<u>Estudios</u>
1968	10	3
1969	60	39
1970	45	12
1971	62	35
1972	61	26
1973	78	57
1974	66	16
1975	49	13
1976	110	61
1977	72	40

Gran parte de estos estudios han sido realizados como apoyo a estudios petrológicos; tampoco aquí la información disponible ha facilitado la realización de una estadística fiable de la demanda de las diferentes divisiones o servicios. Por conversaciones mantenidas con los responsables del Laboratorio hemos estimado el trabajo de Microsonda en:

- 10% para colección del Laboratorio de Petrología.
- 50% para muestras enviadas por Minería.
- 30% de encargos del exterior.
- 10% para colaboración en investigación de otras divisiones.

## 6. LABORATORIO DE ESTUDIOS ISOTOPICOS

Se trata de un Laboratorio de reciente creación que ha comenzado a trabajar a principios de año.

En síntesis, se pretende con este Laboratorio obtener edades absolutas de formaciones geológicas por el método Rb-Sr para lo cual se dispone de un pequeño taller para tratamiento mecánico de muestras, un Laboratorio de ambiente estéril para el tratamiento químico y un espectrómetro de masas de alta resolución para el análisis isotópico.

La evolución de su plantilla ha sido:

<u>AÑO</u>	<u>1972</u>	<u>1973</u>	<u>1974</u>	<u>1975</u>	<u>1976</u>	<u>1977</u>	<u>1978</u>	<u>1979</u>
Tec. Super.	1	1	1	1	1	1	1	1
Laborantes	-	1	1	-	-	2	2	5
Total	1	2	2	1	1	3	3	6

El brusco aumento de plantilla del año 77, se explica por la llegada del espectrometro de masas al IGME y la carga de trabajo producida por la necesidad de su puesta a punto mientras que el aumento del año 79 es debido a que a partir de este año, como hemos indicado en el capítulo 2, se ha hecho cargo de las tareas de preparación mecánica de muestras (excepto láminas y probetas).

Este Laboratorio ha comenzado a emitir informes mensuales en el año 1978; en ellos hemos apreciado que aún no ha comenzado a realizar dataciones geológicas para los clientes, pues se está con preparación de patrones.

## 7. RESUMEN Y PRIMERAS CONCLUSIONES

### 7.1. Personal

Se ha duplicado en los últimos 10 años siguiendo el crecimiento de la tabla siguiente:

	<u>1969</u>	<u>1970</u>	<u>1971</u>	<u>1972</u>	<u>1973</u>	<u>1974</u>	<u>1975</u>	<u>1976</u>	<u>1977</u>	<u>1978</u>	<u>1979</u>
Tec. superiores	4	4	4	7	8	8	7	7	8	9	10
Tec. medios	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3
Laborantes	10	12	12	12	11	11	11	11	14	14	17
Administrativ.	-	-	-	-	1	1	2	2	2	2	2
<b>TOTALES</b>	<b>16</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>23</b>	<b>23</b>	<b>27</b>	<b>28</b>	<b>32</b>
Jefatura y Secretaría.	1	1	1	1	2	2	3	3	3	3	3
Lab. química	9	10	10	10	10	11	11	10	11	11	10
Lab. Rayos X	2	2	2	2	2	2	3	3	4	4	5
Lab. petrología	4	5	5	7	6	6	5	6	6	7	8
Lab. Geocrono- logía.	-	-	-	1	2	2	1	1	3	3	6

El crecimiento se ha dado con mayor proporción:

- por categorías en los técnicos superiores
- por secciones en Geocronología (sección más reciente).

Este crecimiento de plantilla, con la excepción de espectroquímica de absorción y emisión, ha conllevado un aumento en la producción bastante - correlacionado.

## 7.2. Técnicas y Medios

Aún cuando hasta ahora no hemos entrado a evaluar a fondo la cantidad y calidad de las técnicas y medios con que cuenta el Departamento de Laboratorios y si son o no las más adecuadas a las exigencias planteadas al IGME, se han podido constatar tres hechos: que en principio hacen pensar en una buena evolución en este sentido.

- Por un lado se dispone de técnicas suficientemente avanzadas y sofisticadas tales como absorción, fluorescencia y difracción de rayos X, microsonda, etc.
- Por otro lado se están incorporando otras técnicas de alta tecnología tales como espectrografía de masas, medida de radiactividad, cromatografía de gases etc.
- Por último los equipos de que se dispone son modelos relativamente recientes en el mercado, por ejemplo uno de los equipos de absorción tiene menos de dos años, el de fluorescencia unos cuatro años, se acaban de incorporar nuevos aparatos de preparación de muestras etc.

Ahora bien, entendiendo el espacio físico en que se encuentran estos equipos, como un medio más, podemos decir que la situación es deficiente en cuanto a cantidad y distribución de dicho espacio (lo cual por otra parte también tiene consecuencias en el rendimiento de la plantilla).

### 7.3. Producciones y tendencias

#### a) Laboratorio de Química Analítica:

Con todas las salvedades realizadas, habida cuenta de la información disponible, podemos resumir de forma aproximada:

- Por química clásica se analizan 3.800 muestras y se hacen del orden de 9 determinaciones por muestra, con tendencia a aumentar esta relación.
- Por espectroquímica actualmente se analizan 3.600 muestras con 4 determinaciones por muestra; este promedio ha bajado - más de un 50% en los últimos 5 años.
- El reparto actual de la demanda es:
  - a) El 50% procede del exterior (en descenso)
  - b) Otro 50% de las Divisiones de Aguas y Minería
  - c) Geotecnia y Geología apenas tienen demanda

#### b) Laboratorio de Rayos X:

- Se puede decir que este laboratorio realiza un promedio de 1.700 muestras con 2 determinaciones por muestra con clara tendencia a aumentar.
- Alrededor del 75% de su trabajo procede del exterior pero matizado este porcentaje con la observación del párrafo 3.3., podría estimarse en no más del 50%.

- Prácticamente el resto de la demanda es de Minería si se tiene en cuenta que gran parte del porcentaje dado a Servicios Comunes (13, 24) procede de Petrología, para estudios encargados por Minería.

c) Laboratorio de Petrología y Metalogenía:

- Se realizan alrededor de 220 estudios anuales, en base a un promedio de 11 muestras por estudio con clara tendencia a aumentar este promedio.
- Estimamos la demanda a este Laboratorio en:

Minería	60%
Geología	10%
Resto IGME	10%
Exterior	20%

d) Laboratorio de Geocronología:

Se encuentra en la última fase de puesta a punto y no se dispone de elementos de juicio que permitan valorar la demanda ni la producción.

#### 7.4. Otras conclusiones de caracter general

Según hemos visto, para poder llegar a cuantificar las producciones de los diferentes laboratorios hemos tenido con bastante frecuencia necesidad de realizar simplificaciones aproximadas y estimativas. Este hecho justifica por sí solo la revisión de las normas vigentes en relación con:

- Sistemas de solicitud de análisis
- Formas de presentación de resultados
- Circuitos de información

y, al fin y al cabo, vienen a justificar la necesidad del presente trabajo.

Por otro lado, en todos los mecanismos de producción de los Laboratorios influyen decisivamente los aspectos de preparación de muestras y coordinación interlaboratorios; estos dos temas serán objeto asimismo del estudio de aquí en adelante.

Por último se observa como la demanda de trabajo a los laboratorios se lleva a cabo frecuentemente "a tirones" lo cual apinamos que hará necesaria la creación de un sistema de prioridades que facilite la programación de los trabajos encargados al departamento, independientemente de las mejoras en que deban entrar las diferentes divisiones del IGME en este sentido.

PARTE II

ANALISIS DE LABORATORIOS DE OTROS ORGA-  
NISMOS ESPAÑOLES

## I N D I C E

	<u>Páginas</u>
1. INTRODUCCION.	47.
2. CATEDRA DE GEOLOGIA, UNIVERSIDAD DE SALAMANCA.	49.
2.1. Departamentos de que dispone.	49.
2.2. Plantilla de Personal.	49.
2.3. Medios.	50.
2.4. Organización interna.	51.
3. LABORATORIOS AGRARIOS DE CENTRO.	56.
3.1. Organigrama general.	56.
3.2. Plantilla de Personal.	58.
3.3. Departamento de Análisis Especiales.	60.
3.3.1. Medios.	60.
3.3.2. Personal.	60.
3.4. Departamento Medios de Producción (Sección Suelos y Aguas).	61.
3.4.1. Medios.	62.
3.4.2. Personal.	62.
3.5. Organización interna.	63.
4. JUNTA DE ENERGIA NUCLEAR.	69.
4.1. División de Química y Medio Ambiente.	69.
4.1.1. Misiones de la División.	69.
4.1.2. Plantilla.	71.
4.1.3. Medios.	73.
4.1.4. Organización interna.	74.

Cont. . /

	<u>Páginas</u>
4. 2. Laboratorio de Petrografía y Mineralogía.	76.
4. 2. 1. Plantilla.	76.
4. 2. 2. Equipos.	76.
4. 2. 3. Organización interna.	
5. ENADIMSA (Empresa Nacional Adaro de Investiga ciones Mineras, S. A.)	87.
5. 1. Organización interna.	88.

## ANEXOS

### ENADIMSA

I. Laboratorios Químicos.

II. Laboratorios Mineralógicos.

## 1. INTRODUCCION

En esta segunda parte se realizará un análisis de Empresas u Organismos que presten servicios similares al Departamento de Laboratorios del IGME, tanto nacionales como extranjeros, en orden a obtener métodos de organización, medios, técnicas, etc. . . . , que pudieran considerarse aplicables a la organización interna de los Laboratorios del IGME.

Por ello, y dentro de las empresas nacionales se ha considerado interesante analizar las siguientes:

- a) Cátedra de Geología.  
Universidad de Salamanca.
- b) Laboratorios Agrarios de Centro.  
Ministerio de Agricultura.
- c) Junta de Energía Nuclear.
- d) Empresa Nacional Adaro de Investigaciones Mineras, S. A.  
Laboratorios Químicos y Mineralógicos.

En cada uno de estos Organismos se ha tratado de estudiar los siguientes aspectos:

- Actividades.
- Plantilla, por categorías.
- Medios.
- Organización interna, principalmente el circuito de impresos para control de muestras, control de costes, etc.

## 2. CATEDRA DE GEOLOGIA. UNIVERSIDAD DE SALAMANCA

### 2.1. Departamentos de que dispone

La Cátedra de Geología consta de los siguientes Departamentos:

- Rayos X
- Microsonda.
- Petrografía y Metalografía.
- Absorción Atómica.
- Preparación de muestras.

En general, estos Departamentos realizan trabajos para el exterior - (Adaro, IGME, otras Empresas privadas), aunque dedican una parte muy importante de sus medios a la preparación de Tesis Doctorales. Por falta de trabajo no ocupan el 50 % de su capacidad.

### 2.2. Plantilla de Personal

Como consecuencia de ser una Universidad, dispone de un presupuesto corto, por lo que la plantilla es muy rotativa; están generalmente 1 año ó 2 mientras realizan la tesis. La plantilla actual de que dispone es:

- |                     |       |         |
|---------------------|-------|---------|
| - Absorción Atómica | ..... | 2 T. S. |
| - Microsonda        | ..... | 1 T. S. |

-	Rayos X	.....	2 T. S.
-	Petrografía y Metalogenia	.....	4 T. S.
-	Preparación de muestras	.....	4 Laborantes.

Generalmente puede decirse que no hay personas destinadas a un Laboratorio, sino que en un determinado momento un Técnico Superior puede trabajar en cualquiera de ellos.

### 2.3. Medios

Los medios disponibles, por Departamentos, son los siguientes:

#### a) Preparación de Muestras:

- Para Rayos X y Absorción Atómica
  - . 1 Molino de mandibulas-rodillos.
  - . 1 Molino TEMA.
  - . 1 Molino de bolas.
  - . Prensa para hacer pastillas.
  
- Para láminas transparentes y pulidas
  - . 2 Pulidoras.
  - . 2 Cortadoras.
  - . 4 Desbastadoras.

#### b) Absorción Atómica:

- 1 Equipo JARREL-AST de emisión de llama.

c) Rayos X:

- 1 Equipo JEOL de fluorescencia (6 muestras) y Difracción (1 muestra).

d) Microsonda:

- 1 Equipo JEOL.

e) Petrografía y Metalografía:

- 2 Microscopios de luz polarizada.
- 1 Microscopio de luz reflejada, marca Leitz, modelo Panphot.
- 4 Lupas binoculares.

2. 4. Organización interna

La Secretaría de la Cátedra se encarga del control de las muestras mediante los impresos nº 1, nº 2 y nº 3.

El nº 1, además de expresar exhaustivamente los datos del trabajo, recoge la situación en que se encuentra en cada momento una determinada muestra.

- El nº 2 es un impreso interlaboratorios.

El nº 3 es el impreso de resultados que se envia al cliente.

No existe en la Cátedra un control de costos. Se le asigna un presupues  
to fijo anual.

Por otra parte, los Técnicos Superiores (generalmente Geólogos) se -  
les asigna también una beca fija anual.

Proyecto ..... Compañía .....

Encargado ..... Supervisor ..... Plazo .....

Objeto del trabajo .....

Recibido ..... Entregado ..... Facturado ..... Cobrado .....

ESTUDIO	MUESTRAS	REALIZADO	COMENZADO	TERMINADO	PRECIO UNIDAD	IMPORTE
CAMPO Cartografía Desmuestre						
PETROGRAFIA Secc. transp. Microscopía						
METALOGRAFIA Secc. pulida Microscopía						
MINERALOMETRIA						
INCLUS. FLUIDAS						
MICROSONDA Preparaciones Análisis						
RAYOS X Difractometría Arcillas						
ANAL. QUIMICO Abs. atómica Fluorescencia .....						
PREP. MINERAL Trituración Molienda Tamización						
SEPAR. MINERAL Medios densos Magnética Flotación .....						
DELINEACION						

OBSERVACIONES .....

.....

.....

TOTAL



UNIVERSIDAD DE SALAMANCA  
FACULTAD DE CIENCIAS

DEPARTAMENTO DE  
CRISTALOGRAFIA Y MINERALOGIA

LABORATORIO DE **RAYOS X**

*Ruego a Ud. de las órdenes oportunas para que en ese Laboratorio sea verificado el siguiente trabajo:*

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

AUTORIZADO  
Salamanca, ..... de ..... de 197.....  
EL DIRECTOR DEL DEPARTAMENTO  
DE CRISTALOGRAFIA Y MINERALOGIA,

Salamanca, ..... de ..... de 197.....  
EL DIRECTOR DEL DEPARTAMENTO  
DE .....



Colector	S/ref.	N/ref.	P. transp.	<input type="checkbox"/>
Provincia		Localidad	P. pulida	<input type="checkbox"/>
Referencias			Fotograf	<input type="checkbox"/>
Problema			An. quim.	<input type="checkbox"/>
			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Estudiada:	Entrada:	Salida:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**ANALISIS QUIMICO: Método**

SiO <sub>2</sub>	%	Na <sub>2</sub> O	%			
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	K <sub>2</sub> O	%			
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (tot.)	%	CaO	%			
MgO	%	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	%			
MnO	%	Vot.	%			
TiO <sub>2</sub>	%	H <sub>2</sub> O	%			

**ANALISIS MINERALOGICO:** Microscópica  Rayos X

MINERALES ESENCIALES % % % % % % % %	MIN. ACCESORIOS	Min. cemento <input type="checkbox"/>	Matriz <input type="checkbox"/>
	Min. secundarios Gangos:		

Estructura:

Textura:

Observaciones:

Clasificación:

### 3. LABORATORIOS AGRARIOS DE CENTRO

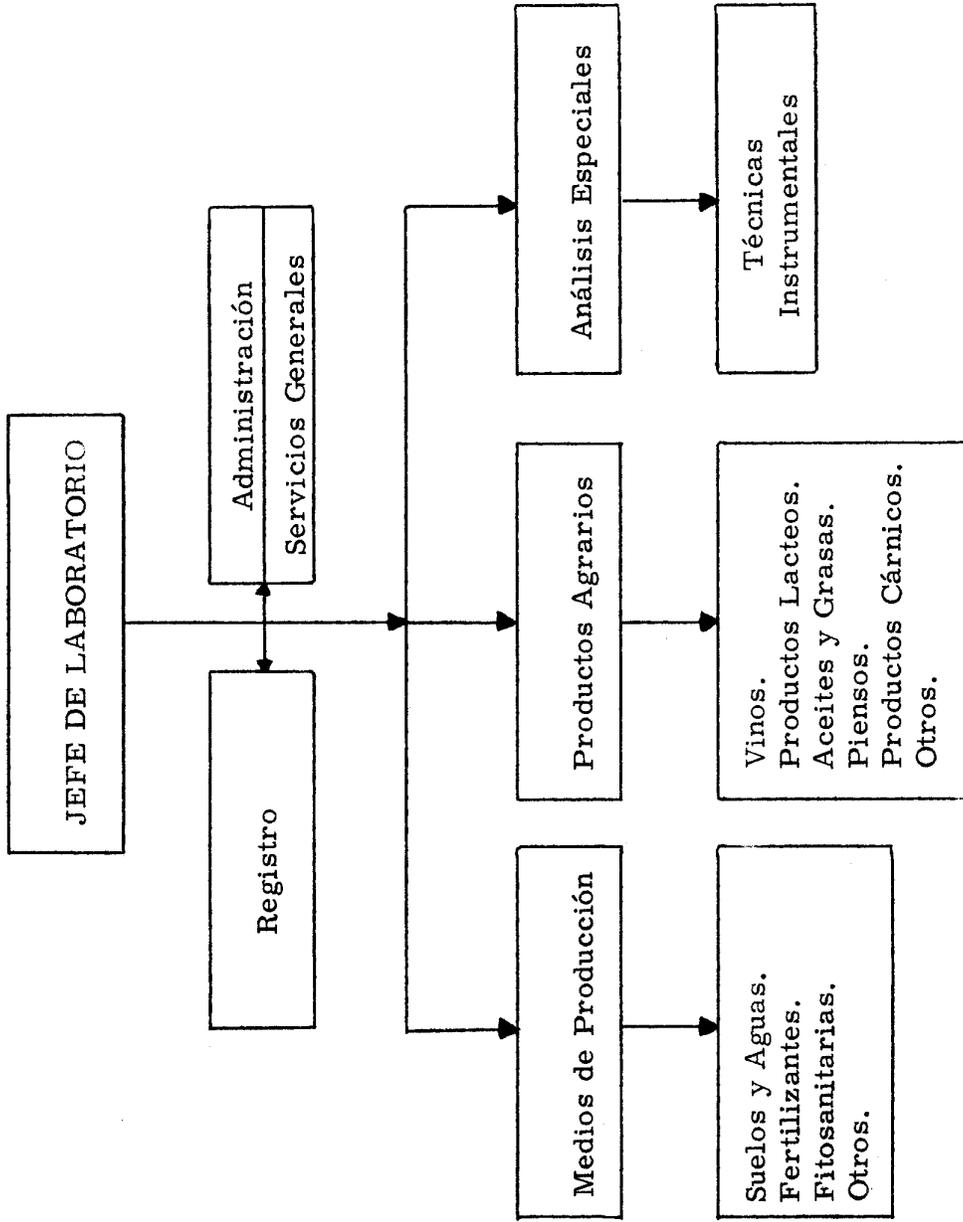
#### 3.1. Organigrama General

En el esquema que sigue, se refleja el organigrama general de los Laboratorios Agrarios de Centro; puede considerarse, en cuanto a su estructura, semejante al resto de los Laboratorios Agrarios Regionales.

Existen tres Jefes de Departamento dependientes del Jefe de Laboratorio. Cada uno de los Departamentos se subdivide en varias Secciones.

Se analizará con más profundidad el Departamento de Análisis Especiales y la Sección de Suelos y Aguas por su identificación con los laboratorios del IGME.

ORGANIGRAMA GENERAL. LABORATORIOS AGRARIOS DE CENTRO



↓ J. Secciones ←  
← J. Dptos. ↓

### 3.2. Plantilla de Personal

La plantilla actual de los Laboratorios Agrarios de Centro la componen 60 personas distribuidas en las siguientes categorías:

- Ingenieros Agrónomos:	4
- Licenciados (T. S.):	12
- Peritos:	30
- Auxiliares Laboratorio:	11
- Mecánicos:	1
- Telefonista:	1
- Conserje:	1

La distribución de la plantilla por Departamentos es la siguiente:

- a) Administración:
  - . 2 Personas (T. G. M.).
  
- b) Servicios diversos:
  - . Mecánico, 1 persona.
  - . Vigilantes, 2 personas.
  - . Telefonista, 1 persona.
  - . Conserje, 1 persona.

c) Registro:

. 1 persona (Auxiliar).

d) Departamento Análisis Especiales:

. 1 Jefe Departamento (Ingeniero Agrónomo).

. 1 Especialista en Ciencias (T. S.).

. 5 Químicos.

. 5 Peritos.

. 1 Laborante.

e) Departamento Medios de Producción:

. 1 Jefe Departamento (T. S.).

. 1 Jefe Especialista en Ciencias (T. S.).

e. 1.) Sección Suelos y Aguas

3 Peritos.

2 Analistas.

1 Preparador de Muestras.

e. 2.) El resto de las Secciones en general disponen de:

1 Químico.

2 Peritos.

1 Auxiliar.

f) Departamento Productos Agrarios:

- . 1 Jefe Laboratorio.
- . 1 Especialista en Ciencias.

f. 1.) Cada una de las Secciones de este Departamento, dispone, en teoría, de:

- 1 Químico.
- 2 Peritos.
- 1 Auxiliar.

La plantilla de los Laboratorios es bastante flexible, ya que en un determinado momento tanto Técnicos como Auxiliares, pueden trabajar en diferentes Secciones.

3.3. Departamento de Análisis Especiales

Se analiza con mayor profundidad este Departamento, puesto que, en general dispone de técnicas similares a las del Laboratorio del IGME.

3.3.1. Medios

- 8 Cromatógrafos de gases.
- 2 Absorción Atómica (1 con cámara de grafito).
- 2 Espectrofotómetros de Infrarrojos.
- 3 Espectrofotómetros de Ultravioleta.

- 1 Cromatógrafo líquido-líquido.
- 1 Cromatógrafo líquido-líquido, especial para determinación de -- aminoácidos.
- 1 Contador de Centelleos.

Estos son los medios existentes en este Departamento de Análisis Espe<sub>u</sub>ciales; no obstante hay que tener en cuenta que cada Departamento tiene su estructura propia, existiendo otros aparatos análogos a los anterior<sub>u</sub>mente mencionados, sí las necesidades de ese Departamento así lo hubie<sub>u</sub>ra requerido.

#### 3.3.2. Personal

Para la ocupación de estos medios dispone del siguiente personal:

- 1 Jefe Departamento.
- 1 Especialista en Ciencias.
- 5 Químicos.
- 5 Peritos.
- 1 Laborante.

#### 3.4. Departamento Medios de Producción. (Sección Suelos y Aguas).

En este Departamento se analiza exclusivamente la Sección de Suelos y Aguas. Se analizan los siguientes componentes en las aguas:

- Cationes.
- Conductividad.
- Dureza.
- Aniones:
  - . Fosfatos.
  - . Carbonatos.
  - . Bicarbonatos.
  - . Sulfatos.
  - . Cloruros.
  - . Fluoruros.
  - . Pesticidas,
  - . Etc.

#### 3.4.1. Medios

- 1 Absorción Atómica.
- 1 Fotometro de llama.
- 1 Colorímetro.
- 1 Peachimetro.
- Otros métodos clásicos de Laboratorio.

#### 3.4.2. Personal

- 3 Peritos.
- 2 Analistas.
- 1 Preparador de muestras.

### 3.5. Organización interna

Existe una oficina de registro encargada del control de impresos y constituida por una persona.

El seguimiento de una muestra determinada se realiza a través de un conjunto de impresos que forman una sola unidad. Este conjunto tiene las siguientes partes y copias:

- La primera hoja tiene dos partes, una para datos generales y otra para los resultados (impreso nº 4). Esta hoja tiene cuatro copias iguales (registro, cliente, centro de proceso de datos y laboratorio que realiza la determinación).
- Existe 1 hoja (impreso nº 5) con una copia con la primera parte del impreso nº 4 donde están los datos generales; una para el Centro de Proceso de Datos y otra para el Registro.
- El impreso nº 6 forma parte del conjunto anterior y también tiene dos partes, una general idéntica a las anteriores y la otra es la que va al Laboratorio donde se va a realizar los análisis y donde se consiguen los siguientes datos: determinación, método, resultado, analista y tasa.

Cuando una muestra debe ser analizada en más de un Laboratorio el impreso nº 6 solamente irá a aquel que haga el mayor número de determinaciones de la correspondiente muestra; se utilizará entonces impresos interlaboratorios.

Por otra parte, no se lleva un control de costes en orden a determinar las tarifas de las determinaciones. Aplican unas tarifas oficiales totalmente desactualizadas.



MINISTERIO DE AGRICULTURA  
LABORATORIO AGRARIO REGIONAL DE

FECHA DE ENTRADA

SU REFERENCIA

NUMERO DE REGISTRO

ANALISIS

65.

Muestra de \_\_\_\_\_

Remitida por \_\_\_\_\_

Contenida en \_\_\_\_\_

Acta Serie \_\_\_\_\_, n.º \_\_\_\_\_, tomada el \_\_\_\_\_

en \_\_\_\_\_

por \_\_\_\_\_

Observaciones: \_\_\_\_\_

**DETERMINACIONES REALIZADAS**

- Elementos gruesos (%) .....
- Textura .....
- Arena (%) .....
- Limo (%) .....
- Arcilla (%) .....
- Clasificación .....
- pH en agua suspensión 1:2,5 .....
- Materia orgánica oxidable % .....
- Nitrógeno total (N) % .....
- Fósforo asimilable (P) ppm .....
- Potasio asimilable (K) ppm .....
- Caliza activa (%) .....
- Carbonatos (%) .....
- Cloruros (Cl-) ppm .....
- Sulfatos (SO<sub>4</sub>=) ppm .....

**TASAS** ..... **Ptas.**

V.º B.º  
EL JEFE DEL LABORATORIO  
AGRARIO REGIONAL,

..... de ..... de 19.....

EL JEFE DEL DEPARTAMENTO



PROCESO DE DATOS

MINISTERIO DE AGRICULTURA  
LABORATORIO AGRARIO REGIONAL DE

FECHA DE ENTRADA

SU REFERENCIA

NUMERO DE REGISTRO

ANALISIS

66.

a b

c d

Muestra de \_\_\_\_\_  e f g h

Remítida por \_\_\_\_\_

Contenida en \_\_\_\_\_

Acta Serie \_\_\_\_\_, n.º \_\_\_\_\_, tomada el \_\_\_\_\_

en \_\_\_\_\_  i j

por \_\_\_\_\_

Observaciones: \_\_\_\_\_





#### 4. JUNTA DE ENERGIA NUCLEAR

##### 4.1. División de Química y Medio Ambiente

En la tabla adjunta se reflejan las Secciones que compone esta División, a saber:

- Espectroscopia.
- Química Analítica.
- Medio Ambiente.
- Organización técnica y Servicios,

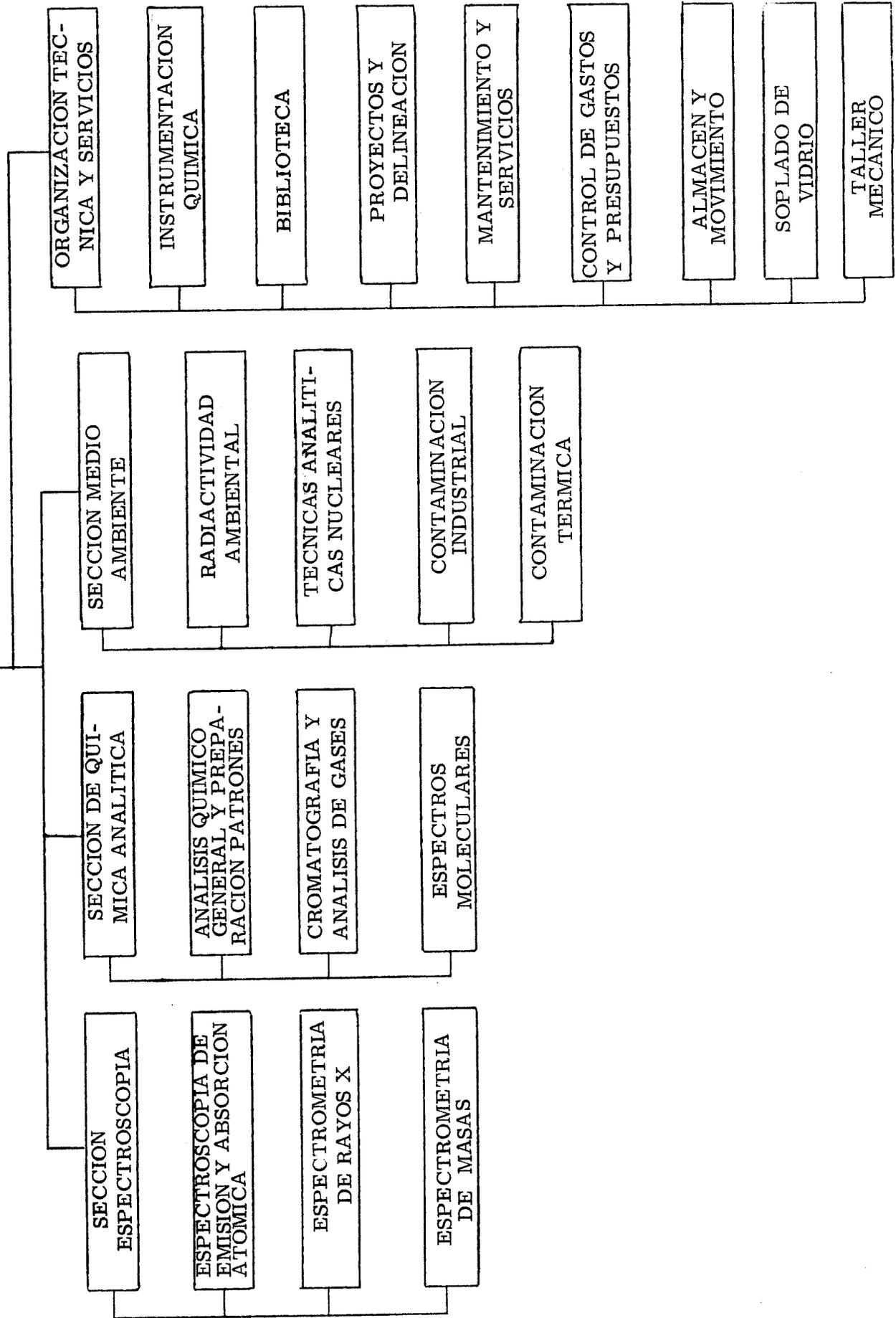
cada una de ellas subdividida en los correspondientes Laboratorios ó - Departamentos.

##### 4.1.1. Misiones de la División

Las misiones fundamentales de la División son las siguientes:

- Investigación, desarrollo y normalización de métodos analíticos de control del ciclo del combustible nuclear.
- Estudio, desarrollo y normalización de métodos de análisis de - contaminantes y de medidas de inmisiones y emisiones.
- Implantación, gestión y coordinación de programas de vigilancia y monitorizado de los niveles de radiactividad ambiente a escala nacional, en centrales nucleares y centros de investigación y de - tecnología nucleares.

DIVISION DE QUIMICA Y MEDIO AMBIENTE



- Desarrollo de metodologías para la diagnóstico de la contaminación radiactiva, química y técnica y para, la comprobación de la eficiencia de las tecnologías y reducción de emisiones, así como de un -- impacto en los sistemas ecológicos.
- Preparación de patrones de minerales de uranio u otros compuestos para control de calidad, para uso propio ó para industrias nucleares y organizaciones internacionales.
- Prestación de servicio analítico para colaborar en programas de investigación realizados por otras Unidades de trabajo de la JEN, ó por entidades exteriores.
- Formación continua del personal Técnico y Auxiliar, mediante la organización de coloquios, conferencias y cursos, así como su -- participación en congresos nacionales e internacionales.
- Colaboración en los cursos que organiza el Instituto de Estudios Nucleares. Mantenimiento, con las innovaciones que exija la evolución de estas disciplinas, del Curso de Análisis Químico Industrial, etc.

#### 4.1.2. Plantilla

Para el desarrollo de estas funciones, la División de Química, tiene la siguiente plantilla por Secciones y categorías:

- Sección Espectroscopia:

- . 1 Jefe Sección (T. S.).
- . 3 Jefes de Grupo (T. S.).
- . 6 Titulados Superiores.
- . 2 Laborantes.
- . 2 Administrativos.

- Sección Química Analítica:

- . 1 Jefe de Sección (T. S.).
- . 2 Jefes de Grupo (T. S.).
- . 5 Titulados Superiores.
- . 5 Laborantes.
- . 4 Administrativos.

- Sección Medio Ambiente:

- . 1 Jefe Sección (T. S.).
- . 2 Jefes de Grupo (T. S.).
- . 11 Titulados Superiores.
- . 1 Titulado Medio.
- . 7 Laborantes.
- . 7 Administrativos.

- Organización Técnica y Servicios:

- . 3 Técnicos Grado Medio.
- . 5 Administrativos.
- . 4 Laborantes.
- . 1 Oficial Mecánico.

4.1.3. Medios

- Sección de Espectroscopia:

- a) Espectrografía y Cuantometría,
  - . 3 Espectrógrafos fotográficos.
  - . 1 Espectrógrafo de lectura directa.
  
- b) Espectrometría de Rayos X,
  - . 2 Espectrómetros de fluorescencia.
  - . 1 Unidad de difracción con cámaras.
  - . 1 Unidad de difracción con difractometría.
  
- c) Absorción Atómica,
  - . 1 Fotómetro de llama.
  - . 2 Equipos de absorción atómica (1 con cámara de grafito).
  
- d) Espectrometría de masas,
  - . 3 Espectrómetros de masas (1 para muestras gaseosas y líquidas, otro para análisis de gases ocluidos en metales y aleaciones y otro para muestras sólidas).

- Sección de Química Analítica:

- a) Análisis químico general y preparación de patrones,
  - . Se realiza por vía húmeda con equipos clásicos de laboratorio (espectrofotómetros, fluorímetros, equipos electroanalíticos y radiométricos, etc.).
  
- b) Cromatografía de gases,
  - . Varios cromatógrafos de gases.
  
- c) Espectros copia molecular,
  - . 1 Equipo infrarrojo de alta resolución.
  - . 1 Espectrómetro de resonancia magnética nuclear.

- Sección de Medio Ambiente,

- . No se indica los medios de esta Sección por carecer de interés de cara a los Laboratorios del IGME.

4.1.4. Organización interna

Generalmente realiza análisis a petición del resto de las Divisiones. Para el seguimiento de estos análisis se utilizan tres tipos de impresos:

- Impreso de recogida de datos generales y características de los análisis a realizar, etc., a rellenar por la División peticionaria (Impreso nº 7).

- Impresos inter-laboratorios dentro de cada Sección de la División de Química (Impresos nº 8).
  
- Impresos de emisión de resultados (Impresos nº 9).

No existe un control de costes en orden a actualizar las tasas de las deter  
minaciones; ello es debido al carácter interno de las propias determinacio  
nes, puesto que en general no realizan trabajos para el exterior.

#### 4.2. Laboratorio de Petrografía y Mineralogía

El Laboratorio de Petrografía y Mineralogía tiene un nivel orgánico de Sección (dentro de la Dirección de Geología e Investigación Minera) dependiendo de la División de Técnicas Especiales.

##### 4.2.1. Plantilla

La plantilla de este Laboratorio es de 12 personas repartidas en las siguientes categorías:

-	Técnicos Grado Superior:	5
-	Técnicos Grado Medio:	2
-	No Titulados:	4
-	Administrativos:	1

##### 4.2.2. Equipos

- 4 Microscopios de luz polarizada (1 LEITZ y 3 ZEISS).
- 2 Microscopios para láminas pulidas (LEITZ).
- 2 Lupas binoculares ZEISS.
- 1 Equipo de análisis termico diferencial (GEBRUNDER NETZSCH).
- 1 Porosimetro de mercurio AMINCO.

- 1 Contador de partículas.
- 1 Equipo completo de radiometría.
- 2 Cortadoras.
- 1 Rectificadora.
- 2 Pulidoras.
- 1 Desbastador.

#### 4. 2. 3. Organización interna

Se utiliza exclusivamente el Impreso nº 10, donde se recoge además de los resultados de los análisis, todos los datos necesarios para la buena ejecución de los mismos.

De División de .....

a

DIVISION DE QUIMICA

78.

Sección de .....

Fecha de envío

Fecha de recepción

Fecha envío resultados

Fecha recepción resultados

n.º Ref. D. a Ref. D. Q. a **Solamente se dará numeración correlativa a muestras de la misma procedencia y características.**

Estado físico de la muestra

<input type="checkbox"/> Sólido	}	Húmedo	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Líquido		Seco	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Gas			

Cantidad de muestra enviada

<input type="text"/>	Kg.
<input type="text"/>	Litros

Procedencia:

Observaciones:

Petición de análisis:URGENTE PREFERENTE NORMAL Espectrográfico cualitativo Radiométrico 

Estado probable

 equilibrioEspectrográfico semi-cuantitativo Químico cuantitativo  desequilibrioEspectrográfico cuantitativo Fluorimétrico ..... ..... ..... ..... Cationes o aniones a determinar:

El jefe de la

 División

Cationes:

 Sección

Aniones:

De División de Química  
Sección Q.º Analítica

Observaciones:

División de Química

Fecha





S/r

Producto

Asunto

Análisis cuantitativo

J. E. N. - SECCION ANALISIS IONICO

A	Det.	% gr/l p. p. m	Método
	U <sub>3</sub> O <sub>8</sub>		Químico
	U <sub>3</sub> O <sub>8</sub> β		Radiométrico
	U <sub>3</sub> O <sub>8</sub>		Fluorimétrico

OBSERVACIONES: IMPRESO Nº 8'

.....  
 .....  
 .....  
 .....

Firma,

.....

S/r

N,r

I/a

r/Rx

E

Producto

Procedencia

Asunto: Debygrama Fluorescencia

Observaciones:

.....  
 .....

J.E.N. Sección Espectroscopia

Diagrama de polvo		Técnica
Línea	I d	

Espectrograma

FIRMA

S/r

N,r

I/a

Producto

Asunto

Análisis cuantitativo

Observaciones

.....  
 .....

J. E. N. - SECCION ANALISIS IONICO

Det.	% gr/l ppm	Método	Det.	% gr/l ppm	Método	Det.	% gr/l ppm	Método
Acidez l.			CO <sub>2</sub>			F <sup>-</sup>		
Alc. fenol.			CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>			Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		
Alc. nar.			CeO			F <sub>2</sub> UO <sub>2</sub>		
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>			Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>			H <sub>2</sub> O (K F)		
Fe <sub>2</sub> H <sub>2</sub>			Cl			Hg O		



De División de Química a División de .....  
 Sección Q.ª Analítica Sección .....

83.

S/hoja n.º

N.º hoja n.º

Su ref.

Ref. D. Q.

Resultado Total

Parcial

## RESULTADOS

Determinado	Conc.	Determinado	Conc.	Determinado	Conc.	Determinado	Conc.
Ag <sub>2</sub> O		Ge O <sub>2</sub>		Sr O		Acidez libre	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		Hf O <sub>2</sub>		S		Alcalinidad	
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		K <sub>2</sub> O		Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		Al. Fenolftaleína	
Ba O		La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		Th O <sub>2</sub>		Naranja de metilo	
Be O		Li <sub>2</sub> O		Ti O <sub>2</sub>		Materia orgánica	
Bi <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		Mg O		U <sub>3</sub> O <sub>8</sub>		Humedad 110°	
C O <sub>2</sub>		Mn O		U <sub>3</sub> O <sub>8</sub> §		Pérdida a .....°	
Ca O		Mo O <sub>3</sub>		U O <sub>2</sub>			
Cd O		N H <sub>4</sub> <sup>+</sup>		U			
Ce O <sub>2</sub>		N O <sub>3</sub> <sup>-</sup>		U			
Cl <sup>-</sup>		Na <sub>2</sub> O		V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>			
Co O		Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		W O <sub>3</sub>			
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		Ni O		Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>			
Cu O		P		Zn O			
F <sup>-</sup>		Pb O		Zr O <sub>2</sub>			
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		Sb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		Fórmula			
Fe		Si O <sub>2</sub>		H <sub>2</sub> O			
Ga <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		Sn O		pH			

OBSERVACIONES:

Fecha

De División de Química a División de .....

Sección Q.ª Analítica Sección .....

S. hoja n.º

N/hoja n.º

RESULTADOS

Su referen.º	Ref.º D. Q.								Envío

OBSERVACIONES:

Fecha





5. ENADIMSA. (Empresa Nacional Adaro de Investigaciones  
Mineras, S. A.)

Los Laboratorios Químicos y Mineralógicos de ENADIMSA tienen la estructura funcional siguiente, acorde con las técnicas de que disponen:

Laboratorios Químicos	{ Fotometría de llama, Absorción Atómica y Colorimétrica. Fluorescencia de Rayos X. Análisis de Aguas. Análisis Iónicos, Edafológicos y de Carbones. Preparación de Muestras.
Laboratorios Mineralógicos	{ Difracción de Rayos X. Mineralometría (Estudios aluvionares). Estudios Metalogénicos y { Lámina delgada. { Probeta pulida. Microscopia óptica
Talleres de pre paración mecáni ca y prototipos.	{ Secado. Trituración y Molienda. Homogeneización y Cuarteo. Diseño y confección ó modificación de aparatos.

En los Anexos aparte se reseña claramente el material de que dispone cada Laboratorio, así como sus posibilidades analíticas y personal que

lo compone. Por ello, pasamos al análisis de la organización interna, en cuanto al control de muestras y resultados.

### 5.1. Organización interna

#### a) Laboratorios Químicos:

Estos Laboratorios utilizan los Impresos nº 11, nº 12 y nº 13, que se adjuntan, para la entrega de resultados a los clientes respectivos.

El Impreso nº 11 (Análisis de aguas) está estandarizado para las determinaciones de las muestras de agua, mientras el nº 12 y nº 13 son generales para el resto de los laboratorios químicos.

No existe un impreso para la petición de análisis, haciéndose éste mediante carta del cliente que deja constancia de las determinaciones a realizar.

#### b) Laboratorios Mineralógicos:

En la organización interna de los Laboratorios Mineralógicos existen tres tipos de impresos, a saber:

1. Para difracción de Rayos X.
2. Mineralometría.
3. Estudios metalogénicos.

Para la Difracción de Rayos X se utiliza, una hoja donde debe ir indicado las condiciones de trabajo y el modo de preparación de las muestras (nº 14) y otra hoja de resultados (nº 15) para muestras en bruto y fracción  $< 2 \mu$ .

En el impreso de resultados nº15 se utilizan las siguientes clases:

Q	=	Cuarzo
Pl	=	Plagioclasas
F. K.	=	Feldespatos potásicos
C	=	Calcita
A K-D	=	Ankerita-Dolomita
Y	=	Yeso
Py	=	Pirita.
H	=	Hematitas
Go	=	Goethita
A	=	Anhidrita.
Gb	=	Gibbsita
Fil	=	Filosilicatos.
M	=	Micas
K	=	Caolinita.
I	=	Illita
Mo	=	Montmorillonita
Cl	=	Clorita.
V	=	Vermiculita

Para los estudios mineralométricos se utilizan, el impreso nº 16 para los resultados del estudio y la hoja nº 17 donde viene la leyenda del anterior impreso.

Para los estudios metalogénicos, los resultados se entregan en informe aparte, mientras en la hoja nº 18 se recogen una serie de datos necesarios, tales como geología de la zona, mineralizaciones, proceso de preparación de las muestras, finalidad del estudio metalogénico, etc. ....



mg/l.

(Reverso)

mg/l.

 Sulfuros S= Anhídrido carbónico CO<sub>2</sub> libre Sulfitos SO<sub>3</sub>= Anhídrido carbónico total Tiosulfatos S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>= Anhídrido carbónico agresivo Azufre total S Cloro Cl<sub>2</sub> libre SH<sub>2</sub> libre Demanda química cloro D Q Cl Agresividad

O positiva

negativa O

 Fluoruros F-

mg/l.

 Boro B

mg/l.

 Cromo hexavalente Cr<sup>6+</sup>

mg/l.

 Aceites y grasas

mg/l.

 Cianuros CN-

mg/l.

 Hidrocarburos

mg/l.

 Detergentes aniónicos

mg/l.

 Fenoles

mg/l.

 Putrescibilidad azul de metileno (5 días)

° día

ELEMENTOS TRAZA O INFRA-TRAZA Sílice SiO<sub>2</sub>

mg/l.

 Litio Li

mg/l.

 Estroncio Sr

mg/l.

 Rubidio Rb

mg/l.

 Bario Ba

mg/l.

 Cesio Ce

mg/l.

 Aluminio Al

mg/l.

 Mercurio Hg

mg/l.

 Antimonio Sb

mg/l.

 Molibdeno Mo

mg/l.

 Arsénico As

mg/l.

 Níquel Ni

mg/l.

 Cadmio Cd

mg/l.

 Oro Au

mg/l.

 Cobalto Co

mg/l.

 Plata Ag

mg/l.

 Cobre Cu

mg/l.

 Plomo Pb

mg/l.

 Hierro Fe

mg/l.

 Selenio Se

mg/l.

 Manganeseo Mn

mg/l.

 Vanadio V

mg/l.

 Zinc Zn

mg/l.

OBSERVACIONES - DETERMINACIONES ESPECIALES

Madrid . . . . . de . . . . . de 19 . . . . .

EL JEFE DEL SERVICIO

Rafael Campos









ANÁLISIS MINERALÓGICO POR DIFRACCIÓN DE RAYOS XCONDICIONES DE TRABAJO

Aparato utilizado ..... Radiación .....

Rendijas: divergencia .....; antiscatter .....

Monocromador: .....

Régimen de funcionamiento: ..... KV; ..... mA

Sector explorado: de .....  $^{\circ}2\theta$  a .....  $^{\circ}2\theta$  para las muestras en bruto  
de .....  $^{\circ}2\theta$  a .....  $^{\circ}2\theta$  para las fracciones  $< 2\mu$

Velocidad de exploración del goniómetro: .....  $^{\circ}2\theta/\text{min.}$

Velocidad del papel registrador: ..... mm/h

Escala: ..... para las fracciones en bruto  
..... para las fracciones  $< 2\mu$

Constante de tiempo .....

Atenuación: .....; Ventana: ..... (W = 0-100  $^{\circ}/\text{o}$ ); Nivel: .....

Contador: .....; H.T. del contador: ..... V

MODO DE PREPARACION DE LAS MUESTRAS:Muestras en bruto:

Molienda: .....

Ataque: .....

Separación: .....

Observaciones: .....

Fracciones  $< 2\mu$ 

Separación: .....

Ataques: .....

Preparación: .....

.....

Tratamiento térmico: .....

Tratamiento con etilenglicol: .....

Tratamiento con dimetil sulfóxido: .....

Otros tratamientos: .....





## L E Y E N D A

CUADRO A

- 1.- Número de identificación de la muestra.
- 2.- Volúmen en litros de grava lavada.
- 3.- Peso del concentrado de batea, o bien peso de la muestra bruta a estudiar.
- 4.- Peso de la totalidad de minerales pesados, expresado en gramos.

5-13.- Minerales de importancia económica:

- microtrazas (mtr) = 0,01 gr.
- < 0,05 gr. = 0,03 gr.
- > 0,05 gr. = peso en gramos.

En el caso del oro : de 1/10 - 10/10 mm = 0,001 gr.  
 de 11/10 - 99/10 mm = 0,003 gr.  
 a partir de 0,01 gr. = peso en gramos.

Por si aparecen otros minerales de importancia económica, como: Calcopirita, Blenda, Piromorfita, Molibdenita, etc., se han dejado tres columnas en blanco.

CUADRO B

En este cuadro, van insertos los minerales de menor interés, y se anotan con arreglo a un código, que indica la cantidad, en volúmen, de los diferentes minerales, respecto a la totalidad de minerales pesados presentes en la muestra.

- 1 - De uno a varios gramos.
- 2 - < 1 % del volumen total de minerales pesados.
- 3 - 1 a 10 % del volumen total de minerales pesados.
- 4 - 10-30 % del volumen total de minerales pesados.
- 5 - 30-60 % del volumen total de minerales pesados.
- 6 - 60-90 % del volumen total de minerales pesados.
- 7 - > 90 % del volumen total de minerales pesados.

(Adaptación del código del B.R.G.M. de Nantes).

MUESTRA { Nº DE ORIGEN  
Nº DEL LABORATORIO

INVESTIGACION:

PROVENIENCIA { MINA  
LOCALIDAD Y MUNICIPIO  
PROVINCIA

ENTREGADA POR:

SERVICIO DE:

ORDEN DE TRABAJO Nº:

Nº DE { LT  
PP  
CONC. { LT  
PP

BREVE DESCRIPCION GEOLOGICA DE LA ZONA:

DATOS DE CAMPO.

1) AFLORAMIENTO

LITOLOGIA :  
EDAD :  
OTROS ASPECTOS:

2) OBSERVACIONES

LOCALIZACION DE LA MUESTRA:  
FRACTURACION:  
ALTERACIONES:  
OTRAS:

DATOS CONOCIDOS SOBRE LA MINERALIZACION:

FINALIDAD DEL ESTUDIO METALOGENICO:

OBSERVACIONES:

Madrid, a de 19

1

PREPARACION { LT .....  
                  { PP .....

Nº REFERENCIA LABORATORIO

ID. ORIGEN:

PROCESO DE PREPARACION {  
 AGLUTINANTE .....  
 VACIO .....  
 CENTRIFUGADO .....  
 MAQUINA .....  
 TIEMPO DE PULIDO .....  
 OBSERVACIONES .....

TECNICAS APLICADAS:

{ SEPARACION DENSIMETRICA { IODURO (3,3) .....  
                                   { BROMOFORMO (2,9) .....

{ PESOS

{ SEPARACION MAGNETICA Y FASES:  
 PESOS

OTRAS

TERMINADO { SI .....  
                   { NO .....

TIPO { SUBALTIMETRITO: .....  
           { ALIZARINA: .....  
           { OTROS: .....

FALTAN ..... MUESTRAS POR REPARAR.

ESTA COMPLETA LA SERIE.

ANEXOS

ENADIMSA

- I. LABORATORIOS QUIMICOS.
- II. LABORATORIOS MINERALOGICOS.

## I N D I C E

	<u>Páginas</u>
ANEXO I. LABORATORIOS QUIMICOS	
NOTA PREVIA.	106.
1. ELEMENTOS ANALIZADOS Y LIMITES DE DETECCION EN ROCAS, MINERALES Y - SUELOS.	107.
2. DETERMINACION EN AGUAS.	111.
2. A. Aguas Naturales.	111.
2. B. Aguas Contaminadas.	112.
2. C. Aguas para Geotermismo.	114.
3. INSTRUMENTAL Y APARATOS.	115.
3. A. Análisis químicos y bacteriológicos.	115.
3. B. Preparación mecánica.	118.
4. PERSONAL TECNICO.	120.
5. REFERENCIAS.	121.

ANEXO I

LABORATORIOS QUIMICOS

Los Laboratorios Químicos de la Empresa Nacional Adaro están especializados principalmente en análisis de rocas, minerales, suelos y aguas (éstas, tanto naturales como contaminadas o procedentes de investigaciones geotérmicas). También se realizan análisis de carbones.

Las técnicas generales utilizadas son:

Vía húmeda (gravimetría y volumetría)  
Fotocolorimetría  
Fotometría de llama  
Absorción atómica  
Fluorescencia  
Electrodos específicos

Las relaciones que se dan sobre posibilidades analíticas de nuestros laboratorios químicos no son en modo alguno exhaustivas sino que, a petición del cliente se estudiará la viabilidad y puesta a punto de cualquier análisis químico que se solicite.

Con respecto a las tarifas, dado que éstas dependen de los costes, se darán, a petición del cliente, una vez conocido el elemento o elementos a analizar, la matriz de la muestra, el número de éstas y la cadencia de envío al laboratorio.

Esto se aplica también, y de modo muy especial a la molienda ya que aquí influye mucho el tamaño de la muestra.

Caso de que las muestras se entreguen ya molidas al laboratorio, la granulometría deberá adaptarse a las necesidades del análisis a realizar (representatividad, ataque, etc.). En casos particulares deberá tenerse en cuenta también las posibilidades de contaminación durante la molienda.

Los datos que figuran en las tablas, tanto de límites de detección como de margen analítico son sólo aproximados pues dependen de varios factores.

1.- ELEMENTOS ANALIZADOS Y LIMITES DE DETECCION EN  
ROCAS, MINERALES Y SUELOS

<u>Elemento</u>	<u>Límite de detección o margen analítico</u>
Aluminio	Absorción atómica 10 ppm Fluorescencia X $5 \times 10^3$ ppm Volumetría de 1 % a 100 %
Antimonio	Absorción atómica 8 ppm Fluorescencia X 10 ppm
Arsénico	Fluorescencia X 10 ppm Fotocolorimetría 5 ppm Gravimetría de 0,1 % a 5 % Volumetría de 1 % a 100 %
Azufre	Fluorescencia X $2 \times 10^3$ ppm Gravimetría de 0,1 % a 100 % Turbidimetría de 0,01 % a 0,1 %
Bario	Absorción atómica 500 ppm Fotometría de llama Fluorescencia X 10 ppm Gravimetría de 1 % a 100 %
Berilio	Absorción atómica 1 ppm
Bismuto	Absorción atómica 1 ppm Fluorescencia X 10 ppm
Boro	Fotocolorimetría 30 ppm Volumetría
Bromo	Fluorescencia X 30 ppm
Cadmio	Absorción atómica 1 ppm Fluorescencia X 10 ppm Volumetría
Calcio	Absorción atómica 5 ppm Fotometría de llama Fluorescencia X $2 \times 10^3$ ppm Volumetría

Cerio	Fluorescencia X	30 ppm
Cesio	Fluorescencia X	30 ppm
Cinc	Absorción atómica Fluorescencia X Complexometría Volumetría Colorimetría	0,5 ppm 10 ppm de 0,1 ‰ a 10 ‰ de 1 ‰ a 100 ‰ de 0,001 ‰ a 0,01 ‰
Circonio	Fluorescencia X	10 ppm
Cloro	Fluorescencia X Turbidimetría Volumetría	$2 \times 10^3$ ppm de 0,1 ‰ a 1 ‰ de 1 ‰ a 30 ‰
Cobalto	Absorción atómica Fotocolorimetría Fluorescencia X	5 ppm 1 ppm 10 ppm
Cobre	Absorción atómica Fluorescencia X Fotocolorimetría Volumetría	0,5 ppm 10 ppm
Estaño	Fluorescencia X Fotocolorimetría Volumetría	20 ppm de 0,01 ‰ a 1 ‰ de 1 ‰ a 75 ‰
Estroncio	Fluorescencia X Volumetría	10 ppm
Flúor	Fotocolorimetría Volumetría	5 ppm 5 ppm
Fósforo	Fluorescencia X Fotocolorimetría	$2 \times 10^3$ ppm 10 ppm
Galio	Fluorescencia X	10 ppm
Germanio	Fluorescencia X Fotocolorimetría	10 ppm 2 ppm
Hafnio	Fluorescencia X	10 ppm
Hierro	Absorción atómica Fluorescencia X Volumetría Complexometría	5 ppm $1 \times 10^3$ ppm de 1 ‰ a 80 ‰ de 0,1 ‰ a 5 ‰
Indio	Fluorescencia X	10 ppm

Iodo	Fluorescencia X	30 ppm
Itrio	Fluorescencia X	10 ppm
Lantano	Fluorescencia X	20 ppm
Litio	Absorción atómica Fotometría de llama	2 ppm
Magnesio	Absorción atómica Fluorescencia X Complexometría Gravimetría	0,5 ppm $5 \times 10^3$ ppm
Manganeso	Absorción atómica Fluorescencia X Fotocolorimetría Volumetría	5 ppm $1 \times 10^3$ ppm
Mercurio	Absorción atómica Fotocolorimetría	0,05 ppm 4 ppm
Molibdeno	Absorción atómica Fluorescencia X Fotocolorimetría	5 ppm 10 ppm 1 ppm
Niobio	Fluorescencia X Fotocolorimetría	10 ppm 2 ppm
Níquel	Absorción atómica Fluorescencia X Fotocolorimetría	5 ppm 10 ppm
Oro	Absorción atómica Fotocolorimetría	0,05 ppm 0,05 ppm
Plata	Absorción atómica Fluorescencia X Fotocolorimetría Volumetría	1 ppm 10 ppm
Platino	Coprecipitación	0,5 ppm
Plomo	Absorción atómica Fluorescencia X Fotocolorimetría Volumetría	5 ppm 10 ppm
Potasio	Absorción atómica Fluorescencia X Fotometría de llama	0,5 ppm $1 \times 10^3$ ppm

Rubidio	Fluorescencia X	10 ppm
Selenio	Fluorescencia X Fotocolorimetría	30 ppm
Silicio	Absorción atómica Fluorescencia X Gravimetría Fotocolorimetría	$10^3$ ppm $2 \times 10^3$ ppm de 0,5 % a 100 % de 0,05 % a 0,5 %
Sodio	Absorción atómica Fotometría de llama	0,5 ppm
Talio	Fluorescencia X	50 ppm
Tántalo	Fluorescencia X	10 ppm
Teluro	Fluorescencia X	30 ppm
Titanio	Absorción atómica Fluorescencia X Fotocolorimetría	25 ppm 100 ppm de 0,05 % a 5 %
Torio	Fluorescencia X	30 ppm
Uranio	Fluorescencia X Fotocolorimetría	30 ppm 0,1 ppm
Vanadio	Absorción atómica Fotocolorimetría	5 ppm de 0,01 % a 5 %
Wolframio	Fluorescencia X Fotocolorimetría Gravimetría	10 ppm 40 ppm de 1 % a 80 %

## 2.- DETERMINACIONES EN AGUAS

2.A.- AGUAS NATURALES

<u>Aniones</u>	<u>Límite inferior</u>	
Bicarbonatos	0,1	me/l
Carbonatos	0,1	me/l
Cloruros	0,1	me/l
Fluoruros	0,01	mg/l
Fosfatos	0,5	mg/l
Nitratos	1,0	mg/l
Nitritos	0,05	mg/l
Sulfatos	1,0	mg/l
Sulfitos	0,1	me/l
Sulfuros	0,1	me/l
Tiosulfatos	0,1	me/l
 <u>Cationes</u>		
Aluminio	1,0	mg/l
Antimonio	0,1	mg/l
Arsénico	0,1	mg/l
Bario	0,1	mg/l
Cadmio	0,01	mg/l
Calcio	0,1	mg/l
Cesio	0,1	mg/l
Cinc	0,01	mg/l
Cobalto	0,1	mg/l
Cobre	0,01	mg/l
Cromo	0,1	mg/l
Estroncio	0,1	mg/l
Hierro	0,01	mg/l
Litio	0,1	mg/l
Magnesio	0,1	mg/l
Manganeso	0,1	mg/l
Mercurio	0,001	mg/l
Molibdeno	0,1	mg/l
Níquel	0,1	mg/l
Oro	0,05	mg/l
Plata	0,01	mg/l
Plomo	0,1	mg/l
Potasio	0,1	mg/l
Rubidio	0,1	mg/l

Selenio	0,1	mg/l
Silicio	1,0	mg/l
Sodio	0,1	mg/l
Vanadio	1,0	mg/l

Caracteres organolépticos

Color	5	mg/l Pt
Olor		
Sabor		

Otras determinaciones

Límite inferior

Alcalinidad ( $\text{CO}_3^-$ ), TA	0,1	me/l
Alcalinidad Total, TAC	0,1	me/l
Agresividad		
Amoniaco ( $\text{NH}_4^+$ )	0,1	mg/l
Anhídrido carbónico libre ( $\text{CO}_2$ )	1,0	mg/l
Anhídrido carbónico agresivo		
Azufre total		
Boro	0,1	mg/l
Cloro libre	0,1	mg/l
Coefficiente de absorción Na/Ca + Mg		
S.A.R.		
Conductividad a 20 °C		
Demanda biológica de oxígeno $\text{DBO}_5$		
Demanda química de cloro DQCL	4	ml lejía comercial/ m <sup>3</sup> de muestra
Demanda química de oxígeno DQO		
Dureza, TH		
Materia orgánica	0,1	mg/l
Oxidabilidad al permanganato		
Oxidabilidad en caliente	0,1	mg/l
Oxígeno disuelto		
Nitrógeno total	2,0	mg/l
pH		
Residuo fijo (600 °C)	0,1	mg/l
Residuo seco (110 °C)	0,1	mg/l
Sólidos en suspensión	0,1	mg/l
Sólidos volátiles en suspensión (600 °C)	0,1	mg/l
Temperatura		
Turbidez	0,05	J.T.U.

2.B.- AGUAS CONTAMINADAS

Aniones

Límite inferior

Bicarbonatos	0,1	me/l
Carbonatos	0,1	me/l
Cianuros	0,01	mg/l

Selenio	0,1	mg/l
Silicio	1,0	mg/l
Sodio	0,1	mg/l
Vanadio	1,0	mg/l

Caracteres organolépticos

Color	5	mg/l Pt
Olor		
Sabor		

Otras determinaciones

Límite inferior

Alcalinidad ( $\text{CO}_3^-$ ), TA	0,1	me/l
Alcalinidad Total, TAC	0,1	me/l
Agresividad		
Amoniaco ( $\text{NH}_4^+$ )	0,1	mg/l
Anhídrido carbónico libre ( $\text{CO}_2$ )	1,0	mg/l
Anhídrido carbónico agresivo		
Azufre total		
Boro	0,1	mg/l
Cloro libre	0,1	mg/l
Coefficiente de absorción Na/Ca + Mg S.A.R.		
Conductividad a 20 °C		
Demanda biológica de oxígeno $\text{DBO}_5$		
Demanda química de cloro DQCL	4	ml lejía comercial/ m <sup>3</sup> de muestra
Demanda química de oxígeno DQO		
Dureza, TH		
Materia orgánica	0,1	mg/l
Oxidabilidad al permanganato		
Oxidabilidad en caliente	0,1	mg/l
Oxígeno disuelto		
Nitrógeno total	2,0	mg/l
pH		
Residuo fijo (600 °C)	0,1	mg/l
Residuo seco (110 °C)	0,1	mg/l
Sólidos en suspensión	0,1	mg/l
Sólidos volátiles en suspensión (600 °C)	0,1	mg/l
Temperatura		
Turbidez	0,05	J.T.U.

2.B. - AGUAS CONTAMINADAS

Aniones

Límite inferior

Bicarbonatos	0,1	me/l
Carbonatos	0,1	me/l
Cianuros	0,01	mg/l

Selenio	0,1	mg/l
Silicio	1,0	mg/l
Sodio	0,1	mg/l
Vanadio	1,0	mg/l

Caracteres organolépticos

Color	5	mg/l Pt
Olor		
Sabor		

Otras determinaciones

Límite inferior

Alcalinidad ( $\text{CO}_3^-$ ), TA	0,1	me/l
Alcalinidad Total, TAC	0,1	me/l
Agresividad		
Amoníaco ( $\text{NH}_4^+$ )	0,1	mg/l
Anhídrido carbónico libre ( $\text{CO}_2$ )	1,0	mg/l
Anhídrido carbónico agresivo		
Azufre total		
Boro	0,1	mg/l
Cloro libre	0,1	mg/l
Coefficiente de absorción Na/Ca + Mg S.A.R.		
Conductividad a 20 °C		
Demanda biológica de oxígeno $\text{DBO}_5$		
Demanda química de cloro DQCL	4	ml lejía comercial/ $\text{m}^3$ de muestra
Demanda química de oxígeno DQO		
Dureza, TH		
Materia orgánica	0,1	mg/l
Oxidabilidad al permanganato		
Oxidabilidad en caliente	0,1	mg/l
Oxígeno disuelto		
Nitrógeno total	2,0	mg/l
pH		
Residuo fijo (600 °C)	0,1	mg/l
Residuo seco (110 °C)	0,1	mg/l
Sólidos en suspensión	0,1	mg/l
Sólidos volátiles en suspensión (600 °C)	0,1	mg/l
Temperatura		
Turbidez	0,05	J.T.U.

2.B. - AGUAS CONTAMINADAS

Aniones

Límite inferior

Bicarbonatos	0,1	me/l
Carbonatos	0,1	me/l
Cianuros	0,01	mg/l

Selenio	0,1	mg/l
Silicio	1,0	mg/l
Sodio	0,1	mg/l
Vanadio	1,0	mg/l

Caracteres organolépticos

Color	5	mg/l Pt
Olor		
Sabor		

Otras determinaciones

Límite inferior

Alcalinidad (CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> ), TA	0,1	me/l
Alcalinidad Total, TAC	0,1	me/l
Agresividad		
Amoniaco (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	0,1	mg/l
Anhídrido carbónico libre (CO <sub>2</sub> )	1,0	mg/l
Anhídrido carbónico agresivo		
Azufre total		
Boro	0,1	mg/l
Cloro libre	0,1	mg/l
Coefficiente de absorción Na/Ca + Mg S.A.R.		
Conductividad a 20 °C		
Demanda biológica de oxígeno DBO <sub>5</sub>		
Demanda química de cloro DQCL	4	ml lejía comercial/ m <sup>3</sup> de muestra
Demanda química de oxígeno DQO		
Dureza, TH		
Materia orgánica	0,1	mg/l
Oxidabilidad al permanganato		
Oxidabilidad en caliente	0,1	mg/l
Oxígeno disuelto		
Nitrógeno total	2,0	mg/l
pH		
Residuo fijo (600 °C)	0,1	mg/l
Residuo seco (110 °C)	0,1	mg/l
Sólidos en suspensión	0,1	mg/l
Sólidos volátiles en suspensión (600 °C)	0,1	mg/l
Temperatura		
Turbidez	0,05	J.T.U.

2.B.- AGUAS CONTAMINADAS

Aniones

Límite inferior

Bicarbonatos	0,1	me/l
Carbonatos	0,1	me/l
Cianuros	0,01	mg/l

Selenio	0,1	mg/l
Silicio	1,0	mg/l
Sodio	0,1	mg/l
Vanadio	1,0	mg/l

Caracteres organolépticos

Color	5	mg/l Pt
Olor		
Sabor		

Otras determinaciones

Límite inferior

Alcalinidad ( $\text{CO}_3^-$ ), TA	0,1	me/l
Alcalinidad Total, TAC	0,1	me/l
Agresividad		
Amoníaco ( $\text{NH}_4^+$ )	0,1	mg/l
Anhídrido carbónico libre ( $\text{CO}_2$ )	1,0	mg/l
Anhídrido carbónico agresivo		
Azufre total		
Boro	0,1	mg/l
Cloro libre	0,1	mg/l
Coefficiente de absorción Na/Ca + Mg		
S.A.R.		
Conductividad a 20 °C		
Demanda biológica de oxígeno $\text{DBO}_5$		
Demanda química de cloro DQCL	4	ml lejía comercial/ m <sup>3</sup> de muestra
Demanda química de oxígeno DQO		
Dureza, TH		
Materia orgánica	0,1	mg/l
Oxidabilidad al permanganato		
Oxidabilidad en caliente	0,1	mg/l
Oxígeno disuelto		
Nitrógeno total	2,0	mg/l
pH		
Residuo fijo (600 °C)	0,1	mg/l
Residuo seco (110 °C)	0,1	mg/l
Sólidos en suspensión	0,1	mg/l
Sólidos volátiles en suspensión (600 °C)	0,1	mg/l
Temperatura		
Turbidez	0,05	J.T.U.

2.B. - AGUAS CONTAMINADAS

Aniones

Límite inferior

Bicarbonatos	0,1	me/l
Carbonatos	0,1	me/l
Cianuros	0,01	mg/l

Selenio	0,1	mg/l
Silicio	1,0	mg/l
Sodio	0,1	mg/l
Vanadio	1,0	mg/l

Caracteres organolépticos

Color	5	mg/l Pt
Olor		
Sabor		

Otras determinaciones

Límite inferior

Alcalinidad ( $\text{CO}_3^-$ ), TA	0,1	me/l
Alcalinidad Total, TAC	0,1	me/l
Agresividad		
Amoniaco ( $\text{NH}_4^+$ )	0,1	mg/l
Anhidrido carbónico libre ( $\text{CO}_2$ )	1,0	mg/l
Anhidrido carbónico agresivo		
Azufre total		
Boro	0,1	mg/l
Cloro libre	0,1	mg/l
Coefficiente de absorción Na/Ca + Mg S.A.R.		
Conductividad a 20 °C		
Demanda biológica de oxígeno $\text{DBO}_5$		
Demanda química de cloro DQCL	4	ml lejía comercial/ m <sup>3</sup> de muestra
Demanda química de oxígeno DQO		
Dureza, TH		
Materia orgánica	0,1	mg/l
Oxidabilidad al permanganato		
Oxidabilidad en caliente	0,1	mg/l
Oxígeno disuelto		
Nitrógeno total	2,0	mg/l
pH		
Residuo fijo (600 °C)	0,1	mg/l
Residuo seco (110 °C)	0,1	mg/l
Sólidos en suspensión	0,1	mg/l
Sólidos volátiles en suspensión (600 °C)	0,1	mg/l
Temperatura		
Turbidez	0,05	J.T.U.

2.B. - AGUAS CONTAMINADAS

Aniones

Límite inferior

Bicarbonatos	0,1	me/l
Carbonatos	0,1	me/l
Cianuros	0,01	mg/l

Selenio	0,1	mg/l
Silicio	1,0	mg/l
Sodio	0,1	mg/l
Vanadio	1,0	mg/l

Caracteres organolépticos

Color	5	mg/l Pt
Olor		
Sabor		

Otras determinaciones

Límite inferior

Alcalinidad ( $\text{CO}_3^-$ ), TA	0,1	me/l
Alcalinidad Total, TAC	0,1	me/l
Agresividad		
Amoniaco ( $\text{NH}_4^+$ )	0,1	mg/l
Anhidrido carbónico libre ( $\text{CO}_2$ )	1,0	mg/l
Anhidrido carbónico agresivo		
Azufre total		
Boro	0,1	mg/l
Cloro libre	0,1	mg/l
Coefficiente de absorción Na/Ca + Mg		
S.A.R.		
Conductividad a 20 °C		
Demanda biológica de oxígeno $\text{DBO}_5$		
Demanda química de cloro DQCL	4	ml lejía comercial/ m <sup>3</sup> de muestra
Demanda química de oxígeno DQO		
Dureza, TH		
Materia orgánica	0,1	mg/l
Oxidabilidad al permanganato		
Oxidabilidad en caliente	0,1	mg/l
Oxígeno disuelto		
Nitrógeno total	2,0	mg/l
pH		
Residuo fijo (600 °C)	0,1	mg/l
Residuo seco (110 °C)	0,1	mg/l
Sólidos en suspensión	0,1	mg/l
Sólidos volátiles en suspensión (600 °C)	0,1	mg/l
Temperatura		
Turbidez	0,05	J.T.U.

2.B.- AGUAS CONTAMINADAS

Aniones

Límite inferior

Bicarbonatos	0,1	me/l
Carbonatos	0,1	me/l
Cianuros	0,01	mg/l

Cloruros	0,1	me/l
Fluoruros	0,01	mg/l
Fosfatos	1,0	mg/l
Nitratos	1,0	mg/l
Nitritos	0,05	mg/l
Sulfatos	1,0	mg/l
Sulfitos	0,1	me/l
Sulfuros	0,1	me/l
Tiosulfatos	0,1	me/l

#### Cationes

Calcio	0,1	mg/l
Magnesio	0,1	mg/l
Potasio	0,1	mg/l
Sodio	0,1	mg/l

#### Caracteres organolépticos

Color	5	mg/l Pt
Olor		
Sabor		

#### Otras determinaciones

Aceites y grasas	0,02	mg/l
Alcalinidad ( $\text{CO}_3^-$ ), TA	0,1	me/l
Alcalinidad total, TAC	0,1	me/l
Amoniaco ( $\text{NH}_4^+$ ) (destil.)	1,0	mg/l
Azufre total		
Boro	0,1	mg/l
Cloro libre	0,1	mg/l
Conductividad a 20 °C		
Cromo exavalente	0,05	mg/l
Demanda biológica de oxígeno ( $\text{DBO}_5$ )		
Demanda química de cloro (DQCL)	4	ml lejía comercial/m <sup>3</sup> de muestra
Demanda química de oxígeno		
Detergentes	0,05	mg/l
Fenoles	0,01	mg/l
Hidrocarburos	0,1	mg/l
Materia orgánica	0,1	mg/l
Nitrógeno total	2,0	mg/l
Oxidabilidad al permanganato en frío	0,1	mg/l
Oxígeno disuelto		
pH		
Putrescibilidad (azul de metileno)		
Residuo fijo (600 °C)	0,1	mg/l
Residuo seco (110 °C)	0,1	mg/l
Sólidos en suspensión	0,1	mg/l
Sólidos volátiles en suspensión (600 °C)	0,1	mg/l

Sulfuro de hidrógeno	0,1 mg/l
Temperatura	
Turbidez	0,05 J.T.U.

## 2.C. - AGUAS PARA GEOTERMISMO

<u>Aniones</u>	<u>Límite inferior</u>
Bicarbonatos	0,1 me/l
Carbonatos	0,1 me/l
Cloruros	0,1 me/l
Fluoruros	0,01 mg/l
Sulfatos	1,0 mg/l
<u>Cationes</u>	
Amoniaco	0,1 mg/l
Antimonio	0,1 mg/l
Arsénico	0,1 mg/l
Calcio	0,1 mg/l
Cesio	0,1 mg/l
Magnesio	0,1 mg/l
Potasio	0,1 mg/l
Sodio	0,1 mg/l
<u>Otras determinaciones</u>	
Anhidrido carbónico	1,0 mg/l
Boro	0,1 mg/l
Coefficiente de absorción Na/Ca + Mg SAR	
Conductividad a 20 °C	
pH	
Residuo seco a 150 °C	0,1 mg/l
Sílice	1,0 mg/l
Sulfuro de hidrógeno	0,1 mg/l

### 3.- INSTRUMENTAL Y APARATOS

#### 3.A.- ANALISIS QUIMICOS Y BACTERIOLOGICOS

- Espectrómetro de absorción atómica "Perkin-Elmer", modelo 403, con los siguientes accesorios:

- Fotómetro de llama con "Scanner"
- Corrector de fondos por lámpara de deuterio
- Registrador "Hitachi"
- Mesa automática para 300 muestras
- Teletipo
- Fuente de suministro de potencia para lámparas con excitación por microondas
- Fuente de suministro de potencia para lámparas de descarga
- Dispositivo para "samples-bota"
- Cámara de cuarzo para determinación de Hg
- Lámparas intensitrón, EDL y Osram para: Al, Sb, As, Ba, Bi, Cd, Ca, Cs, Cr, Co, Cu, Au, Fe, Pb, Li, Mg, Mn, Hg, Mo, Ni, Pt, K, Rb, Se, Si, Ag, Na, Sr, Te, Sn, Ti, W, V, Zn

- Espectrómetro de fluorescencia de rayos X "Philips", modelo PW/1450, y el siguiente material auxiliar:

- Ordenador PC/1290
- Máquina de preparación de perlas, modelo PW/1234/10
- Prensa hidráulica "Herzog", modelo HTP/60
- Bomba de agua "Mibsa" de 1,5 CV

- Espectrofotómetro "Pyc Unicam", modelo SP/1800 ultravioleta-visible, provisto de tomador automático de muestras y registrador.
- Espectrofotocolorímetro "Bansch & Lomb", modelo spectronic-20.
- Fotocolorímetro "Coleman", modelo 8.
- Fotómetro de llama "EEL".
- Potenciómetro digital "Polymetron", 5105.
- pH-metro "Philips", modelo PYE/293.
- pH-metro "Philips", modelo PW/9413, con juego de electrodos específicos.

- Conductivímetro "Philips", modelo PW/9501/01.
- Conductivímetro "Hach", modelo 2510.
- Turbidímetro "Hach", modelo 2100/A.
- Estufa de desecación "Memmert", modelo TV-50 UL.
- Estufa de desecación "Invester" para baja temperatura.
- Estufa de desecación "Selecta".
- Estufa de desecación "Invester" con ventilación forzada, modelo 140/S.
- Estufa de desecación "Tarma", modelo K.
- Estufa "S-Invester", hasta 200 °C.
- Estufa de cultivos "Memmert" modelo TVB/50.
- 2 Hornos de mufla "Heraeus", modelo MR-170.
- Horno de mufla "Heraeus", modelo MR-170-S.
- 2 Hornos circulares "Herman Moritz".
- Horno para ensayos de hinchamiento al crisol.
- 9 Calcinadores "Sievert".
- 16 placas calefactoras "Selecta".
- Placa calefactora "Selecta-Rotaterm".
- 4 Mantas calefactoras "Selecta".
- Batería "Selecta" de 6 mantas calefactoras.
- 2 Baños maría "ENADIMSA" para 250 tubos de 24 x 280.
- Baño vibratorio de vapor "ENADIMSA" para 100 tubos.
- 2 Baños maría "Selecta", modelo 138 A, termoregulables.
- 20 Baños maría individuales.
- 4 Baños de arena.

- Balanza de precisión "Mettler", modelo H-10-N.
- Balanza de precisión "Mettler", modelo H-35.
- Balanza de precisión "Mettler", modelo H-20.
- Balanza de precisión "Mettler", modelo B.
- Balanza de precisión "Mettler", modelo H.
- Balanza de torsión "Sauter".
- Balanza monoplato "Sartorius", hasta 1 kg.
- Balanza monoplato "Sartorius", hasta 7 kg.
- Balanza "Ohaus", hasta 20 kg.
- Frigorífico "Ignis", modelo PR-150-S.
- Frigorífico "Ramón Vizcaino", modelo 2000.
- Centrifugadora "ENADIMSA" de 900 g, para 30 tubos.
- Centrifuga "Sorvall", modelo SS-3, hasta 20.000 r.p.m.
- 3 Agitadores electromagnéticos "Selecta".
- Agitador oscilante "ENADIMSA".
- Agitador mecánico "Lomi".
- 2 Homogeneizadores vibratorios "ENADIMSA" para 100 tubos.
- Homogeneizador "Túrbula" modelo T/2/A.
- Mezclador giratorio "ENADIMSA" para materias grasas.
- Mezclador giratorio "ENADIMSA" para detergentes.
- 3 Pipetas automáticas "ENADIMSA" con tambor giratorio.
- Batería de filtración al vacío con diez unidades, conectada a dos bombas "Cumbre" para 0,01 mm Hg.
- Equipo de filtración "Millipore" de seis elementos, provistos de manifold en acero inoxidable y bomba de vacío.

- Equipo de filtración "Millipore" para bacteriología.
- Unidad de desionización "Serva".
- Equipo de depuración de aguas "Millipore" Super Q-S.
- Bidestilador de cuarzo "Prolabo".
- 2 Equipos para destilación en corriente de vapor.
- 2 Equipos para destilación en vacío.
- Rampa circular "ENADIMSA" para obtención de sublimados, con capacidad para 30 tubos.
- Equipo "Beckman" para DBO y O<sub>2</sub> disuelto.
- Equipo "Bechman" de O<sub>2</sub> disuelto, para campo.
- Laboratorio portátil "Hatch" para campo.
- Equipo portátil "Millipore" para análisis bacteriológicos en el campo.
- Equipo para estudios bacteriológicos.
- Autoclave vertical modelo TD/281874.
- Calorímetro LP.
- Aparato "Bonat" para destilación-valoración.
- Batería digestión Kjeldahl de 6 plazas y regulación individual de calefacción.
- Clorurómetro "EEL-Corning".
- Bomba de vacío "Cumbre" para 0,01 mm Hg.
- Batería de doce unidades para determinar relación suelo agua.

### 3.B.- PREPARACION MECANICA

- Estufa-armario "Invester" con ventilación forzada.
- Machacadora de mandíbulas "Wedag" tipo MN/931/1
- 2 Machacadoras de mandíbulas "Sturtevant".
- 2 Molinos de discos "Denver Mc. Cool".

- Molino tamizador "Forplex".
- Molino vibratorio de anillos "Tema" con recipientes de widia.
- Equipo colgante "Tema" de seis molinos.
- Equipo colgante "Siebtechnik" con recipientes de ágata.
- Mortero mecánico "Fristch-pulverisette".
- 2 Homogeneizadores "ENADIMSA".
- Homogeneizador "Turbula-Wab", modelo TZA.
- Cortadora "ENADIMSA" tipo "Cascade".
- Juego de "riffles" "Wedag" en acero inoxidable.
- Disgregador "ENADIMSA" tipo Dandamay con recipientes de nylon.
- Tamizador electromagnético "Cisa".
- 2 Tamizadores colgantes "Denver".
- 2 Aspiradores "Ursus-Walker".
- Aspirador móvil "Chemico", modelo 730.

#### **4.- PERSONAL TECNICO**

- Jefe de Servicio (Titulado Superior)
- Cuatro titulados superiores
- Un titulado medio
- Doce técnicos no titulados

## 5.- REFERENCIAS

Los Laboratorios Químicos de ENADIMSA han trabajado para los siguientes organismos y empresas:

### MINISTERIO DE INDUSTRIA

- Dirección General de Energía.
- Dirección General de Minas e Industrias de la Construcción.
- Instituto Geológico y Minero de España (IGME).
- Instituto Nacional de Industria (INI).
- Subdirección de Contaminación Industrial.

### EMPRESAS DEL INSTITUTO NACIONAL DE INDUSTRIA

- AUXINI-AUXIESA.
- AUXINI-PETROLEOS.
- AUXINI-PIRITAS ESPAÑOLAS.
- COPAREX ESPAÑOLA, S.A.
- Empresa Nacional del Aluminio, S.A. (ENDASA).
- Empresa Nacional Carbonífera del Sur (ENCASUR).
- Empresa Nacional de Electricidad (ENDESA).
- Empresa Nacional del Gas, S.A. (ENAGAS).
- Empresa Nacional Hidroeléctrica del Ribagorzana, S.A. (ENHER).
- Empresa Nacional Hullera del Norte, S.A. (HUNOSA).
- Empresa Nacional de Investigación y Explotación de Petróleo, S.A. (ENIEPSA).
- Empresa Nacional de Petróleos de Aragón, S.A. (ENPASA).
- Empresa Nacional del Uranio, S.A. (ENUSA).
- FODINA, S.A.
- Fosfatos de Bucraa, S.A. (FOSBUCRA).
- Hispánica de Petróleos, S.A. (HISPANOIL).
- Minas de Almagrera, S.A. (MASA).
- Potasas de Navarra, S.A. (PODENSA).

### MINISTERIO DE AGRICULTURA

- Instituto de Reforma y Desarrollo Agrario (IRYDA).

### MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS

- Servicio Geológico de Obras Públicas.

MINISTERIO DE HACIENDA

- Minas de Almadén y Arrayanes.
- Minas de La Reunión (Villanueva del Río y Minas).

MINISTERIO DEL AIRE

- Base Aérea de Los Llanos (Albacete).

MINISTERIO DE LA GOBERNACION

- Ayuntamiento de Pamplona.
- Ayuntamiento de Madrid.
- Diputación de Málaga.
- Mancomunidad de Municipios de la Costa del Sol Occidental.
- Cabildo Insular de Gran Canaria.

MINISTERIO DE LA PRESIDENCIA

- Dirección General de Plazas y Provincias Africanas.

COMPAÑIAS PRIVADAS

- Agrupación Minera, S.A. (AGRUMINSA).
- Aguas Municipalizadas de Alicante, S.A.
- AISLACO, S.A.
- Altos Hornos de Vizcaya, S.A. (A.H.V.).
- American Overseas Petroleum, Spain, Ltd. (AMOSPAIN).
- Andaluza de Piritas, S.A. (APIRSA).
- Angel Luengo Martínez. Explotaciones Mineras.
- ASTRUMINERA.
- ASTUR-PLACER.
- ASTURIANA DEL ZINC. S.A. (AZSA).
- ATEINSA (Aplicaciones Técnicas Industriales, S.A.).
- Banco Industrial de Bilbao (BIB).
- Baritas y Pigmentos, S.A.
- Caja de Ahorros de Zaragoza, Aragón y Rioja.
- Caolines de Lage.
- Cementos Alba, S.A. (CALBASA).
- Cementos del Norte (CEMENORSA).
- Cementos Portland, S.A.
- CEMINSA.
- Centro Minero de Penouta.
- CIEPSA.
- Combustibles Isidoro Rodríguez, S.A. (CIRSA).
- COMEIM.

- Comercial García Simón, S.A.
- Compañía Arrendataria del Monopolio de Petróleos, S.A. (CAMPSA).
- Compañía Española de Carbones Activos (CECA).
- Compañía General de Sondeos, S.A. (CGS).
- Compañía Minera de Andévalo, S.A.
- Compañía Minera de Sierra Menera, S.A.
- Compañía Minero-Metalúrgica "Los Guindos", S.A.
- Compañía Valenciana de Cementos, S.A.
- Construcciones y Estudios Industriales, S.A. BABBITLESS.
- COPAREX ESPAÑOLA, S.A.
- Cristalería Española, S.A.
- Dames & Moore, S.A.
- DELCA.
- Dolomitas del Norte, S.A.
- Dow-Chemical Ibérica.
- ENTASA.
- EPTISA.
- Española de Investigación y desarrollo, S.A. (ESPINDESA).
- Española de Placas y Yeso, S.A. (EPYSA).
- Española del Zinc, S.A. (ZINSA).
- ESSO.
- Explotación Minera Internacional, España, S.A. (EXMINESA).
- FINA IBERICA, S.A.
- FORACO.
- FRASER ESPAÑOLA, S.A.
- G.L.M. Proyectos.
- GEORENA.
- Geotecnia y Cimientos, S.A. (GEOCISA).
- GEOTECNICA, S.A.
- HERRING.
- Ibérica de Especialidades Geotécnicas, S.A. (IBERGESA).
- INDUMETAL.
- Industrias Siderometalúrgicas Españolas, S.A. (ISESA).
- INTERMINAS, S.A.
- Internacional de Ingeniería y Estudios Técnicos, S.A. (INTECSA).
- Knorr-Elorza, S.A. (KAS).
- La Alquimia, S.A.
- MERCK SHARP & DHOME DE ESPAÑA, S.A.E.-M.S.D.
- METALMINE ESPAÑOLA.
- Metal Química del Nervión, S.A.
- Minas Argentíferas y Auríferas del Centro, S.A. (MAYAC).
- Minas del Herradón, S.A.
- Minas de Somiedo, S.A.
- Minas de Tharsis.
- Minera del Duero, S.A. (MIDUESA).
- Minerales y Productos Derivados, S.A. (MINERSA).
- Minero y Metalúrgica de la Serena, S.A.
- NARKAVI Internacional, S.A.

- Obras y Servicios Hispania, S.A. (OSHS).
- Petróleos del Norte, S.A. (PETRONOR).
- Phelps Dodge Española, Co. y Cía., S.R.C.
- Piritas Españolas, S.A.
- PROGEMSA, S.A.
- Promoción de Infraestructuras, S.A.
- PROSER.
- Redland Ibérica, S.A.
- Recursos Naturales, S.A. (RENASA).
- S.A. Cross-Industria Química.
- S.A. Hullas del Coto Cortés.
- Sociedad Española de Aislantes, S.A.
- Sociedad General de Obras y Construcciones, S.A. (OBRASCON).
- Sociedad Minero-Metalúrgica de Peñarroya-España, S.A. (SMMPE).
- Sociedad Española del Oxígeno, S.A. (S.E.O.).
- SUPERVISE.
- Técnicos Consultores Reunidos, S.A. (T.C.R.).
- Terrenos Canarios, S.A.
- Unión Explosivos Río Tinto, S.A. (ERT).
- URALITA, S.A.
- Uranerzbergbau - GMBH & Co. KG.

#### EXTRANJEROS

- Presidencia de Gobierno (República Dominicana).
- Mifergui: Mines de Fer de Guinée-Conakry.
- Ministerio de Recursos Naturales (Ecuador).
- Ministerio de Minas y Petróleos (Colombia).
- ROFOMEX: Roca Fosfórica Mexicana (Méjico).
- Sales de Tanca-Michapán (Méjico).
- Minero Perú (Perú).
- Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) (Francia).
- Office Cherifien Des Phosphates (O.C.P.) (Marruecos).
- Companhia Industrial de Cimentos do Sul (CISUL) (Portugal).

ANEXO II

LABORATORIOS MINERALOGICOS

## I N D I C E

Páginas

### ANEXO II. LABORATORIOS MINERALOGICOS.

1.	DIFRACTOMETRIA DE RAYOS X	128.
1.1.	Características técnicas.	128.
1.2.	Personal.	129.
1.3.	Material.	129.
1.4.	Posibilidades analíticas.	130.
1.5.	Trabajos realizados.	131.
2.	MINERALOMETRIA.	132.
2.1.	Características técnicas.	132.
2.2.	Personal.	134.
2.3.	Material.	134.
2.4.	Posibilidades analíticas.	135.
2.5.	Trabajos realizados.	136.
3.	ESTUDIOS METALOGENETICOS Y MICROS COPIA OPTICA.	137.
3.1.	Características técnicas.	137.
3.2.	Personal.	138.
3.3.	Material.	138.
3.4.	Posibilidades analíticas y de trabajo.	139.
3.5.	Trabajos realizados.	140.

./

Cont. . /

	<u>Páginas</u>
4. TALLER DE PREPARACION MECANICA.	141.
4.1. Características técnicas.	141.
4.2. Personal.	141.
4.3. Material.	141.
4.4. Posibilidades de trabajo.	142.
5. TALLER DE PROTOTIPOS.	143.

## 1. DIFRACTOMETRIA DE RAYOS-X

### 1.1. Características técnicas

Esta técnica está basada en la propiedad que poseen los planos reticulares de las sustancias cristalinas de difractar la radiación X.

Cuando un haz de rayos X, monocromático y paralelo, choca con un cristal, es difractado en una dirección dada para cada una de las familias de planos reticulares, cada vez que se cumple la ley de Bragg:

$$n\lambda = 2 d \text{ sen } \theta$$

donde  $n$  representa el orden de difracción,  $\lambda$  la longitud de onda de la radiación utilizada,  $d$  la distancia entre dos planos reticulares y  $\theta$  el ángulo de la difracción. Para que la difracción de los rayos X se produzca, es necesario que las ondas difractadas por los distintos planos estén en fase, es decir, que la diferencia de camino de los rayos que chocan con los planos sea igual a un número entero de longitudes de onda.

De la ley de Bragg, en la que  $n$ ,  $\lambda$ ,  $\theta$  son conocidas, se calcula la distancia inter-reticular  $d$ . Como todas las especies cristalinas tienen unas distancias reticulares constantes y propias, a la manera de una huella dactilar, y están tabuladas, se puede conocer de este modo la especie o especies cristalinas que constituyen la muestra problema.

Por tanto, con esta técnica se puede realizar el análisis cualitativo completo de cualquier tipo de muestra, con la única condición de que sus constituyentes no sean amorfos.

Por otra parte, y salvando una serie de consideraciones teóricas, se puede considerar que la intensidad de la radiación difractada es aproximadamente proporcional a la concentración con que se encuentra la fase cristalina detectada en la muestra problema.

Por ello, se pueden realizar mediante esta técnica análisis semicuantitativos y cuantitativos, a condición de conocer los poderes reflectantes de los minerales, para los primeros, y de realizar curvas de calibrado con muestras patrones, para los segundos.

Numerosas industrias, tales como las de los cementos, arcillas, yesos, talcos, etc., precisan conocer en qué forma están las diferentes fases cristalinas que constituyen sus muestras, y la concentración en que se encuentran. La única forma de conseguir esto es mediante la aplicación correcta de la Difractometría de rayos X, ya que a partir de un análisis químico no se puede reconstituir la composición mineralógica de este tipo de muestras.

### 1.2. Personal

La unidad cuenta con un Titulado Superior y un Ayudante de Laboratorio.

### 1.3. Material

Se cuenta con el siguiente equipo inventariable:

- Generador de rayos X, 3 kw, "Philips" PW/1130.

- Goniómetro vertical de amplio margen de exploración, PW/1050/25
- 1 dispositivo "Step-scan" para el goniómetro, PW/1063/00.
- 2 Cámaras de Debye-Scherrer de 114,3 mm  $\varnothing$ , PW/1024/10.
- 1 Cámara de Debye-Scherrer de 57,7 mm  $\varnothing$ , PW/1026/10.
- Dispositivo de vacío para el goniómetro, eje largo PW/1063/00.
- Monocromador de cristal curvo, de grafito, para PW/1050/25 modelo PW/1152/20.
- Monocromador de cristal curvo, para técnicas de transmisión - PW/1075/00.
- Cambiador automático de muestras para difractómetro vertical, PW/1170/01.
- Panel electrónico de medida para el difractómetro, PW/1370/00 con impresor PW/4202/05.
- Unidad de control de exploración por etapas y numerador para el panel PW/1370/00, modelo PW/1374/00.
- Tubo contador de centelleo, PW/1964/40.
- Tubo contador proporcional, PW/1965/40. Cámara de Guinier para técnicas de polvo XDC/700.
- Juego completo de accesorios, para difracción y para cámaras.
- Molino Pulverisette Fritsch, modelo 05/002 para preparación de muestras para Difracción de Rayos-X.

#### 1.4. Posibilidades analíticas

- Análisis mineralógico cualitativo de cualquier tipo de muestras, con tal que contenga componentes cristalizados.
- Análisis semicuantitativo de muestras con minerales de poder reflectante conocido:

Cuarzo	Cristobalita
Caolinita	Yeso
Haloisita	Anhidrita
Ortosa	Hemihidrato de yeso
Plagioclasas	Dolomita
Calcita	Siderita
Muscovita	Rodocrosita
Gibsita	Jarosita
Goethita	Alunita
Pirofilita	Pirita
Talco	Clinoptilolita
Biotita	Microclino

- Análisis mineralógico semicuantitativo de arcillas, dando el porcentaje de minerales no arcillosos, así como los de:

Clorita  
 Montmorillonita  
 Vermiculita  
 Kanditas  
 Micas  
 etc.

- Análisis mineralógicos cuantitativos mediante confección de muestras patrones. Esta técnica puede aplicarse en el estudio de cuarzo en polvos de minas y canteras; estudios de rocas carbonatadas, estudios de yesos etc.
- Análisis mineralógicos cuantitativos, previa puesta a punto, sobre filtros procedentes de aparatos de muestreo para contaminación atmosférica.

#### 1.5. Trabajos realizados

Desde Enero de 1975, fecha de arranque de esta unidad, se

han estudiado 1.092 muestras, realizándose 306 difractogramas cualitativos y 786 semicuantitativos, de los que 551 correspondieron a yesos, 178 a arcillas y los 57 restantes a muestras diversas.

## 2. MINERALOMETRIA

### 2.1. Características técnicas

El objetivo fundamental de la Mineralometría es el estudio de los minerales pesados que constituyen los depósitos detríticos, bien porque pueden constituir por sí mismos un yacimiento susceptible de ser explotado económicamente, bien porque, a través de ellos, se puede llegar a descubrir el depósito primario del que proceden.

Los objetivos parciales, dentro de la prospección de concentraciones detríticas, son diferentes y dependen de la fase en que se encuentra la investigación. Van desde la simple localización de indicios mineralíferos, hasta la explotación del yacimiento, pasando por la delimitación de áreas donde los indicios sean más interesantes, establecimiento de una relación entre los indicios y el posible depósito primario, delimitación de zonas explotables dentro del depósito detrítico y cubicación y valoración de estas zonas. Todos los objetivos expuestos pueden alcanzarse mediante la aplicación correcta de la Mineralometría.

La constatación de la presencia o ausencia de ciertos minerales durante el curso de un estudio mineralométrico, puede prestar una ayuda valiosa al geólogo, puesto que le proporciona importantes reseñas sobre las rocas existentes en varias hectáreas aguas arriba del punto de recogida, tanto más interesantes cuanto menos afloramientos haya en la región prospectada.

La Mineralometría puede colaborar con la Petrografía en el estudio de los minerales de las rocas. Para ello, una vez mo

lidas éstas, basta con tratar el producto obtenido según las técnicas empleadas con los concentrados detríticos. De esta forma, se puede contribuir al conocimiento de la génesis de las rocas, estudiando la composición de los minerales pesados accesorios y calculando el contenido en minerales metálicos y tierras raras.

Análogas consideraciones a las expuestas para la Petrografía, pueden aplicarse al estudio de los testigos de los sondeos mecánicos.

Con la investigación de la Plataforma Continental Submarina el estudio de las muestras, cualesquiera que sea el tipo de recogida de éstas, cae de lleno dentro de las posibilidades de la Mineralometría, capaz de proporcionar, además de la constitución mineralógica de aquéllas, el grado de rodadura y el tamaño de sus componentes, lo que trae como consecuencia el conocimiento del sentido de las corrientes y el origen de los aportes.

Las campañas de prospección geoquímica tienen un complemento eficaz en las realizadas mediante métodos mineralométricos. Estas últimas, además de efectuarse con una malla mucho más amplia, proporcionan resultados mineralógicos cualitativos y cuantitativos de todos los componentes del concentrado.

Con las investigaciones hidrogeológicas se pueden llegar a definir los horizontes acuíferos, a partir de las asociaciones de minerales pesados que contienen.

Si a todo lo anterior se une la aplicación, ampliamente demostrada por diferentes autores, que la Mineralometría posee en Sedimentología, Estratigrafía, Tectónica, Paleogeografía, etc, se ve que el campo de utilización de esta técnica es bastante amplio.

La unidad de Mineralometría está concebida para realizar la separación y estudio cualitativo y cuantitativo de los minerales de los concentrados de batea, obtenidos en cualquiera de las investigaciones antes descritas.

Para ello, utiliza técnicas densimétricas, magnéticas, - electromagnéticas, estudios con luz ultravioleta, microquímica cualitativa, tamizaciones, centrifugaciones, y emplea para el estudio mineralógico, lupas binoculares, microscopios de reflexión y de transmisión, y a menudo se apoya en análisis por Difractometría de Rayos-X.

## 2.2. Personal

Se cuenta con un Titulado Superior, compartido con Difractometría, y un Ayudante de laboratorio, si bien otros dos Ayudantes de la plantilla del Laboratorio están capacitados para efectuar el trabajo de éste.

## 2.3. Material

La unidad dispone del siguiente material específico:

- 1 microscopio estereoscópico Leitz (lupa binocular), modelo Elvar, con "zoom", cámara Leica incorporada, y dispositivo automático para fotografía.
- 1 microscopio estereoscópico Wild (lupa binocular), modelo M-5 con accesorios.
- 2 separadores electromagnéticos Frantz Isodynamic, modelo L-1, con accesorios para caída vertical.
- 1 balanza Sartorius, modelo 2462, con alcance de pesada de 200 gr, alcance de la escala 1 gr. y micrómetro con pasos de 0,0001 gr.

- 1 balanza Sartorius, modelo 2251, con un alcance de pesadas de 5 kg, alcance de la escala de 1.000 gr y micrómetro con pasos de 0,1 gr.
- 1 lámpara ultravioleta, "Mineralight", modelo UVSL-25, combinada para onda corta y onda larga.
- 1 estufa de desecación Memmert, modelo Tv 40 uL, de 60 x 48 x 40 cm, regulador de temperatura hasta 220° C, circulación forzada de aire, y reloj temporizador.
- 1 generador ultrasónico modelo Ultrasonor, con cubeta rectangular provista de regulador de temperatura hasta 120° C.
- 1 tamizador electromagnético CISA y juego de tamices con mallas de 5,2,1, 0,5, 0,250, 0,125 y 0,050 mm.
- 1 estufa de desecación al vacío (40-120° C), modelo SUPER, potencia de 1.000 W y medidas interiores de 340 Ø x 430 mm de fondo.
- 1 bomba de vacío tipo Edwards, ES-200 B.
- 1 campana de ventilación, de diseño especial, con aspiración superior e inferior, para separaciones densimétricas con líquidos densos tóxicos.

#### 2.4. Posibilidades analíticas

- Descubrimiento de indicios minerales, en zonas desconocidas.
- Estudio de los concentrados procedentes de prospecciones aluviales, eluviales, litorales y de plataforma continental. Descubrimiento, cubicación y valoración de los mismos.
- Descubrimiento de yacimientos primarios a partir de los indicios aluvionares y eluvionares.
- Estudio de las mineralizaciones de rocas y testigos de sondeos, previa molienda.

- Separación de especies monominerales, utilizando separaciones densimétricas (en embudos o centrifugadora), separaciones magnéticas, con vistas a estudios geocronológicos, análisis por difracción o fluorescencia de rayos-X, microsonda, etc.
- Colaboración y complemento en estudios petrográficos, estratigráficos, sedimentológicos, metalogenéticos, etc.

Los diferentes tipos de estudio mineralométrico que se pueden aplicar son los siguientes:

- a) Estudio monomineral cualitativo.
- b) Estudio monomineral cuantitativo.
- c) Estudio polimineral cualitativo.
- d) Estudio polimineral semicuantitativo rápido (con estimación volumétrica).
- e) Estudio polimineral semicuantitativo intermedio (con porcentajes volumen/peso de cada mineral respecto al todo-uno).
- f) Estudio polimineral semicuantitativo profundo (mayor número de separaciones y fraccionamiento en la muestra antes de su estudio, lo que redunda en una mayor precisión).
- g) Estudio polimineral cuantitativo.

## 2.5. Trabajos realizados

Desde la creación de esta unidad a finales de 1969, hasta el 31 de Diciembre de 1976, se han estudiado 11.687 concentrados de batea, de los que 3.000 procedían del batolito de los Pedroches (Córdoba); 2.805, de la Plataforma Continental Submarina de Huelva, Almería, Pontevedra y Canarias; 1.404 de Galicia; 1.363 del Sureste; 886 de la región Astur-Leonesa y 794 del Sur (Ojén Carratraca, Ronda), correspondiendo las 1.435 restantes a investi

gaciones en otros puntos de la Península (Almadén, Ebro Oriental, Linares, Valle de Alcudia, etc) y del extranjero (República Dominicana).

### 3. ESTUDIOS METALOGENICOS Y MICROSCOPIA OPTICA

#### 3.1. Características técnicas

Como se infiere de su nombre, con este tipo de estudios se pretende deducir la génesis u origen de los yacimientos minerales. Sin embargo, este significado original se ha ampliado considerablemente al desarrollarse sus técnicas específicas, encontrando también numerosas aplicaciones en la concentración de menas, mineralúrgia, etc.

Partiendo de las propiedades ópticas de los minerales, pueden dividirse éstos en dos grandes grupos: opacos y transparentes. La mayor parte de las menas útiles (casi todos los minerales metálicos) forman parte del primer grupo, objeto primordial de estudio en esta sección, mientras que los segundos son reconocidos en Petrografía. Ambas técnicas -Petrografía y Metalogenia- aplican una metodología parecida, basada en la identificación de los minerales por sus propiedades ópticas y en la observación de las relaciones texturales, genéticas, etc. entre los diversos componentes de la muestra estudiada.

Como complemento de los métodos ópticos pueden emplearse métodos químicos (como las "pruebas microquímicas", así llamadas porque son ensayos cuyos resultados han de apreciarse al microscopio, el teñido de ciertas muestras, etc), físico-químicos (p.ej. inclusiones fluidas) y físicos (como las observaciones sobre la dureza por rayado o con microdurímetro, medición del poder reflector, etc).

Previo pulido de la muestra a estudiar, su estudio microscópico en luz reflejada permite:

- a) Identificar los minerales presentes.
- b) Determinar las proporciones relativas entre los mismos.
- c) Observar las relaciones entre las distintas especies minerales: secuencia de formación, alteraciones, sustituciones, etc.
- d) Elaborar hipótesis fundadas sobre la génesis del yacimiento.
- e) Obtener indicios o guías que faciliten la investigación del yacimiento.
- f) Determinar cuantitativamente la presencia de los minerales o asociaciones de minerales que interesen, así como proceder al estudio del tamaño de grano, análisis modal, grado de liberación, etc), estudios de particular importancia en Mineralurgia.

### 3.2. Personal

El Servicio cuenta con un Titulado Superior y un Ayudante de laboratorio, más dos oficiales dedicados a la preparación de láminas transparentes.

### 3.3. Material

Se cuenta con el siguiente material:

- 1 microscopio Leitz, modelo Dialux-Pol, con dispositivo para luz reflejada y luz transmitida y cámara fotográfica modelo Leica, incorporada. Juego de accesorios.
- 1 microscopio Leitz, modelo Ortholux-Pol, con dispositivos para luz reflejada y luz transmitida, así como Fotómetro MPV para medida de reflectividades. Juego de accesorios y patrones de reflectividad.

- 1 microdurímetro Leitz, para medida de la microdureza Vickers, entre 1 y 200 gramos.
- 1 Contador de puntos J. Switfts and Sons.
- 1 microscopio Leitz, modelo Panphot, con dispositivos para transparencia, reflexión y arco eléctrico.
- 1 pulidora, preparadora de minerales Depireux (Buehler) AB/38/1425, para pulimento automático de minerales y rocas montados en resinas.
- Equipo para preparación de láminas transparentes.
- Equipo para preparación de probetas pulidas.
- Equipo para microquímica cualitativa.

#### 3.4. Posibilidades analíticas y de trabajo

- Confección de láminas transparentes para estudios petrográficos y metalogénicos.
- Confección de probetas pulidas para estudios por luz reflejada, tanto de menas como de productos molidos provenientes de tratamiento mineralúrgicos.
- Análisis mineral cualitativo y semicuantitativo o cualitativo de menas e indicios minerales, en probetas pulidas y láminas transparentes. Medidas de reflectividad y microdureza de los minerales. Estudio de las texturas y paragénesis minerales.
- Análisis mineralógicos, granulométricos y texturales en el tratamiento de menas. Control de los procesos mineralúrgicos medianste estudio de los concentrados y rechazos. Análisis modales y del grado de liberación.
- Asesoramiento en problemas relacionados con la elección de métodos de análisis mineral, e información sobre metodología, instrumentación e interpretación de los resultados.
- Asistencia técnica en la localización de guías de prospección y definición de unidades mineralizadas.

### 3.5. Trabajos realizados

Desde 1968 se han realizado más de 120 estudios metalogé-  
nicos y mineralógicos de mineralizaciones muy diversas (Fe, Mn,  
Cu, Pb, F, S, Cr-Ni, Hg, Au, Sn, Bi, Zn, Sb, etc), procedentes  
de todo el territorio nacional y del extranjero (Republica Domi-  
nicana, Ecuador, Perú, Sudán).

#### 4. TALLER DE PREPARACION MECANICA

##### 4.1. Características técnicas

La preparación granulométrica de las muestras no constituye una fase independiente de su análisis químico, sino la primera y obligada. Por ello, en ENADIMSA esta sección forma parte integrante de los Laboratorios Químicos, estando bajo su dirección y control.

Avalando el criterio expuesto están las aseveraciones de muchos autores, que señalan el comienzo del trabajo del analista en el punto en que es necesario preparar, del total de la muestra recibida, unos pocos gramos de material pulverulento, que sea idéntico entre sí y al todo-uno.

##### 4.2. Personal

Bajo la supervisión directa del Jefe de los Laboratorios Químicos, trabajan un Ayudante de laboratorio y dos oficiales.

##### 4.3. Material

Consta este taller de:

- 1 Estufa-armario "Invester" entre 30 y 240° C, con ventilación forzada. Revestimiento de acero inoxidable.
- 1 Machacadora de mandíbulas "Wedag", tipo MN/931/1.

- 2 Machacadoras de mandíbulas "Sturtevant".
- 2 Molinos de discos "Denver-Mc Cool".
- 1 Molino tamizador "Forplex".
- 1 Molino vibratorio de anillos "Tema" con recipientes de vidrio, para 100 c.c. de capacidad.
- 1 Equipo colgante "Tema" de 6 molinos, con recipiente de vidrio.
- 1 Equipo colgante "Siebtechnik" con recipiente de ágata, para 100 c.c. de capacidad.
- 1 Mortero mecánico "Fristch-Pulverisette" para 100 c.c. de capacidad.
- 2 Homogeneizadores "ENADIMSA", tipo "Anaconda".
- 1 Homogeneizadora "Túrbula-Wab", modelo TZA.
- 1 Cortadora "ENADIMSA" tipo "Cascade".
- 1 Juego de "riffles" "WEDAG" en acero inoxidable.
- 1 Disgregador "ENADIMSA", tipo "Dandamau", recipientes de nylon.
- 1 Tamizadora electromagnética "Cisa".
- 2 Tamizadores colgantes "Denver".
- 2 Aspiradores "German Gruber", helicoidales, de 5 c.v.
- 1 Motocompresor "Ursus-Walker", con dos cilindros en V para  $10 \text{ kg/cm}^2$ , 300 l. de capacidad en el depósito.
- 1 Aspirador móvil de polvo "Chemico", modelo 730.

#### 4.4. Posibilidades de trabajo

Con el personal de que dispone, las posibilidades de esta Sección, por jornada normal de trabajo, son las siguientes:

	<u>Muestra/día</u>
- Tamización de suelos y sedimentos .....	100

	<u>Muestra/día</u>
- Análisis granulométrico .....	35
- Molienda (muestras de menos de 300 gr. en fragmentos > 2 mm) .....	30
- Molienda (muestras de menos de 300 gr. en fragmentos < 2 mm) .....	45

#### 5. TALLER DE PROTOTIPOS

Consecuentemente con lo señalado en 4.1.1, así como con el conocimiento del valor intrínseco de las muestras enviadas para su análisis químico, es necesario mantener una mentalidad responsable respecto al material que ha de manipularse.

Vivo exponente de tal mentalidad, y de la importancia que ENADIMSA presta a esta fase del análisis químico, es la dotación de material que posee esta Sección.

Integrada en la misma, funciona un Taller de Prototipos que tiene por objeto desarrollar y plasmar en aparatos todas aquellas ideas que contribuyan a agilizar y sistematizar la metodología empleada en cada una de las secciones existentes. Esto resulta de gran utilidad, sobre todo en las fases que preceden a la realización de determinaciones mediante las técnicas instrumentales, ya que existe un acusado desfase en cuanto a cadencias. Dichas técnicas presentan una desarrollada sofisticación, que tropieza con la manipulación artesanal en operaciones preliminares de puesta en disolución, extracciones, concentraciones, etc.

Como ejemplo de tales consecuciones se observarán en las distintas relaciones de instrumental la existencia de aparatos con patente ENADIMSA.