

Instituto Tecnológico
GeoMinero de España

INVENTARIO NACIONAL DE BALSAS Y ESCOMBRERAS

ZARAGOZA

TOMO 1:
MEMORIA Y PLANO
DE SITUACION



MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA

01035
AÑO 1989

INVENTARIO NACIONAL DE BALSAS Y ESCOMBRERAS

ZARAGOZA

Este trabajo forma parte del INVENTARIO NACIONAL DE BALSAS Y ESCOMBRERAS, realizado para el INSTITUTO TECNOLOGICO GEOMINERO DE ESPAÑA por las Empresas E.A.T., GEOMECANICA S.A. y SOCIMEP.

El equipo de trabajo que ha intervenido está formado por las siguientes personas:

Por el I.T.G.E.

D. José M^a Pernía LLera

Ingeniero de Minas

Director del Estudio.

Por SOCIMEP

D. Antonio Martinez Sanchez

Ingeniero de Minas

D. Juan Luis Gutierrez

Villarias

Ldo. en Ciencias Geológicas.

Se agradece la colaboración prestada por la Sección de Minas de la Delegación Territorial de Industria, Energia y Trabajo de Zaragoza, y por las personas responsables de las empresas mineras visitadas.

TOMO 1 : MEMORIA Y PLANOS DE SITUACION

TOMO 2 : ANEJO N° 1: CARACTERISTICAS GENERALES
DE LAS ESTRUCTURAS CON FI-
CHA.

ANEJO N° 2: LISTADO

ANEJO N° 3: FICHAS (1ª PARTE)

TOMO 3 : ANEJO N° 3: FICHAS (2ª PARTE)

MEMORIA

INVENTARIO NACIONAL DE BALSAS Y ESCOMBRERAS MINERAS

ZARAGOZA

I N D I C E

<u>MEMORIA</u>	<u>PAGINA</u>
1. INTRODUCCION Y ANTECEDENTES	1
1.1. Objetivos del proyecto	3
1.2. Metodología	5
2. MARCO FISICO	31
2.1. Relieve	31
2.2. Hidrografía	35
2.3. Clima	37
2.4. Sismología	47
3. MARCO SOCIECONOMICO	50
3.1. Población	50
3.2. Estructura económica	51
4. SINTESIS GEOLOGICA	53
4.1. Rasgos generales	53
4.2. Estratigrafía	56
4.3. Tectónica	60
5. ANALISIS DE LA ACTIVIDAD MINERA	63
5.1. Minería actual	63
5.2. Posibilidades mineras	67

	<u>PAGINA</u>
6. CARACTERISTICAS GENERALES DE LAS ESTRUCTURAS	
RESIDUALES MINERAS.	70
6.1. Zonación	70
6.2. Resumen estadístico	77
6.3. Características generales	84
7. CONDICIONES DE ESTABILIDAD	100
7.1. Formas y causas de inestabilidad	101
8. ANALISIS DE IMPACTO AMBIENTAL	106
8.1. Criterios generales	106
8.2. Evaluación global del impacto	117
8.3. Evaluación de las condiciones de implantación de escombreras y balsas	119
8.4. Conclusiones	141
9. REUTILIZACION DE ESTRUCTURAS	147
9.1. Utilidad de los residuos almacenados	148
9.2. Utilidad del espacio físico ocupado	150
10. CONSIDERACIONES ESPECIALES EN CASOS SINGULARES	154
11. PROPUESTAS DE ACTUACION	163
12. RESUMEN Y CONCLUSIONES	171
13. BIBLIOGRAFIA	178

ANEJOS

ANEJO N° 1: Características generales de las estructuras residuales
con ficha inventario

ANEJO N° 2: Listado

ANEJO N° 3: Fichas

INVENTARIO NACIONAL DE BALSAS Y ESCOMBRERAS

ZARAGOZA

MEMORIA

1.- INTRODUCCION Y ANTECEDENTES

El presente trabajo ha sido planteado como continuación de la serie iniciada por IGME (en la actualidad ITGE) en el año 1984, para la realización de un inventario que abarque a todo el país, en el que se identifiquen las condiciones de implantación de las estructuras residuales mineras, tanto las correspondientes a la minería activa como a la parada o abandonada. Al mismo tiempo se contempla la posible reutilización de las estructuras, por su valor minero y/o por el del espacio físico ocupado.

La evolución de la minería española en los últimos años, respecto de la creación de estructuras residuales, así como la concienciación de la sociedad sobre los crecientes impactos ambientales producidos por estas estructuras, no hacen sino confirmar la necesidad de este tipo de trabajos.

En este sentido, no sólo ha continuado el trabajo de inventario iniciado, sino que, a la luz de las crecientes problemáticas ambientales relacionadas con la minería y, por tanto, de la necesidad de soluciones eficaces, se han ido modificando las metodologías de trabajo, con el fin de adaptarse a las últimas experiencias en el tema. Por ello, los trabajos de recogida de datos en campo, de elaboración de Fichas-Inventario y de datos complementarios reunidos en las correspondientes memorias, se están completando con la creación de un Banco de Datos informatizado para el acceso fácil a los resultados del presente estudio.

1.1.- OBJETIVOS DEL PROYECTO

Se pueden resumir los objetivos marcados en este estudio en los siguientes puntos:

- Análisis de los factores físicos y socioeconómicos que condicionan la incidencia de las estructuras residuales mineras en su entorno. Es decir, factores como climatología, geología, sismicidad, población, estructura económica, etc.
- Análisis de la evolución de la minería en la provincia, sobre todo respecto de la creación de estructuras residuales mineras.
- Análisis de las condiciones de implantación, geotécnicas y ambientales, de las balsas y escombreras mineras. Observaciones sobre su posible reutilización.
- Caracterización de las estructuras en Fichas técnicas que recojan todos los datos importantes para su ubicación y conocimiento de una forma clara y rápida.

- Análisis estadístico aplicado al conjunto provincial desde los puntos de vista minero, geotécnico y ambiental.

- Realización de conclusiones y recomendaciones sobre la situación de las estructuras residuales mineras, respecto de su incidencia en el entorno, y de las medidas previsoras o correctoras a tomar (en su caso), para reducir el impacto producido por las mismas.

Se espera que, con todos estos datos acerca del número de estructuras, litología de los residuos, caracterización geomecánica y ambiental, situación geográfica, condiciones geológicas, climáticas, sísmicas y socioeconómicas, se ponen en manos de los organismos públicos y de empresas privadas y particulares, elementos de juicio para el conocimiento y posibles actuaciones sobre la incidencia en el entorno de las estructuras residuales mineras, tanto desde el punto de vista de la prevención y proyecto previo como de las posibles medidas correctoras a tomar.

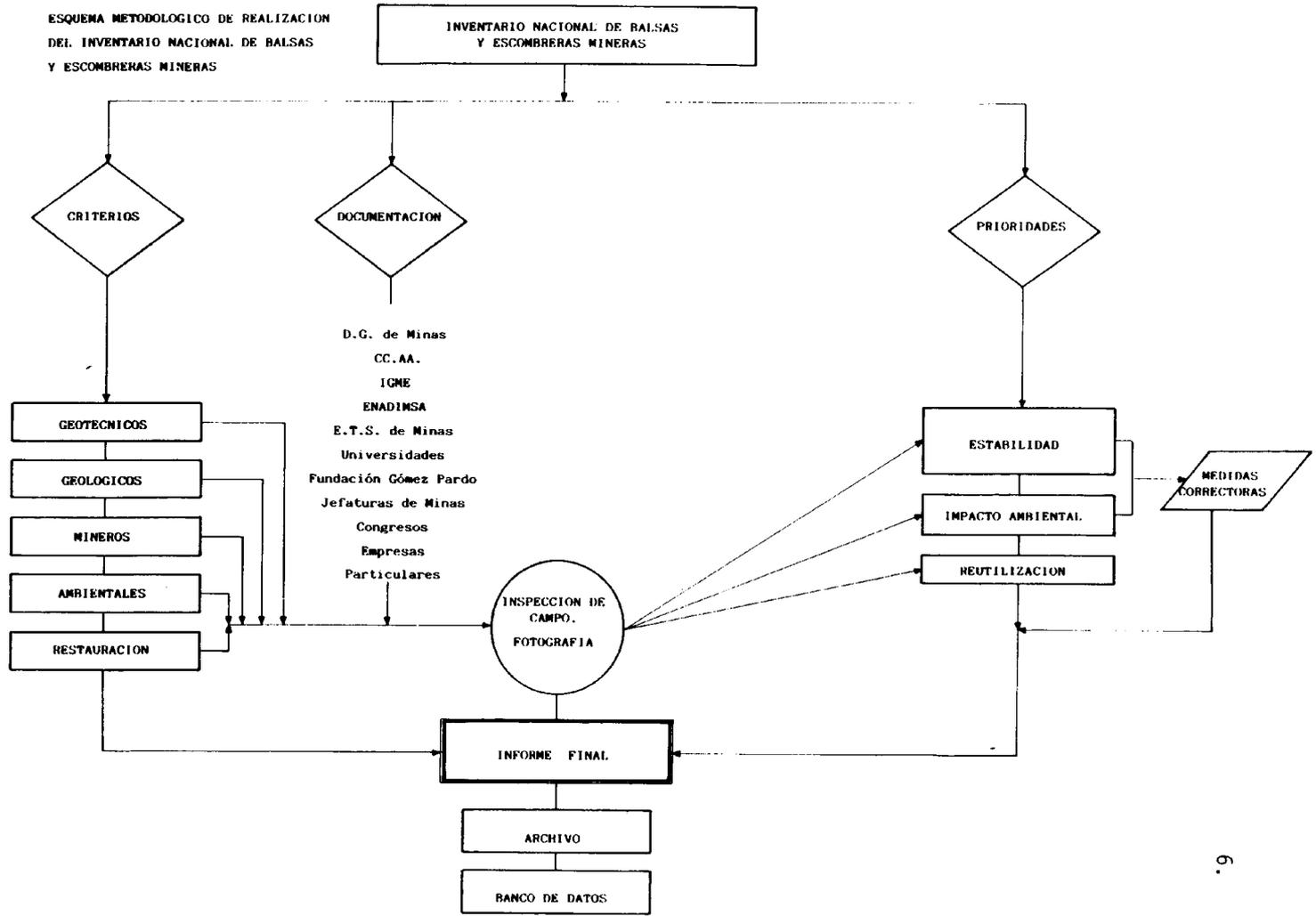
1.2.- METODOLOGIA

En la página siguiente se presenta el Esquema Metodológico de Realización del Inventario Nacional de Balsas y Escombreras Mineras, en que se resume la metodología del trabajo.

En primer lugar, se recogieron todos los datos que se consideraron útiles de fondos documentales, cartografía oficial y particular, publicaciones y trabajos propios anteriores, sobre los siguientes temas:

- . Datos socioeconómicos y geográficos
- . Climatología
- . Geología e Hidrogeología
- . Geotecnia
- . Minería
- . Historia de la minería en la zona
- . Inventarios anteriores
- . Estudios y recomendaciones específicas

A continuación, después del análisis y selección de datos de la documentación estudiada, se iniciaron los itinerarios de



campo, para la recogida de datos con que rellenar las Fichas Inventario actualizadas.

Estas Fichas se han diseñado de forma que pudieran reunir las características más importantes de las estructuras inventariadas, de una manera clara y ordenada, a fin de poder recoger los datos fundamentales que definen sus características, importancia y potencial peligrosidad. En este sentido se han tenido en cuenta, fundamentalmente los siguientes puntos:

- * Codificación
- * En situación de la estructura: el tipo de terreno ocupado.
- * En características geométricas: dimensiones, especialmente la altura y el ángulo del talud. Asimismo, la cuantificación del volumen almacenado, de forma aproximada.
- * En implantación: la preparación del terreno, permeabilidades del sustrato y del recubrimiento, resistencia de éste, y existencia o no de aguas superficiales, así como de la profundidad del nivel freático.
- * En lo concerniente a escombreras, la litología de los residuos, así como otros condicionantes geotécnicos como tamaño, forma, alterabilidad y compacidad, y en cuanto

a las balsas: anchuras de la base y coronación del muro inicial, sistemas de recrecimiento, naturaleza de los muros sucesivos y de lodos, granulometría común de la playa y de la balsa y propiedades geotécnicas conocidas.

- * En sistema de vertido, se han incorporado conceptos como velocidad de ascenso, punto de vertido y existencia de algún tipo de tratamiento especial de las escombreras.
- * Dentro del apartado de drenaje y recuperación del agua, la calidad del sobrenadante y su posible depuración.
- * En Estabilidad, una descripción y una concreción de los problemas observados, con expresión cualitativa de la importancia de los mismos.
- * En impacto ambiental, una estimación cualitativa global del grado de impacto, matizando la incidencia de los aspectos del paisaje, humo, polvo, vegetación, contaminación superficial y profunda y el riesgo de la zona habitada, en caso de existir.
- * En recuperación: estimación cualitativa de la misma, el posible destino de los estériles, y la calidad para otros usos, siempre cuando sean conocidos datos fiables.

- * El abandono y usos futuros, son especificados los tipos de protecciones que se han observado en las estructuras.

Por último, son incorporados unas evaluaciones minera, geotécnica y ambiental, con la posibilidad de completar y resumir los datos anteriores con unos breves comentarios definitorios de las estructuras. Además, es posible expresar algún otro dato complementario en el apartado previsto de observaciones.

El grado de fracturación del sustrato se estimó según la siguiente clasificación:

- | | | |
|----------------------------|-------|-------|
| . Menor que decimétrico | | ALTO |
| . De métrico a decamétrico | | MEDIO |
| . Mayor que decamétrico | | BAJO |

La clasificación granulométrica se ajustó a la empleada genéricamente en Geotecnia.

- | | | | |
|--------------|---------|-------|------------|
| . ESCOLLERA: | Bloques | | > 30 cm |
| . GRANDE: | Bolos | | 30 - 15 cm |
| | Gravas | | 15 - 2 cm |

. MEDIO:	Gravillas	2 - 0,2 cm
	Arenas	0,2 - 0,006 cm
. FINO:	Limos	< 0,006 cm.
	Arcillas	

El nivel freático se describió de acuerdo con:

. Profundo	> 20 m
. Somero	20 - 1 m
. Superficial	< 1 m

Los recorridos de campo se plantearon por zonas mineras, visitando en ellas las estructuras activas e inactivas correspondientes.

En los centros mineros activos se realizó la presentación al personal facultativo o directivo de las explotaciones, explicando la intención de la visita y los resultados que se esperan conseguir, requiriendo su ayuda para sacar el máximo partido al trabajo realizado. Debemos expresar que en todos los casos se ha recibido la ayuda solicitada, así como se ha demostrado interés en esta problemática, hecha suya en la mayor parte de los casos hace tiempo.

Al dorso de la Ficha se presenta:

- . Un croquis de situación a escala aproximada 1:50.000.
- . Un esquema estructural.
- . Junto a una fotografía de la estructura y su entorno.

Factores condicionantes de las estructuras residuales

Las mejoras introducidas en la Ficha Inventario de 1973, anteriormente enumeradas de una forma global, se pueden analizar de una forma más detallada, e introducir algunos conceptos observados en el curso de nuestras visitas de campo y de consultas de documentación especializada, agrupando en rasgos o facetas condicionantes por los grandes aspectos que definen las estructuras mineras, de la siguiente forma:

- Condicionantes de la ESTABILIDAD
 - . Tipología
 - . Pendiente de sustrato
 - . Estabilidad del sustrato
 - . Capacidad portante del sustrato
 - . Talud
 - . Granulometría. Porcentaje de finos limo-arcillosos
 - . Forma de los escombros. Lajosidad
 - . Existencia de intercalaciones arcillosas
 - . Litología

- . Nivel freático
- . Humedad
- . Capacidad de retención de agua
- . Drenaje
- . Volumen
- . Altura
- . Nivel tensional máximo o carga efectiva
- . Compacidad
- . Sistema de vertido
- . Etc...

Estos condicionantes, que deben ser cuidadosamente observados en la propia implantación de la estructura se traducen, cuando no son óptimos, en los siguientes SIGNOS DE INESTABILIDAD:

- . Segregaciones
- . Erosión de talud
- . Socavación de pie
- . Colmatación de bermas
- . Deslizamientos
- . Grietas
- . Subsidiencias
- . Surgencias o filtraciones
- . Cárcavas
- . Colmatación de drenes
- . Polvo en los alrededores
- . Etc...

Condicionantes de IMPACTO AMBIENTAL, que en sus modalidades más importantes son:

- Impacto visual

- . Color
- . Morfología
- . Volumen
- . Situación

- Contaminación de acuíferos por efluentes de balsas, lixiviación de estructuras, erosión y arrastre de superficies, etc.

- . Superficiales
- . Subterráneos
- . Modificación red de drenaje

- Contaminación de aire

- . Polvo
- . Humos

- Acción sobre la flora y fauna

- . Química

- . Física

Condicionantes de REUTILIZACION de estructuras por su valor futuro:

- Valor minero

- . Minerales valiosos
- . Aridos
- . Préstamos para pistas, plazas, rellenos, etc.
- . Cerámica
- . Cemento
- . Relleno de huecos de minería (de interior o de cielo abierto).

- Suelo para usos industriales o urbanos

- . Construcciones urbanas
- . Construcciones industriales
- . Pistas, accesos, plazas, etc.

- Otros usos

- . Zonas deportivas
- . Parques, jardines
- . Siembra agrícola
- . Pradera, bosque, etc.

Medidas correctoras de las estructuras residuales

Analizados los condicionantes que definen las estructuras residuales mineras, por el posible valor en sí mismas y por la interferencia en el entorno forestal, agrícola o urbano, socioeconómico y cultural, se expresan, a continuación, algunas de las MEDIDAS CORRECTORAS posibles, según el tipo de acción de la estructura:

- Medidas correctoras para mejorar la ESTABILIDAD:
 - * Protección y estabilización de taludes.
 - * Aislamiento de cuencas de recepción importantes
 - * Creación y mantenimiento de un drenaje interno adecuado
 - * Situación alejada de vibraciones importantes producidas por voladuras. O disminución de dichas vibraciones por control de las voladuras.
 - * Previsión de vibraciones sísmicas.

Para evitar o paliar los diferentes tipos de IMPACTO AMBIENTAL son aconsejables las siguientes medidas:

- Medidas correctoras contra el impacto visual:
 - * Suavización de taludes
 - * Cubrimiento con materiales finos y alterables

- * Revegetación
- * Diseño de formas y volúmenes adecuados al entorno
- * Evitar (cubrir) materiales de colores fuertes y chocantes con el entorno en taludes y superficies.
- * Relleno de cortas
- * Barreras forestales
- * Evitar en lo posible implantaciones relevantes

- Medidas correctoras contra contaminación de acuíferos:

- * Elección de sustrato impermeable o impermeabilización del mismo
- * Aislamiento de la red de drenaje exterior
- * Recirculación de sobrenadantes
- * Tratamiento de efluentes líquidos
- * Creación y mantenimiento de una buena red de drenaje interno
- * Neutralización (cubrimiento) de los residuos químicamente activos.
- * Implantación alejada de cauces importantes, etc.

- Medidas correctoras contra la contaminación por polvo y/o humos:

- * Prevenir la implantación respecto de vientos dominantes e instalaciones fijas.

- * Aislamiento de la superficie (cubrimiento) en caso de granulometrías finas. Mucho más si los materiales son químicamente activos
- * Riesgo de las superficies con materiales finos en estructuras activas como balsas de cenizas volantes, etc.
- * Aislamiento en caso de contener materiales susceptibles de autoignición como carbón, sulfuros, maderas, basuras, etc.

- Medidas correctoras contra la contaminación de la flora y/o la fauna:

- * Una combinación de las medidas anteriormente mencionadas, destinadas a evitar o paliar la contaminación de acuíferos, y la producción de polvo y/o humos de combustión. Igualmente, las posibles inestabilidades afectarían a la flora y a la fauna presentes en el entorno de la estructura peligrosa.

1.3.- INFORME FINAL

Esta fase ha consistido en reunir todos los datos de interés, de gabinete y de campo, en la Ficha inventario y en la Memoria adjunta. En ella se han resumido las características de los residuos y de las estructuras, con una descripción pormenorizada de las causas y formas de inestabilidad, y una evaluación de las condiciones de implantación, combinando factores geológicos, geotécnicos, topográficos y ambientales, por la aplicación del índice Qe.

Finalmente, todo ello dió lugar a la enumeración de una serie de estructuras o de zonas de mineras o minero-industriales, con especial incidencia ambiental o potencial inestabilidad, que hacen aconsejable una atención prioritaria para la suavización o eliminación de las mismas.

En las páginas siguientes se presenta el modelo desarrollado, sobre la Ficha Inventario última, en la que se ha intentado simplificar al máximo el texto a escribir en cada uno de los apartados mencionados, codificándolos en la medida de lo posible, con el fin de ser fácilmente informatizable en el Archivo correspondiente.

En algunos casos se ha conseguido poder expresar mayor información al poder matizar el grado de importancia del aspecto contemplado.

A continuación se presentan las correspondientes tablas de códigos empleadas en la confección de las Fichas.

MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA
INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA
 ARCHIVO NACIONAL DE BALSAS Y ESCOMBRERAS



CLAVE ① 20.

T ESTRUCTURA ② _____

ESTADO ③ _____

AÑO INICIAL ④ _____ AÑO FINAL ⑤ _____ AÑOS DE INVENT. ⑥ _____	PROPIETARIO EMPRESA ⑦ _____ DENOMINACION ⑧ _____ PROV. ⑨ _____ MUNICIPIO ⑩ _____ PARAJE ⑪ _____	
MINERIA TIPO ⑫ _____ ZONA MINERA ⑬ _____ MENA ⑭ _____	COORDENADAS U.T.M. MUSEO ⑮ _____ x _____ y _____ z _____ TIPO DE TERRENO ⑲ _____ LONGITUD (m) ⑳ _____ ANCHURA (m) ㉑ _____ ALTURA (m) ㉒ _____ TALUDES (°) ㉓ _____ VOLUMEN (m ³) ㉔ _____ VERTIDOS (m ³ /año) ㉕ _____ TIPOLOGIA ㉖ _____	
IMPLANTACION EMPLAZAMIENTO ㉗ _____ PRE. TERRENO ㉘ _____ AGUAS EXT. ㉙ _____ TRATAMIENTO ㉚ _____ N. FREATICO ㉛ _____	SUSTRATO NATURALEZA ㉜ _____ ESTRU. ㉝ _____ FRACTURACION ㉞ _____ PERMEAB. ㉟ _____ GRADO DE SISMIC. ㊱ _____	RECUBRIMIENTO NATURALEZA ㊲ _____ POTENCIA (m) ㊳ _____ RESISTENCIA ㊴ _____ PERMEAB. ㊵ _____
ESCOMBRERAS TIPO DE ESCOMB. (Litología) ㊶ _____ TAMAÑO ㊷ _____ FORMA ㊸ _____ ALTERAB. ㊹ _____ SEGREG. ㊺ _____ COMPACIDAD IN SITU ㊻ _____ BALSAS. DIQUE INICIAL LONGITUD ㊼ _____ ANCHO BASE ㊽ _____ ANCHO CORON. ㊾ _____ ALTURA ㊿ _____ TALUD (°) ㉀ _____ MURO SUCESIVO NATURALEZA ㉁ _____ SISTEMA RECREC. ㉂ _____ NATURALEZA ㉃ _____ ANCHO ㉄ _____ BALSAS. LODOS GRANULOMETRIA NATURALEZA ㉅ _____ PLAYA ㉆ _____ BALSA ㉇ _____ CONSOLID. ㉈ _____		
SISTEMA DE VERTIDO ㉉ _____ VELOCIDAD DE ASCENSO (cm/año) ㊱ _____ PUNTO DE VERTIDO ㊲ _____ TRATAMIENTO ㊳ _____	DRENAJE ㊴ _____ RECUPERACION DE AGUA ㊵ _____ SOBRENADANTE ㊶ _____ DEPURACION ㊷ _____	ESTABILIDAD. EVALUACION CUALITATIVA ㊸ _____ COSTRAS ㊹ _____ PROBLEMAS OBSERVADOS ㊺ _____ BRIET. DESLIZ LOC. DESLIZ GEN. SUBS. SURG. EROS SUP. CARC. SOCIAL PIE. ASENT. SOCIAL MECAN.
IMPACTO AMBIENTAL ㊻ _____ PAISAJE HUMBO POLV. VEG. AGUAS SUP. ACUIF. ㊼ _____ ZONA DE AFEECION ㊽ _____ ACCIDENTES, AÑOS ㊾ _____	RECUPERACION ㊿ _____ DESTINO ㉀ _____ LEY ㉁ _____ CALIDAD OTROS USOS ㉂ _____	ABANDONO Y USO ACTUAL NAT. VEG. _____ OTRAS _____ PROTECCIONES ㉃ _____ USO ACTUAL ㉄ _____

OBSERVACIONES
 (máx.: 240 caracteres)

Evaluación minera:
 (máx.: 160 caracteres)

Evaluación ambiental:
 (máx.: 160 caracteres)

Evaluación geotécnica:
 (máx.: 160 caracteres)

1. CLAVE: Número de hoja 1:50.000 (numeración militar), octante, número correlativo.
2. TIPO DE ESTRUCTURA: Balsa: **B.** Escombrera: **E.** Mixta: **M.**
3. ESTADO: Activa: **A.** Parada: **P.** Abandonada: **B.**
9. PROVINCIA: Código de Hacienda.
10. MUNICIPIO: Código de INE.
12. TIPO: Codifíquese de acuerdo con la lista correspondiente.
13. ZONA MINERA: Codifíquese con dos letras.
14. MENA: Las ocho primeras letras del mineral que se beneficia.
19. TIPO DE TERRENO: Baldío: **B.** Agrícola: **A.** Monte Bajo: **M.**
Forestal: **F.**
26. TIPOLOGIA: Codifíquese por orden de importancia. Llano: **P.**
Ladera: **L.** Vaguada: **V.**
27. MORFOLOGIA DEL EMPLAZAMIENTO: Codifíquese por orden de importancia. Suave: **S.** Accidentada: **A.** Ladera: **L.** Valle abierto: **V.** Valle encajado : **E.** Corta: **C.**
28. EXCAVACION: Desbroce: **D.** Tierra vegetal: **T.** Suelos: **S.** Sin preparación: **N.**
29. AGUAS EXISTENTES: Manantiales: **M.** Cursos: **R.** Cauces intermitentes: **C.** Inexistentes: **N.**
30. TRATAMIENTO: Captación de manantiales: **C.** Captación de agua superficiales: **D.** Sin tratamiento: **N.**
31. NIVEL FREÁTICO: Superficial: **S.** Somero: **M.** Profundo: **P.**
- * 32. NATURALEZA: Codifíquese de acuerdo con la lista correspondiente.

33. ESTRUCTURA: Masiva: **M**. Subhorizontal: **H**. Inclínada: **I**.
Subvertical: **V**.
34. GRADO DE FRACTURACION: Alto: **A**. Medio: **M**. Bajo: **B**.
35. PERMEABILIDAD: Alta: **A**. Media: **M**. Baja: **B**.
36. GRADO DE SISMICIDAD: Codifíquese de 1 a 9 de acuerdo con
la norma PGS.
- * 37. NATURALEZA: Codifíquese de acuerdo con la lista correspondien-
te.
39. RESISTENCIA: Alta: **A**. Media: **M**. Baja: **B**.
40. PERMEABILIDAD: Alta: **A**. Media: **M**. Baja: **B**.
- * 41. TIPO DE ESCOMBROS: LITOLOGIA: Codifíquese de acuerdo con
la lista correspondiente.
42. TAMAÑO: Codifíquese por orden de importancia: Escollera: **E**.
Grande: **G**. Medio: **M**. Fino: **F**. Heterométrico: **H**.
43. FORMA: Cúbica: **C**. Lajosa: **L**. Mixta: **M**. Redondos: **R**.
44. ALTERABILIDAD: Alta: **A**. Media: **M**. Baja: **B**.
45. SEGREGACION: Fuerte: **F**. Escasa: **E**.
46. COMPACIDAD IN SITU: Alta: **A**. Media: **M**. Baja: **B**.
47. NATURALEZA: Tierra: **T**. Ladrillo: **L**. Pedraplén: **P**. Mampostería:
M. Escombros: **E**.
53. SISTEMA DE RECRECIMIENTO: Abajo: **B**. Centro: **C**. Arriba: **A**.
54. NATURALEZA: Tierra: **T**. Ladrillo: **L**. Pedraplén: **P**. Mampostería:
M. Escombros: **E**. Finos de decantación: **F**.
56. NATURALEZA: Codifíquese de acuerdo con la lista correspondien-
te.
57. PLAYA: Arena: **A**. Limo: **L**. Arcilla: **C**.

58. Balsa: Arena: **A**. Limo: **L**. Arcillas: **C**.
59. GRADO DE CONSOLIDACION: Alto: **A**. Medio: **M**. Bajo: **B**. Nulo: **N**.
60. SISTEMA DE VERTIDO: Codifíquese por orden de importancia.
Volquete: **V**. Vagón: **W**. Cinta: **I**. Cable:
C. Tubería: **T**. Canal: **N**. Pala: **P**.
Cisterna: **S**. Manual: **M**.
62. PUNTO DE VERTIDO: Codifíquese por orden de importancia.
Contorno: **L**. Dique: **D**. Cola: **C**.
63. TRATAMIENTO: Compactación por el tráfico: **T** o mecánica: **M**.
Nulo: **N**.
64. DRENAJE: Codifíquese por orden de importancia. Infiltración
natural: **I**. Drenaje por chimenea: **C**. Aliviaderos: **S**.
Drenaje horizontal: **H**. Drenaje por el pie: **P**. Bombeo:
B. Evaporación forzada: **E**. Ninguno: **N**.
65. RECUPERACION DE AGUA: Total: **T**. Parcial: **P**. Nula: **N**.
66. SOBRENADANTE: Si: **S**. No: **N**.
67. DEPURACION: Primaria: **P**. Secundaria: **S**. Terciaria: **T**. Ninguna:
N.
68. EVALUACION: Critica: **C**. Baja: **B**. Media: **M**. Alta: **A**.
69. COSTRAS: Desecación: **D**. Oxidación: **O**. Ignición: **I**. No existen:
N.
70. PROBLEMAS OBSERVADOS: Alto: **A**. Medio: **M**. Bajo: **B**. No existen: **N**.
- 71, 72. IMPACTO AMBIENTAL: Alto: **A**. Medio: **M**. Bajo: **B**. Nulo: **N**.

73. ZONA DE AFECCION: Se refiere al área de influencia en caso de accidente. Caserío: C. Núcleo Urbano: N. Carretera: V. Tendido eléctrico: T. Instalaciones Industriales: I. Area de cultivo: A. Cursos de agua: R. Baldío: B. Monte Bajo: M. Cauces intermitentes: E. Corta: P. Forestal: F.
75. RECUPERACION: Alta: A. Media: M. Baja: B. Nula: N.
76. DESTINO: Codifíquese por orden de importancia. Relavado: R. Aridos: A. Cerámica: C. Relleno: L.
77. LEY: Alta: A. Media: M. Baja: B.
78. CALIDAD OTROS USOS: Alta: A. Media: M. Baja: B.
79. PROTECTORES: Si: S. No: N.
80. USO ACTUAL: Codifíquese por orden de importancia. Agrícola: A. Zona verde: Z. Repoblado: R. Edificación: E. Viario: V. Industrial: I. Zona deportiva: D. Ninguno: N.

* 32, 37, 41

<u>MATERIAL</u>	<u>CODIFICACION</u>
Aluvión	ALUVIO
Conglomerados	CONGLO
Gravas, cantos, cascajo, morrilo	GRAVAS
Arenas	ARENAS
Arenas y Gravas	AREGRA
Areniscas - Toscos	ARENIS
Calcarenitas. Alberto	CALCAR
Calizas	CALIZA
Calizas Fisuradas	CALIFI
Calizas Karstificadas	CALIKA
Calizas Porosas	CALIPO
Calizas Dolomíticas	CADOLO
Margas	MARGAS
Margo calizas	MARCAL
Dolomías	DOLOMI
Carniolas	CARNIO
Cuarcitas	CUARCI
Pizarras	PIZARR
Pizarras silíceas	PIZASI
Lavas	LAVAS
Cenizas	CENIZA
Pórfidos	PORFID
Pórfidos Básicos	PORBAS

<u>MATERIAL</u>	<u>CODIFICACION</u>
Pórfidos Acidos	PORACI
Aplitas y Pegmatitas	APLIPE
Plutónicas Acidas	PLUACI
Plutónicas Básicas	PLUBAS
Esquistos	ESQUIS
Mármoles	MARMOL
Neises	NEISES
Limos	LIMOS
Tobas	TGBAS
Granito	GRANIT
Escoria	ESCORI
Calizas y Cuarcitas	CALCUA
Calizas y Pizarras	CALPIZ
Calizas y Arcillas	CALAR
Arcillas y Pizarras	ARPIZ
Arcillas y Arenas	ARCARE
Cuarcitas y Pizarras	CUARPI
Pórfidos y Granitos	PORGRA
Mármol y Neises	MARNEI
Granitos y Pizarras	GRAPIZ
Coluvial granular	COGRA
Coluvial de transición	COTRAN
Coluvial limo-arcilloso	COLIA
Eluvial	ELUVIA
Suelo Vegetal	SUEG

<u>MATERIAL</u>	<u>CODIFICACION</u>
Tierras de recubrimiento	TIRRE
Calizas y Tierras	CATIER
Pizarras y Tierras	PIZTIE
Mármol y Tierras	MARTIE
Granitos y Tierras	GRATIE
Basalto	BASALT
Basura urbana y Tierras	BASUTI
Escombros y Desmontes	ESCODES
Yesos	YESOS
Yesos y Arcillas	YEARCI
Rañas	RAÑAS
Rocas Volcánicas	VOLCAN
Pizarras y Rocas Volcánicas	PIZVOL
Arcillas	ARCIL
Carbón y Tierras	CARTIE
Margas y Yesos	MARYE

12.- TIPO

Hulla	HU	Glauberita	GL
Antracita	AN	Magnesita	MG
Lignito	LG	Mica	MI
Uranio	UR	Ocre	OR
Otros prod. energ.	OE	Piedra Pomez	PP
Hierro	FE	Sal Gema	SG
Pirita	PI	Sales Potásicas	SP
Cobre	CU	Sepiolita	ST
Plomo	PB	Thenardita	TH
Zinc	ZN	Tripoli	TR
Estaño	SN	Turba	TU
Wolframio	WO	Otros min. no met.	ON
Antimonio	SB	Arcilla	AC
Arsénico	AS	Arenisca	AA
Mercurio	HG	Basalto	BS
Oro	AU	Caliza	CA
Plata	AG	Creta	CT
Tántalo	TA	Cuarcita	CC
Andalucita	AD	Dolomita	DO
Arcilla refractaria	AR	Fonolita	FO
Atapulgita	AT	Granito	GR
Baritina	BA	Margas	MA
Bauxita	BX	Mármol	MR

12.- TIPO

Bentonita	BT	Ofita	OF
Caolín	CL	Pizarra	PZ
Cuarzo	CZ	Pórfidos	PO
Espato Fluor	EF	Serpentina	SE
Esteatita	ES	Sílice y ar. silíceas	SI
Estroncio	SR	Yeso	YE
Feldespato	FD	Otros prod. de cant.	OC
Talco	TL	Vertido urbanos	VE
Fosfatos	FS		

56. NATURALEZA DE LOS LODOS

Finos de flotación	F
Finos de separación magnética	M
Finos de lavado	L
De clasificación hidráulica	H
De clasificación mecánica	E
Finos de ciclonado	C
De procesos industriales (cor te, pulido, etc.)	I

2.- MARCO FISICO

La provincia de Zaragoza ocupa la parte central del tramo medio de la depresión del Ebro. Su configuración es sensiblemente triangular, con un vértice alargado hacia el N. hasta el corazón de los Pirineos, y la base estirada de O. a E. a lo largo de casi 300 kilómetros, desde los confines de Castilla la Vieja, en tierras de Medinaceli, hasta el Bajo Ebro en Cataluña. Por su extensión -17.194 kilómetros cuadrados-, la provincia de Zaragoza es la tercera de España, ocupando el 3,40 por 100 de la superficie nacional. En cambio, la densidad de población -46,65 habitantes por kilómetro cuadrado- es mucho más baja que la nacional, ya que su población no representaba en 1975 más que el 2,24 por 100 de la población total del país.

2.1.- EL RELIEVE

En líneas generales la provincia de Zaragoza es poco elevada, con una altitud media que puede estimarse en 480 metros sobre el nivel del mar. El río Ebro recorre la provincia en diagonal, de NO. a SE., por el centro de una amplia llanura abierta entre las primeras alineaciones pirenaicas, al N., y el Sistema Ibérico al S. De ese modo nos encontramos con tres grandes unidades topográficas

cas dispuestas de N. a S.: a) las Sierras Pirenaicas; b) las Llanuras Centrales, y c) las montañas del Sistema Ibérico. Eso es lo que explica la distribución altitudinal de las tierras zaragozanas: 1.026 kilómetros cuadrados -5,97 por 100 de la superficie provincial- se encuentran por debajo de los 200 metros de altitud; 9.450 -54,96 por 100-, entre 201 y 600 metros; 5.606 kilómetros cuadrados -32,60 por 100-, entre 601 y 1.000 metros, y 1.113 -6,47 por 100-, por encima de los 1.000 metros de altitud.

La disposición de las unidades topográficas es consecuencia de la estructura geológica del tramo central de la depresión del Ebro. En resumen, se trata de una fosa tectónica colmatada por sedimentos de origen continental y lacustre de muy variada naturaleza, y flanqueada por alineaciones montañosas que se formaron durante la orogenia alpina.

- a) Las Sierras Pirenaicas cortan transversalmente la parte septentrional de la provincia, de manera que ésta se ve accidentada por los elementos estructurales de los Pirineos, especialmente por la depresión longitudinal y las sierras exteriores. La famosa Canal de Berdún, recorrida por el río Aragón, es parcialmente zaragozana, lo mismo que la Sierra de Leire, al N. del río Aragón. Al S. de éste aparece una sucesión de sierras paralelas orientadas de E. a O. y separadas por valles también longitudinales, el más importante de los cuales es la Val de Onsella.

- b) Al S. de las Sierras Pirenaicas se abren bruscamente las Llanuras Centrales, que cubren la parte más extensa de la provincia y cuyo relieve es mucho más variado de lo que aquella denominación pudiera hacer pensar. La estructura geológica y la naturaleza del roquedo han desempeñado un papel fundamental en la evolución morfológica de la llanura zaragozana. La estructura geológica es preferentemente horizontal o suavemente deformada por abombamientos de gran radio, excepto en las zonas de contacto con las Sierras Pirenaicas y con el Sistema Ibérico, donde aparecen algunas deformaciones más profundas como resultado de la inestabilidad tectónica de ambas formaciones montañosas. El roquedo está formado en su mayor parte por arcillas, yesos y calcoareniscas.

La red fluvial ha disecado los materiales horizontales o subhorizontales para dar generalmente amplias vallonadas que dejan aislados y en alto retazos de la antigua serie estratigráfica que colmataba la depresión. Esos restos de la antigua cobertera reciben el nombre de muelas, planas o llanas. Cuando la cobertera superior aparece constituida por materiales blandos, generalmente yesos, margas o arcillas, en vez de muelas se forman serrezuelas de hasta 400 metros de altitud que se denominan montes: montes del Castellar, montes de Zuera, montes de Castejón, etc. En ocasiones, las laderas de los montes aparecen fuertemente abarrancadas para dar paisajes de bad lands; pero otras veces se forman vallonadas

muy poco marcadas cuyo fondo aparece relleno de materiales limosos o limo-arcillosos, que reúnen buenas condiciones edáficas y son, a menudo, las únicas superficies cultivables en las laderas de los montes. Los vales, que es como se denominan estas vallonadas cultivadas, serpentean por entre las peladas laderas de yesos o margas, poniendo la única nota de vida agrícola en un paisaje muy árido.

Al pie de las muelas y de los montes suele haber amplísimos llanos alomados e inclinados, con suave pendiente en dirección a las terrazas altas de los ríos, que reciben el nombre de sasos. Desde el punto de vista morfogénico los sasos son glaciares de erosión sobre los que se desarrollan suelos profundos que han dado justa fama de granero de España a los secanos cultivados en Cinco Villas y Monegros.

Las terrazas de los ríos, y especialmente las del Ebro, constituyen la última gran unidad del relieve de las llanuras centrales. A lo largo del Ebro suele haber 3-4 terrazas escalonadas, la más alta de las cuales se halla a 80-100 metros sobre el cauce actual del río.

- c) Al S. de las llanuras centrales el relieve se hace más abrupto y elevado, debido a la presencia del Sistema Ibérico. La cordillera sigue la dirección NO-SE. y ocupa completamente el extremo suroccidental de la provincia, que es la parte

más abrupta de ésta. El núcleo fundamental de la cordillera es el Moncayo -2.314 metros-, situado en los confines de las provincias de Soria y Zaragoza. A partir de aquí la cordillera se divide en dos ramas; una exterior, más próxima al Ebro, constituida por las sierras de la Virgen, Vicort y Algairén; otra interior, más próxima a la meseta castellana, con las sierras de Pardos y Santa Cruz. En medio de estas dos alineaciones montañosas se abre una depresión longitudinal, entre Daroca y Catalayud, recorrida por el río Jiloca, y prolongada, hacia el NO., por el valle del Ribota. Esta es la parte más agreste de la provincia y la que ofrece mayor variedad de paisajes naturales, con macizos paleozoicos que se elevan por encima de los 1.500 metros, y áreas calcáreas, donde las formas del relieve cárstico se presentan en todo su esplendor.

2.2.- HIDROGRAFIA

La red hidrográfica zaragozana tiene como tronco fundamental al Ebro, que atraviesa la provincia de NO. a SE. a lo largo de más de 300 kilómetros de curso. Todos los afluentes del Ebro proceden de los Pirineos o del Sistema Ibérico, pero los primeros son mucho más caudalosos y tienen mayor recorrido -salvo el Jalón- que los segundos. Sin embargo, dada la configuración sensiblemente triangular de la provincia, con un vértice situado en pleno corazón de los Pirineos, los ríos de esta procedencia -Gállego y Aragón- recorren

muy pocos kilómetros por aquella. El Gállego solamente lo hace en los últimos 50 kilómetros de su curso, y el Aragón, que sigue de E. a O. "la Canal de Berdún", corta la parte septentrional de la provincia en un recorrido de 20 kilómetros. Aparte de estos dos grandes ríos pirenaicos, hay otros de menor rango que tienen su nacimiento en las sierras exteriores de la cordillera. Tales son los que forman el sistema hidrográfico del Arba-Riguel, Arba de Biel y Arba de Luesia, cuyo papel es fundamental para el sistema de riegos de Cinco Villas.

Los ríos que descienden desde el Sistema Ibérico son mucho más numerosos que los anteriores, debido a que esta cordillera tiene un desarrollo de más de 300 kilómetros en la provincia. Pero, como en el caso anterior, es menester distinguir entre el subcolector de largo recorrido que es el Jalón, y los pequeños ríos que fluyen directamente al Ebro. El Jalón es un río que nace en plena meseta y corta transversalmente todas las alineaciones del Sistema Ibérico hasta salir al Ebro. El Jalón recibe, pues, las aguas de infinidad de pequeños ríos intramontanos, que en muchos casos no son más que simples ramblas que funcionan únicamente después de las lluvias torrenciales provocando grandes avenidas en aquél. Además del Jiloca y del Ribota, ya citados al hablar del relieve, destacan los ríos Manubles, Piedra, Mesa, Perejiles, Aranda, Isuela y Grío. Y fuera ya de la cuenca del Jalón están el Huerva, el Aguas Vivas, el Martín y el Guadalope, que recorren la provincia antes de desembocar en el Ebro.

2.3.- EL CLIMA

Las mismas unidades que hemos señalado en la configuración estructural y morfológica de la provincia vuelven a encontrarse cuando se analiza la zonación climática de la misma; es decir, que cabe distinguir tres grandes dominios climáticos: el de las Sierras Pirenaicas, el de la Depresión Central y el de las montañas del Sistema Ibérico.

Las llanuras centrales acusan el mayor índice de termicidad. Las comarcas atravesadas por el Ebro tienen entre 15° y 16° de temperatura media anual. A partir de aquí, el valor de las isotermas disminuye regularmente hacia el N. y hacia el S. por la influencia del gradiente de altitud. La isoterma de los 10° pasa por el extremo septentrional de la provincia; sobre el pantano de Yesa, en el Aragón, se registran ya 12°; 14° en las Cinco Villas, y 16° en las comarcas del Bajo Aragón. Por el S., las sierras de la rama interior del Sistema Ibérico registran 10° de temperatura media anual, mientras que el somontano de las mismas aparece recorrido por la isoterma de los 12°.

Los meses más fríos son enero-febrero. Las isotermas del invierno indican que las temperaturas disminuyen también desde el centro de la depresión hacia las áreas de montaña, y de E.

a 0. a medida que se debilita la influencia del Mediterráneo. La isoterma de los 8° encierra las tierras más orientales del Bajo Aragón, mientras que la de los 6° está en Zaragoza, y la de los 4° en el límite con Navarra y en los dominios montañosos del Pirineo y del Sistema Ibérico.

Julio-agosto son, a su vez, los meses más cálidos. En esta época del año la mayor parte de la depresión registra temperaturas medias de 26°, mientras que en las sierras pirenaicas y en el Sistema Ibérico la temperatura desciende hasta 22°.

La amplitud térmica anual se halla comprendida, pues, entre 18° y 16°, lo cual pone de manifiesto el carácter marcadamente continental del clima de la provincia de Zaragoza. Sin embargo, las cifras de temperaturas medias encierran una diversidad térmica muy grande. Las oscilaciones térmicas son brutales. En el Bajo Aragón se han registrado temperaturas por debajo de -15° y por encima de los 43°.

Pero lo que caracteriza y tipifica al clima de la provincia no son las temperaturas, sino las precipitaciones, que en general son escasas y muy irregulares. El centro de la depresión, a lo largo del Ebro, recibe entre 300 y 325 milímetros de lluvia anual.

Desde aquí, lo mismo hacia el N. que hacia el S., las precipitaciones aumentan progresivamente a tenor de la altitud. Así, se reciben entre 400 y 500 milímetros en las Cinco Villas, 600 milímetros en la comarca del Sos del Rey Católico y 700 milímetros en la Canal de Berdún, sobre el pantano de Yesa. Esta regularidad no es tan clara en el Sistema Ibérico, donde las depresiones del Jiloca y del Jalón medio no reciben más de 450 milímetros. Hay dos máximos pluviométricos, uno de primavera -abril, mayo- y otro de otoño -septiembre, octubre- separados por los mínimos de invierno y de verano. En las áreas secas de la provincia, el máximo de primavera suma aproximadamente el 30 por 100 de las precipitaciones anuales, en tanto que el otoño se eleva al 35 por 100. El verano no es del todo seco, pues la mayor parte de las tierras llanas reciben más de 20 milímetros por mes, si bien en forma de tormentas que suelen producir grandes daños a la agricultura.

La penuria de las lluvias se acusa todavía más por la irregularidad estacional e interanual de las mismas. De unos años a otros el volumen de agua caída puede variar entre 1 y 3. Otro tanto sucede con los máximos y mínimos estacionales, que no solamente acusan enormes variaciones en el volumen de agua caída, sino que los máximos teóricos de primavera y otoño pueden adelantarse o retrasarse hasta dos meses, con el consiguiente perjuicio para la agricultura de secano.

Conjugando los índices termopluviométricos y la evaporación

se llega a la conclusión de que la provincia de Zaragoza padece un gran déficit de agua, que en el centro de la depresión es de 500 milímetros por metro cuadrado y año. Todas las estaciones del año son deficitarias, excepto el invierno, en que se produce un cierto equilibrio hídrico. Durante los meses de verano -junio, julio y agosto- el déficit de agua asciende a 350 milímetros por metro cuadrado en las comarcas más favoracidas. Esto explica la alta sensibilidad de la población de Zaragoza ante los problemas de la distribución equitativa del agua.

La climatología es un factor condicionante de la estabilidad y posibles impactos ambientales de las estructuras residuales mineras sobre su entorno, de primera magnitud, como se ha analizado en el capítulo de Metodología.

La de esta provincia, caracterizada por su acusada continentalidad, actúa sobre las estructuras en sentidos contradictorios. Por una parte, es positiva la reducida pluviosidad, al menos de la zona sur de la provincia, en que se concentran las explotaciones mineras. Y por otra, es negativa por la acción erosiva de los fuertes vientos dominantes (además de su incidencia ambiental), y la presencia frecuente de heladas, cuya acción repetida de congelación y descongelación del agua contenida entre los residuos produce un aflojamiento, facilitando la erosión.

Estas incidencias son especialmente apreciables en las estructuras de esta provincia en que predominan los materiales finos, que son la mayoría. Además, no es infrecuente que la escasa pluviosidad se manifieste con carácter torrencial, con lo que la erosión es mayor.

A continuación se presentan los cuadros y figuras que recogen los datos medios de los parámetros climáticos más importantes.

CUADRO N° 1

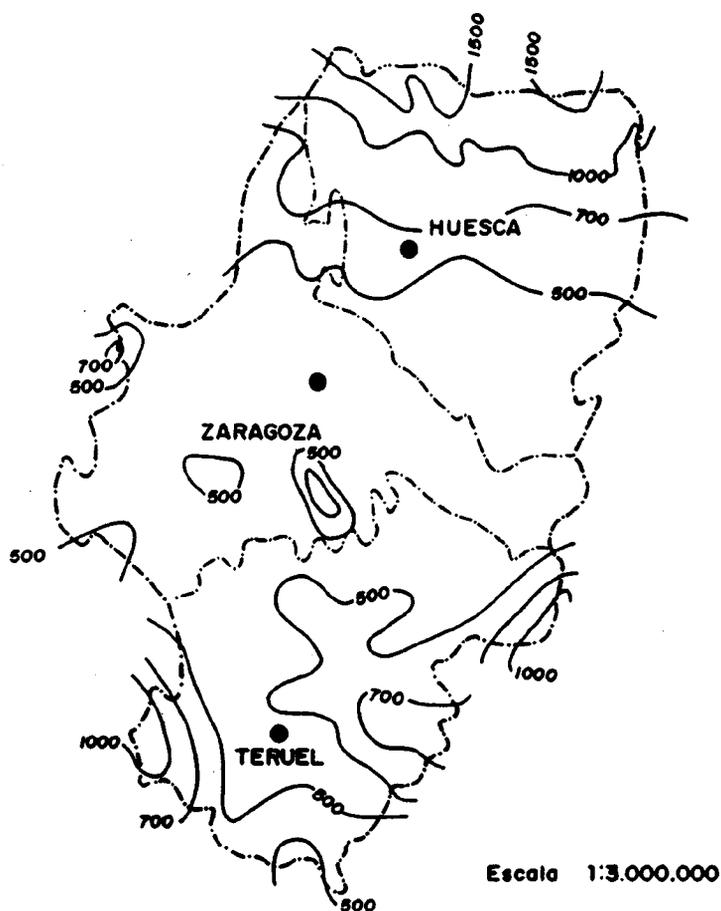
VALORES MEDIOS (PARA UN PERIODO DE 30 AÑOS), DE TEMPERATURAS,
PRECIPITACIONES, HUMEDAD RELATIVA E INSOLACION

Región I.2.2 Estación ZARAGOZA
1931-60 Lat. 41° 39'N Long. 0° 53'W Alt. 250 m

Mes	Temperatura °C					Humedad %	Precipitación			Insolación diaria
	Media			Abso.			Total mm	Máx. 24 h.	N° de días	
	Día	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.					
E	6.1	9.9	2.3	21.0	-10.5	73	16	36	7	4.3
F	7.7	12.2	3.2	22.6	-8.6	66	16	27	6	5.9
Mi	11.3	16.6	6.0	28.6	-1.4	59	30	77	7	6.4
Ab	13.7	19.3	8.2	31.6	1.2	55	31	34	7	7.7
Mv	17.0	22.7	11.3	35.8	2.4	54	47	47	8	9.0
Jun	21.2	27.3	15.1	40.7	6.0	53	37	50	7	10.4
Jl	23.9	30.6	17.3	40.0	9.8	50	18	67	4	11.7
Ag	23.7	30.1	17.4	42.0	10.6	52	19	38	4	10.7
S	20.6	26.2	15.0	36.2	5.2	50	31	39	6	7.9
O	15.4	20.3	10.5	29.2	1.0	65	34	48	6	6.2
N	10.2	14.3	6.1	23.8	-3.2	71	28	104	6	5.3
D	6.8	10.0	3.6	19.2	-6.2	75	32	42	8	4.0
Año	14.8	20.0	9.7	42.0	-10.5	61	338	104	74	7.5

FUENTE: I N M. Climatología de España y Portugal.

PRECIPITACION MEDIA ANUAL

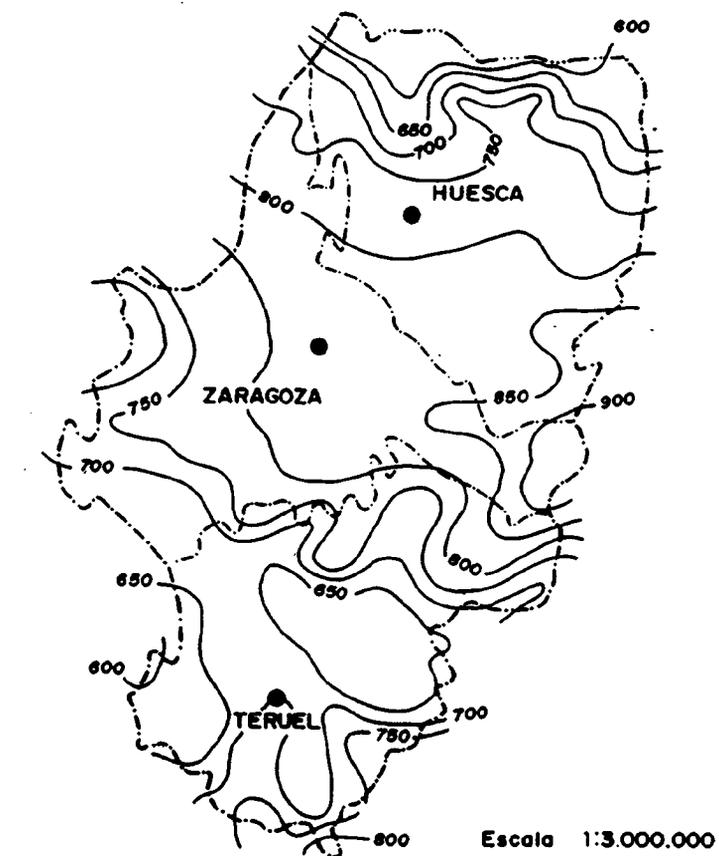


— 500 — Isoyeta del Valor medio anual de precipitación
(en mm.)

FUENTE: I N M. Atlas Climático de España.

FIGURA Nº 1

EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL MEDIA ANUAL



 Isolnea de valor medio (en mm.)

FUENTE: I N M. Atlas Climático de España.

FIGURA Nº 2

PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS



200 Isolíneas de valor máximo (en mm.)

FUENTE: I N M. Atlas Climático de España.

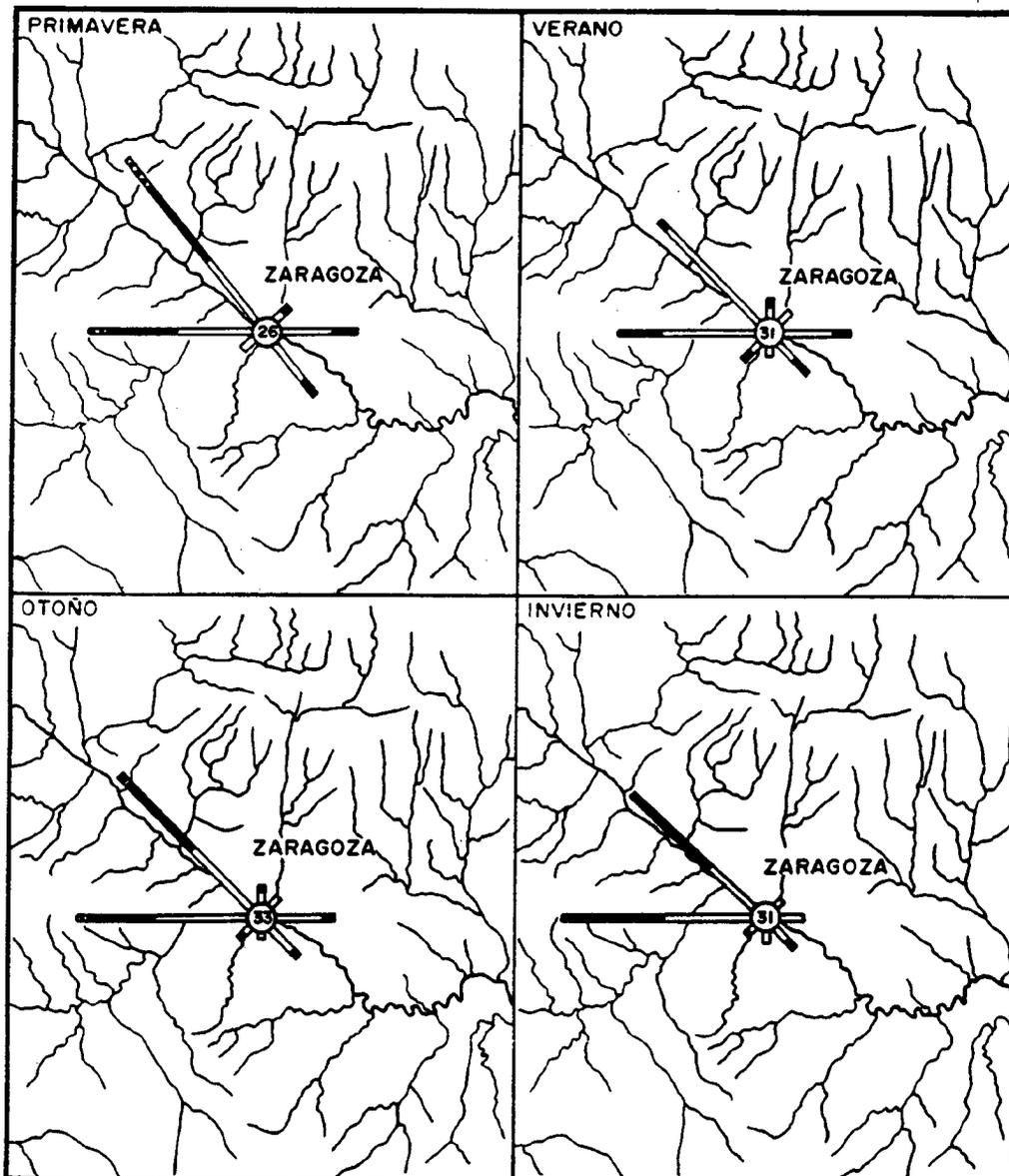
FIGURA Nº 3

FRECUENCIA DE LA DIRECCION E INTERVALOS DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO

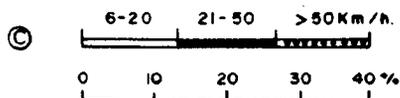
46.



PROVINCIA DE : ZARAGOZA



E, 1:3.000.000



© Porcentaje de los vientos con la velocidad inferior a 6km/h.

FUENTE: I N M. Atlas Climático de España.

FIGURA Nº 4

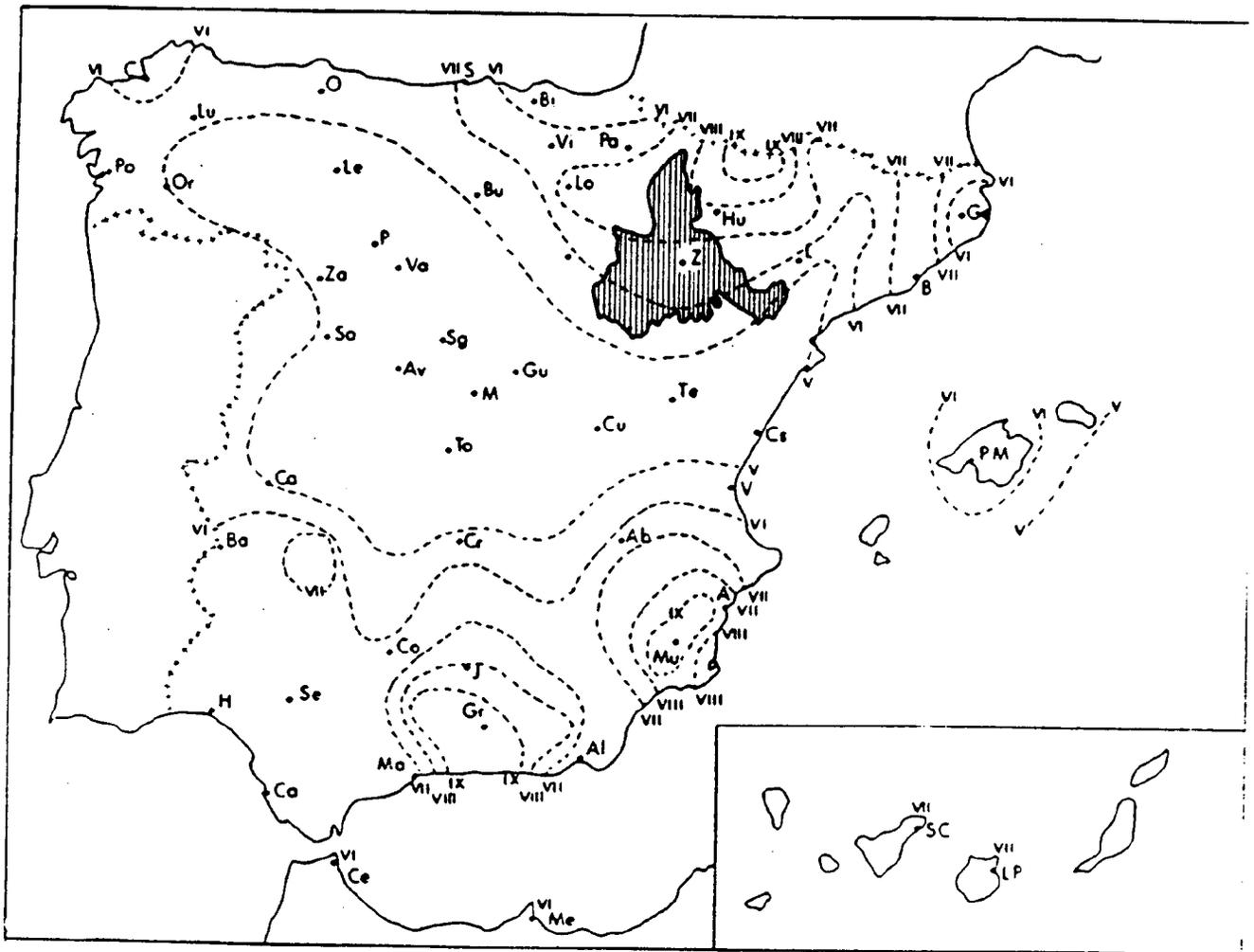
2.4.- SISMOLOGIA

Es importante la influencia negativa de las vibraciones producidas por terremotos (o voladuras) sobre las estructuras residuales mineras, caracterizadas por contener materiales sueltos y muchas veces saturados. Sobre ellas se pueden producir asientos (con influencia negativa sobre posibles instalaciones situadas encima) e, incluso, licuefacción, con comportamiento semejante a un líquido y posibilidad de grandes desplazamientos. De hecho se han producido accidentes de este tipo en balsas de lodos mal diseñadas, con consecuencias de desgracias personales y desplazamientos de kilómetros.

Se presenta el mapa de las zonas con riesgo sísmico del país, según la norma PDS 1 (1974).

Según esta norma sismorresistente es necesario considerar los movimientos de partículas, debidos a efectos sísmicos, siguientes:

Zona	Velocidad mm/sg	Aceleración mm/seg ²	Desplazamiento mm
V	15	189	1,2
VII	60	754	4,8
IX	240	3.041	19,1



ESCALA DE RIESGOS SISMICOS

BAJO < VI
MEDIO
ALTO > VIII

FIGURA Nº 5

SISMICIDAD SEGUN NORMA PDS-I (1974)



La provincia de Zaragoza ocupá zonas con riesgo sísmico de valor V, VI y VII, es decir de riesgo bajo y medio. Pero, las zonas en que se encuentran la inmensa mayor parte de las estructuras residuales (centro y sur de la provincia), son las de menor riesgo, por lo que en el diseño y construcción de las mismas no será necesario tomar medidas especiales de seguridad por este concepto.

3.- MARCO SOCIECONOMICO

3.1.- POBLACION

La evolución de la población de derecho en los últimos años en la provincia de Zaragoza, se presenta en el siguiente cuadro:

<u>Año</u>	<u>Población</u>
1977	798.648
1979	813.662
1981	830.167
1983	829.351
1985	827.119

Como se vé, ha sufrido ligeras oscilaciones con tendencia a la baja en los últimos años.

Este parámetro absoluto no refleja la despoblación real de la provincia, así como de la región, lo que se expresa mejor en el de densidad de población, para el último año (1985):

	Densidad de población (Habit. / Km ²)
Zaragoza	48,1
Aragón	24,9
España	75,9
Barcelona	598,4
Madrid	597,5
Vizcaya	533,7

Las diferencias de densidad de población son bastante importantes con la media nacional, y mucho más con las de las provincias más pobladas. Aunque hay varias provincias menos pobladas en el país, a nivel regional, sólomente la Comunidad Autónoma de Castilla La Mancha está más despoblada, pues su densidad media era de 21,1 habitantes por kilómetro cuadrado.

3.2.- ESTRUCTURA ECONOMICA

La situación relativa de la economía de esta provincia, en el año 1985, podría resumirse en los siguientes parámetros:

Superficie	17,194 Km ²
Población residente	827.119 Hab.
Población activa	302.390 Hab.
Renta "per capita"	726.681 pts.
Lugar que ocupa en la producción nacional	10

Que está estructurada en el siguiente cuadro, en el que se ha comparado con las economías regional y nacional:

CUADRO N° 2 : Estructura de la producción. Valor Añadido Bruto (10⁶ pts.)

FUENTE: Renta Nacional 1.985. BANCO DE BILBAO

SECTOR	ESPAÑA	ARAGON	ZARAGOZA	% Aragón	% España
Agricultura y Pesca	1.783.117	84.431	40.047	47,4	2,2
Industria	7.351.569	306.303	228.265	74,5	3,1
Construcción	1.555.170	50.010	29.209	58,4	1,9
Comercio y Servicios	17.098.947	517.644	387.944	74,9	2,3
TOTAL	27.788.803	958.388	685.465	71,5	2,5

Es decir, que la economía de esta provincia es la responsable de la mayor parte (71,5%) de la producción regional, y de sólo un 2,5% de la nacional.

Se puede destacar la importancia de la Industria, con el 3,1% del total nacional, por encima de la media que le correspondería.

Dentro del sector industrial, la importancia relativa del subsector minero, que se analizará en el capítulo 5, no es muy alta.

4.- SINTESIS GEOLOGICA

4.1.- RASGOS GENERALES

La provincia de Zaragoza ocupa parte de tres grandes dominios estructurales: una pequeña zona al norte forma parte del Pirineo occidental, o Pirineo Navarro-Aragonés; otra zona de reducidas dimensiones superficiales al suroeste, forma parte de la Cordillera Ibérica, y el resto de la provincia, la mayoría de la superficie de la misma, de la Depresión del Ebro.

Dentro del dominio estructural primero, Pirineos Navarro-Aragoneses, se pueden diferenciar varias unidades: la cubeta del Flysch, situada entre la zona axial y la Canal de Berdún; la cubeta del Eoceno Superior-Oligoceno, situada entre la Canal de Berdún y las Sierras Exteriores (también llamado Sinclinorio del Aragón o del Guarga), y las Sierras Exteriores Aragonesas.

En la esquina suroeste de la provincia se presenta la Rama Aragonesa o Externa de la Cordillera Ibérica, formada por importantes, macizos paleozoicos con parte de su recubrimiento secundario o terciario, y parte de la Depresión Calatayud-Montalbán, constituida por materiales terciarios y cobertera plio-cuaternaria, y con claro carácter de fosa tectónica.

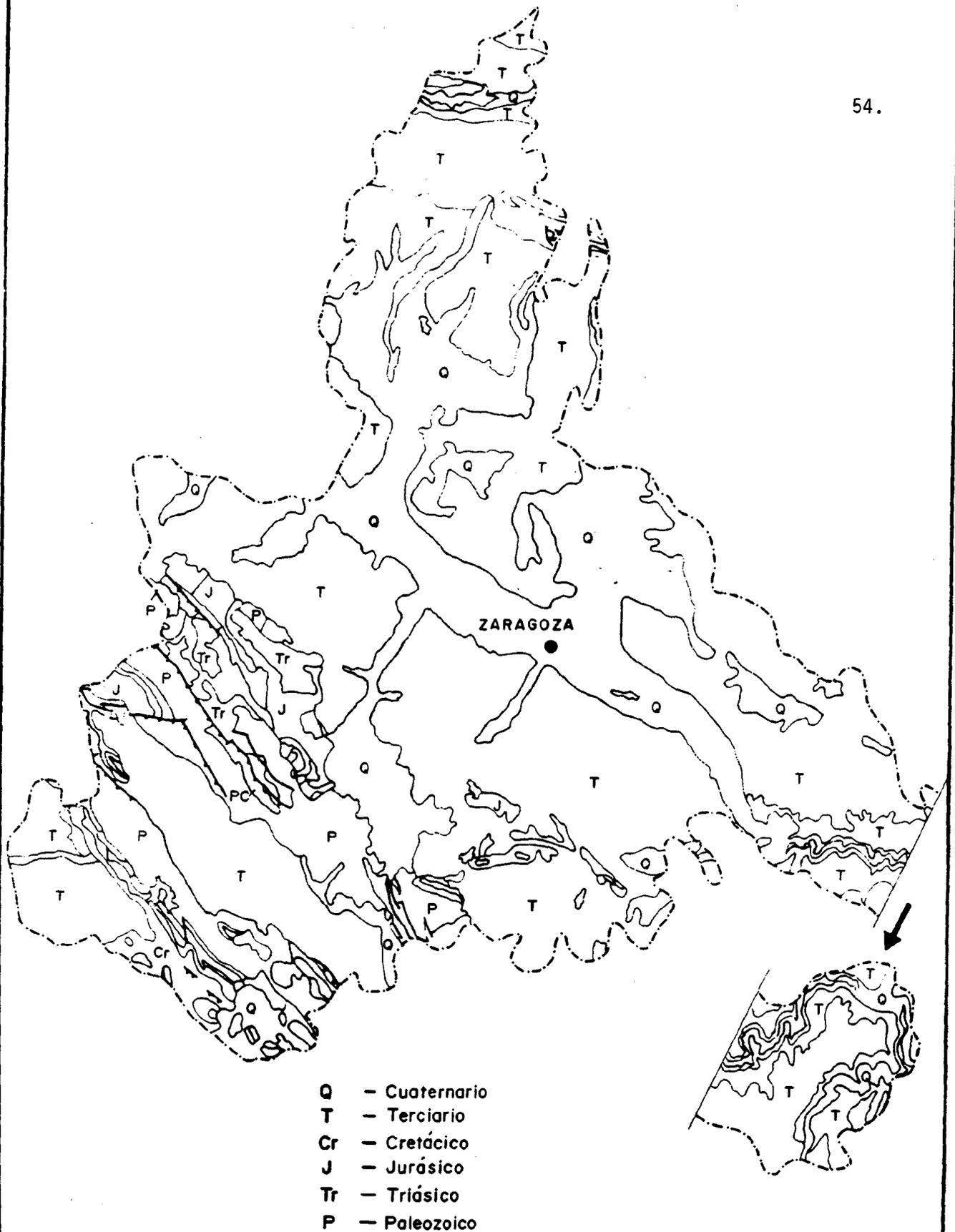


FIGURA N° 6

MAPA GEOLOGICO DE LA PROVINCIA DE ZARAGOZA 1:1.000.000

(IGME 1980)

La mayor parte de la provincia está dominada por la denominada Cuenca del Ebro, gran unidad estructural de forma aproximadamente triangular y limitada por las Cordilleras Pirenaica, Ibérica y Costero-Catalanas.

La cuenca está actualmente colmatada con sedimentos terciarios. Los más antiguos, de edad paleocena-eocena, afloran exclusivamente en los bordes septentrional y oriental. En el borde sur, casi como en el resto de la depresión, los materiales más antiguos visibles son de edad oligocena, a la que siguen sedimentos miocenos que adquieren un gran desarrollo en la parte central de la cuenca.

Al iniciarse el Terciario, el eje de máxima sedimentación estaba en la parte septentrional de la depresión, a la altura del actual Canal de Berdún y de la cuenca del río Cinca; con el tiempo dicho eje se trasladó al sur de forma que al final del Mioceno se encontraba en la parte central, ocupada actualmente por el cauce del río Ebro.

El régimen de sedimentación marina durante el Mioceno pasó a ser continental en el Oligoceno. Durante el Oligoceno y Mioceno, la cuenca estuvo sometida a un régimen de sedimentación bilateral, con aportes septentrionales pirenaicos, y meridionales procedentes de la Cordillera Ibérica. La influencia de estas dos áreas fuentes varió con el tiempo. Este régimen de sedimentación bilateral fue paralelo a un aislamiento de la cuenca con respecto al mar, tomando

un carácter endorreico que se reflejó en el gran desarrollo que adquirió la sedimentación evaporítica en su parte central.

Al final del Mioceno, la cuenca se hizo exorreica y su evolución pareció depender de vicisitudes geológicas del Bajo Ebro y de la costa mediterránea. La gran complejidad que presentan estos procesos se traduce en una gran heterogeneidad de facies.

4.2.- ESTRATIGRAFIA

Los materiales que forman la reducida zona de esta provincia situada dentro de los dominios de las sierras externas pirenaicas son, predominantemente, terciarias, además del Cuaternario de la Canal de Berdún. Estos materiales son: calizas, margas, areniscas y conglomerados. El cuaternario, prácticamente está limitado a las terrazas del río Aragón y a los glaciares de erosión sobre las margas azules del Eoceno.

En el dominio de la Cordillera Ibérica se pueden diferenciar:

- Precámbrico. En el valle del Jalón, al N. de Calatayud, existe una serie pizarrosa (filitas) de esta edad.

- Cámbrico. Mucho más representado, en las Sierras de Vicort-Modorra y de Pardos-Santa Cruz, Ateca y los afloramientos de Daroca. Está formado por cuarcitas, pizarras, areniscas y dolomías.

- Ordovícico-Silúrico. Representados en las Sierras de Santa Cruz, de Algairén y de Herrera, está formado, igualmente, por cuarcitas, pizarras, areniscas y dolomías.

- Devónico. Aflora solamente en la vertiente oriental de la Sierra de Herrera, y está formado por cuarcitas basales, pizarras (fundamentalmente) y calizas.

- Triásico. Representado por las formaciones típicas del Triás germánico, se encuentran diferenciados los tres pisos característicos: Buntsandstein, formado por conglomerados, areniscas silíceas y una serie muy arcillosa; Muschelkalk, formado por un conjunto calizo dolomítico, con alguna intercalación margoarcillosa rojiza, y el Keuper, formado por margas estériles, de colores rojizos, muy yesíferas.

- Jurásico. En el borde NE de la Cordillera Ibérica junto a la Depresión del Ebro, está muy bien representado en el valle del Jalón, entre Morata y Riela. Está formado por calcáreos: calizas, dolomías, carniolas, margas y calcarenitas.

- Cretácico. Bien representado en el extremo suroeste de la provincia, en su límite con la de Teruel, está formado por: Formación Utrillas (arenas silíceas caoliníferas, margas detríticas, restos vegetales, lignitos y cantos de cuarzo y cuarcita); margas, calcarenitas, dolomías y calizas.

- Terciario. Es el predominante en la provincia. Se puede decir ^{58.} que, junto al cuaternario formado por las terrazas de los ríos y glaciares de erosión sobre materiales blandos, forma la inmensa mayor parte de la provincia. Está presente en la zona norte, toda la parte central (de este a oeste), zona sureste, y una banda al suroeste situada entre los macizos paleozoicos centrales de la Ibérica (depresión de Calatayud-Montalbán). Además, en su dominio están las explotaciones mineras más importantes del momento: las de lignitos de la zona de Mequinenza y las de yesos y alabastros en la zona de Fuentes, Gelsa, etc.

La mayor parte de los terrenos terciarios representados corresponden a la gran unidad estructural Depresión del Ebro, cuyas características litoestratigráficas, en su parte central, son las siguientes: depósitos de carácter continental endorreico; desarrollo de facies evaporíticas y calcáreas lacustres en su centro y fuertemente detríticas en los bordes; aportes de origen bilateral heredados de los rebordes montañosos vecinos: Pirineos, por un lado, y Cadena Ibérica y Costero Catalanas, por otro. Es decir, se pueden diferenciar las siguientes litofacies:

- * Facies detríticas. Están colocadas marginalmente en la cuenca, junto a los bordes. Son conglomerados, que pasan lateralmente a depósitos alternantes de margas y areniscas.
- * Facies calcáreas. Constituidas por calizas lacustres, en bancos mas o menos potentes (0,2 a 2 m.), se hallan asociadas a margas, areniscas calcáreas y a lignitos. En las zonas de cambio lateral de facies, también lo están a yesos y a sílex.

* Facies yesíferas. Se originaron en lagunas endorreicas. Los yesos van asociados a las margas y depósitos de halita, y más raramente a thenardita, epsomita, etc..., y abundantes materiales carbonatados.

La distribución de estas litofacies es, en general, de afuera adentro de la Depresión. Es decir, detríticas en sus bordes externos, calcáreas a continuación, y yesíferas en su parte central. Aunque en algunas zonas existe contacto entre las primeras y las últimas.

- Cuaternario. Está ampliamente representado en la provincia. Se presenta en dos grandes facies: terrazas fluviales y glaciares de erosión, estos últimos con aspectos diferentes según la naturaleza de los macizos fuente de sus materiales.

Los depósitos cuaternarios formados al pie de las Cadenas Ibéricas contienen gravas y brechas calcáreas o silíceas, a veces de cierta potencia, que se asemejan a las rañas de otras zonas de la península.

La mayor superficie de glaciares se presenta sobre los materiales blancos terciarios, margas, yesos, etc., y enlaza directamente con las terrazas de los ríos Ebro y sus tributarios, de forma que estas pertenecen a la categoría de terrazas-glaciares.

Se puede añadir los mantos aluviales recientes de los ríos.

En el Ebro, en la zona próxima a Zaragoza, la terraza de inundación está encajada en la terraza baja, lo que tiene su importancia desde el punto de vista hidrogeológico.

Finalmente, muy poco representados en esta provincia, se pueden mencionar los depósitos al pie de las primeras estribaciones de los Pirineos, en forma de depósito detrítico de piedemonte en forma de manto.

Tanto las terrazas como los glaciares suelen estar revestidos, sobre todo en la zona central de la Depresión (Monegros), de limos eólicos, muchas veces de naturaleza yesífera. Se trata del producto de la deflacción actual y antigua del polvo salino que se forma en las zonas más áridas, especialmente yesíferas. Otras veces se trata de limos silíceos o mezclados con los yesíferos, retrabajados por las aguas de arrollada en muchos casos.

4.3.- TECTONICA

Desde el punto de vista estructural deben diferenciarse las características de la parte suroeste de la provincia, con representación de las ramas interna (castellana) y externa (aragonesa) de las Cadenas Ibéricas, separadas por la fosa de Calatayud (rellena de materiales terciarios), del resto de la provincia, dominado por la Depresión del Ebro.

Dentro de la primera zona, Cordillera Ibérica, se presentan características tectónicas hercínicas y alpínicas. Los ejes de plegamiento hercínicos son, preferentemente, de NO a SE, muy parecidos a los correspondientes alpinos, y el conjunto tiene un carácter anticlinal, de eje vertical en el centro, y vergencia hacia el NE al norte, y opuesta hacia la meseta.

Las cadenas alpínicas se pueden caracterizar por compartimentación en bloques del zócalo, por fallas de desgarre, y comportamiento diferente de las coberteras según su naturaleza, adheridas al zócalo y plegadas con él, o con deslizamientos o corrimientos permitidos por los materiales más plásticos (arcilloso-salinos, del Keuper).

Finalmente, la Depresión del Ebro, aunque sin estructuras acusadas, no puede decirse que constituya un conjunto tabular y plano. Está formada por materiales miocenos postalpinos y, por tanto, las deformaciones que han sufrido son poco enérgicas (los buzamientos medidos son normalmente inferiores a 3° , sin rebasar casi nunca los 8°).

Sin embargo, pueden destacarse los siguientes ejes de deformación:

- Sinclinal del Ebro. Sigue prácticamente el curso del Ebro, de Logroño a Zaragoza y Sástago.

- Sinclinal del Huerva. Orientado de N a S es, en cierto modo, la prolongación del siguiente.
- Sinclinal del Gállego. También orientado de N a S, se extiende de Gurrea de Gállego a Zaragoza.
- Sinclinal del Arba. Entre Gallur y Egea. De N a S.
- Sinclinal de Ballobar-Alcubierre. Dirigido de ONO a ESE, entre ambas poblaciones. Se puede considerar que llega hasta el Gállego.
- Anticlinal de Alcubierre. Sigue aproximadamente los relieves calcáreos de la Sierra de Alcubierre.
- Anticlinal de la Almolda. Afecta a la Sierra de Santa Quiteria. Dirección N 60 E.
- Domo de los Montes de Castejón. Conjunto levantado, limitado por los sinclinales del Ebro, Arba y Gállego. Está afectado por dos sinclinales de orden menor, el anticlinal de la Plana de Castejón y el domo de las Minas de Remolinos.
- Sinclinal de Azuara. Situado al S de los macizos mesozoicos de Fuendetodos-Belchite.

5.- ANALISIS DE LA ACTIVIDAD MINERA

5.1.- MINERIA ACTUAL

La producción minera de los últimos años, según datos recogidos de Estadística Minera de España, ha sido la expresada en el cuadro siguiente.

A la vista del cuadro estadístico nº 2, resumen de la actividad minera reciente, se hacen las siguientes observaciones:

- La importancia de la minería de Zaragoza en la economía provincial, regional o nacional, es reducida. Alrededor de 300 puestos de trabajo en una provincia poblada e industrializada, no es muy significativo. Además, entre los minerales arrancados, no destaca ninguno por su importancia relativa o por su valor estratégico. Es una minería caracterizada por explotaciones de reducidas dimensiones y, salvo algunas excepciones, orientada a la producción de rocas industriales, especialmente las relacionadas con el sector de la construcción.

- Aunque no aparece en el cuadro estadístico, por ser un centro de actividad muy reciente, se señala la producción de Sepiolitas

CUADRO Nº 3: ACTIVIDAD MINERA RECIENTE

PRODUCTO	Nº EXPLOTACIONES			EMPLEO			VALOR PRODUCCION (10 ³ pts)		
	Año 1982	1983	1984	Año 1982	1984	1985	Año 1982	1984	1985
Lignito	2	1	1	27	44	72	117.251	219.881	292.594
Ocre	1	1	1	24	21	23	68.808	68.874	87.870
Sal Gema	5	3	3	82	58	49	148.440	154.931	216.228
Caolín	2	1		3	2		4.034	3.779	
Barita	1	1	1	8	10	12	5.000	23.005	27.452
Arcilla	13	9	8	15	10	9	29.147	17.348	19.134
Caliza	17	16	16	55	49	52	175.062	224.503	255.748
Silice y Arenas Silíceas	2	2	2	5	7	4	6.120	6.770	7.400
Yeso	13	15	18	46	65	82	101.105	166.490	262.308
Otros productos de cantera	7	7	6	20	21	16	46.715	68.664	48.720
TOTAL	63	56	56	285	287	319	701.682	804.395	1.217.454

FUENTE: MINER. Estadística Minera de España

en Orera, cerca de Calatayud, en una explotación de buenas dimensiones y con planta de tratamiento (calcinado, clasificado y envasado), a pie de cantera, orientada a la exportación.

- En el año 1.985 se puede destacar, por el valor de la producción, el correspondiente a la de lignitos (24%), de yeso (21%), de caliza (21%), de sal gema (17%) y de ocre (7%), que en conjunto constituyeron el 90% de la producción total minera.

- La producción de lignitos ha crecido lentamente en los últimos años, pero hay planes de ampliaciones importantes en la zona, aprovechando varios factores positivos, como son: existencia de reservas considerables; método de explotación fácil y seguro (cámaras y pilares); potenciación en estos momentos, por motivos sociales, de la minería de interior, y construcción (en la actualidad, en fase de montaje) de una caldera para combustión en lecho fluidificado en la central térmica de Escatrón, próxima a las zonas mineras. Este método de combustión absorberá gran parte del azufre que acompaña a estos carbones, reduciendo considerablemente los impactos ambientales consecuentes (lluvia ácida). En este sentido, se señala que, según el Inventario de Recursos de Carbón en España, realizado por el ICME, las reservas calculadas para la zona de Mequinenza son de 2.038,7 millones de toneladas, las cuales aplicándole un coeficiente reductor de 0,13, quedan reducidas a un volumen de 260,9 millones de toneladas recuperables. Este coeficiente reductor tan alto es debido a que en la actualidad se aprovecha solo una

capa de un paquete, y existen varios de estos. Con un foco de demanda próximo (Escatrón) y precios al alza esta zona admitiría un fuerte incremento en su producción.

Finalmente, se señalan otras zonas favorables a la existencia de reservas explotables de lignitos según investigaciones realizadas por el Instituto Geológico y Minero:

<u>ZONA</u>	<u>EXTENSION</u>
Fuendetodos	30 km ²
Nombrevilla	60 km ²
Gallocanta	300 km ²

- La producción de óxidos de hierro (Ocre) es de pequeña importancia y orientada a su utilización como pigmentos naturales.
- La producción de sal gema, concentrada en Remolinos, se obtiene por minería de interior, completada por una pequeña salina.
- Se destaca la producción de yeso, con volúmenes importantes, en la zona de Gelsa, Quinto de Ebro, La Zaida, etc., dedicada a la obtención de yesos cocidos y escayolas de construcción, y para el abastecimiento de una significativa industria de elaboración de objetos de decoración, utilizando las variedades alabastrinas.
- El resto de la producción minera está orientado a la obtención

de materiales empleados en la construcción: arcillas cerámicas, calizas (para áridos y para cementos) y áridos en general).

- La producción de barita es de escasa importancia, aunque hay bastantes indicios en la provincia, debido al fuerte retroceso sufrido en los últimos años por este subsector.

5.2.- POSIBILIDADES MINERAS

Se analizan en este apartado las posibilidades de desarrollo de la minería de esta provincia, y su probable evolución en los próximos años, a la luz de la situación actual y de las investigaciones realizadas en los últimos años.

- Se destaca como el subsector con más posibilidades de desarrollo, por las razones expuestas en el apartado anterior (abundantes reservas, fácil arranque y mercado próximo), el de los lignitos, fundamentalmente en la zona de Mequinenza.

En estos momentos, el mercado de lignitos está saturado en España y, desde luego, en esta zona. Los problemas ambientales derivados de su combustión, sobretodo por su alto contenido en azufre, junto a la construcción reciente de varias centrales nucleares, que han cubierto las necesidades por sustitución de combustión de fueloil y por crecimiento de la demanda, han frenado el fuerte incremento experimentado en los últimos años 70 y primeros 80,

de la producción de lignitos para producción de termoelectricidad.

Quiere decir que, para cubrir futuros incrementos de demandas eléctricas, han de ser resueltos los problemas de contaminación ambiental derivados de la combustión de lignitos con alto contenido en cenizas y azufre, para su empleo en mayor volumen. La termoelectricidad alternativa en estos momentos, la nuclear, tiene unas implicaciones semejantes, más factores socioculturales de rechazo, que permiten deducir mejores perspectivas de desarrollo para el uso de los carbones.

Según las últimas investigaciones realizadas, sobre los yacimientos de esta zona y sobre las posibles aplicaciones de los lignitos, las líneas de su desarrollo masivo van en las siguientes direcciones:

Nuevas aplicaciones:

- * Combustión en lecho fluidificado
- * Combustión de emulsiones de carbón/aceite
- * Gasificación
- * Liquefacción
- * Coque preformado

Medidas de protección del Medio Ambiente:

- * Desulfuración

- * Contaminación de aguas
- * Contaminación de suelo y paisaje
- * Subsistencia minera

- En la zona de Calatayud existen posibilidades de mantenimiento y desarrollo de las arcillas especiales, actualmente en producción, así como de sales especiales (sulfato sódico).

- Caolín, en la zona de Cubel, con un yacimiento cubicado en 74,3 millones de m³, de excelente calidad.

- Existen indicios de barita, metalogénico y mineros, por diferentes zonas de la provincia, de forma que es posible su desarrollo, cuando las circunstancias actuales del mercado así lo aconsejen.

- El resto de los indicios metalogenéticos en esta provincia, de Hierro, Cobre, Manganeseo, Antimonio, etc., no manifiestan suficientes posibilidades como para sostener una actividad competitiva, al menos en las condiciones actuales de sus mercados.

- Finalmente, sobre los minerales relacionados con el sector de la construcción (yesos, arcillas, calizas, gravas, etc.), se puede decir que existen suficientes reservas en la provincia, y aceptablemente repartidas, como para sostener las previsiblemente ligeras oscilaciones de la demanda.

6.- CARACTERISTICAS GENERALES DE LAS ESTRUCTURAS RESIDUALES MINERAS

Las estructuras inventariadas en la provincia de Zaragoza son las que se presentan en el siguiente cuando nº , en el que se separan las que por su importancia han debido analizarse en Ficha (en el Anejo nº 3), de las que por su menor volumen o relevancia se expresan solamente en el Listado (Anejo nº 2). En total se han inventariado 458 estructuras.

6.1.- ZONACION

Agrupando las estructuras más relevantes por tipo de minería y zona de la provincia, mezclando ambos conceptos, mineros y geográficos, lo menos posible, se ha realizado la siguiente zonación, que se complementa con el mapa provincial figura nº 7.

6.1.1.- Zona de la minería metálica

Como se ha analizado en el capítulo anterior, la minería metálica de esta provincia no tiene ni ha tenido nunca cierta relevancia a cualquier escala que se considere, aunque si cierta actividad con sus correspondientes estructuras residuales. En primer lugar se pueden citar las de la minería de Hierro en la zona de Tierga, hoy reducida a la extracción por minería de interior de óxidos de hierro en pequeñas cantidades, orientados a su utiliza

CUADRO N° 4 : ESTRUCTURAS INVENTARIADAS

<u>Minería</u>	<u>Estructuras con Ficha</u>	<u>Estructuras sin Ficha</u>
Hierro	2	5
Cobre	2	7
Plomo	-	1
Lignito	31	16
Sal Gema	3	4
Barita	3	10
Sepiolita	2	-
Caolín	5	12
Alabastro	64	28
Yeso	16	25
Cuarcita	4	7
Caliza	36	67
Arcilla	25	40
Gravas	23	20
	<hr/>	<hr/>
	216	242

TOTAL GENERAL: 458 estructuras.

- FE: HIERRO
- CU: COBRE
- LG: LIGNITO
- YE: YESO, ALABASTRO
- AC: ARCILLA
- CA: CALIZA
- CC: CUARCITA
- SG: SAL GEMA
- CL: CAOLIN
- BA: BARITA
- ST: SEPIOLITA
- OC: GRAVAS

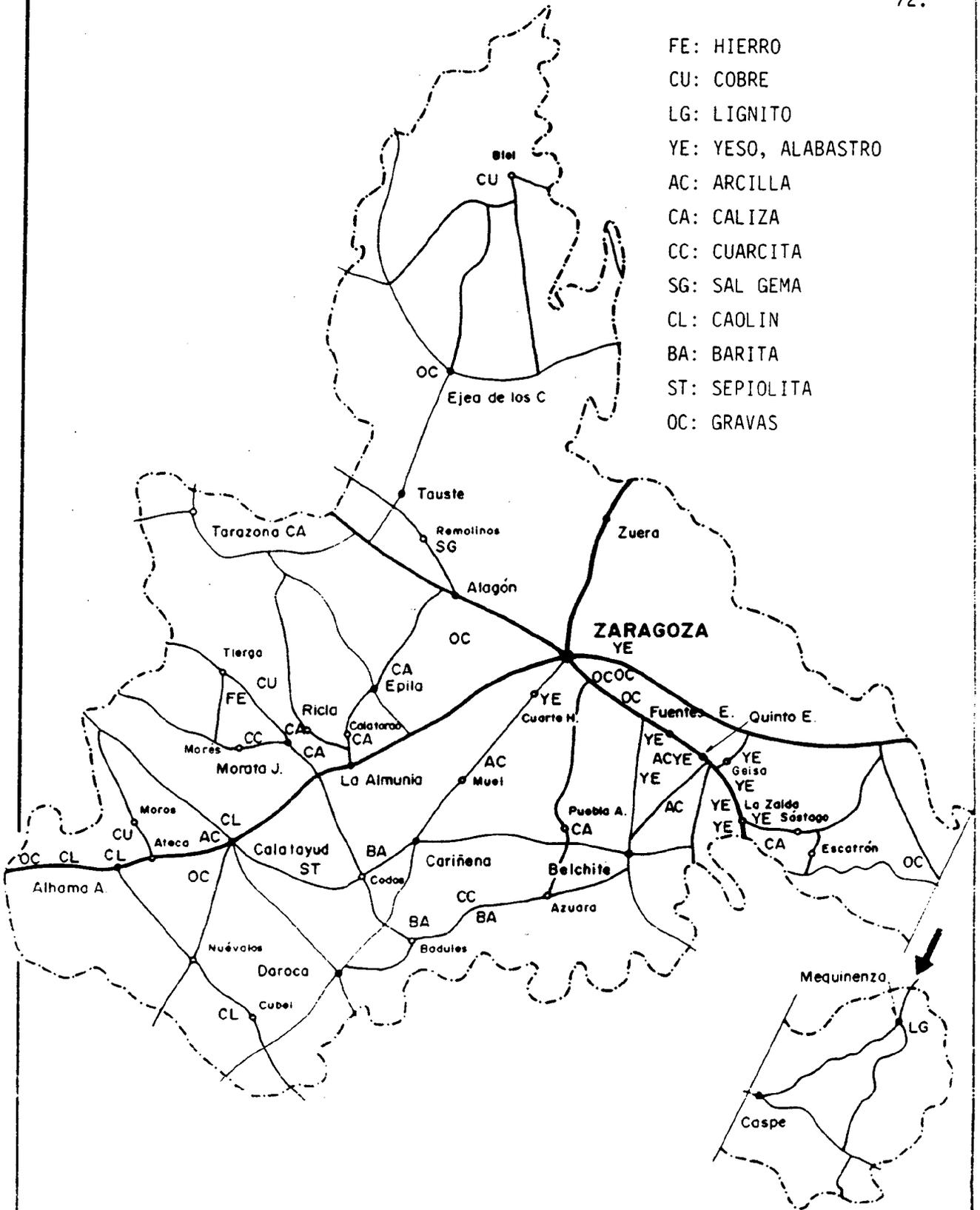


FIGURA Nº 7

MAPA DE LA PROVINCIA DE ZARAGOZA 1:1.000.000
MINERIA MAS RELEVANTE

ción como pigmentos naturales (ocre).

Por otra parte, existen indicios mineros de actividad en labores de interior, hoy paralizadas, sobre minería de Cobre, de los que los más relevantes por el volumen de sus escombreras están al norte de la provincia (Biel) y al oeste (en los términos municipales de Moros y Epila).

6.1.2.- Zona de Lignito

Se puede decir que en relación a este mineral corresponde la minería de mayor tradición en esta provincia. Se reduce a una sola zona en el término municipal de Mequinenza, en los límites con las provincias de Huesca, Lérida y Teruel, y ha mantenido una actividad de cierta consideración, aproximadamente constante en relación a la de esta minería en el conjunto del país.

Por otra parte, las perspectivas de desarrollo, por las reservas conocidas y posibles, así como por su posible consumo en la central térmica próxima de Escatrón por el procedimiento de combustión en lecho fluido, muy adecuado para estos carbones, son bastante optimistas, aunque sin olvidar los condicionantes estratégicos de otras fuentes energéticas para producción de energía eléctrica a nivel nacional, como energía nuclear, hidráulica, precios del petróleo, lignitos de otras zonas del país, etc.

6.1.3.- Zona de Yesos y Alabastros

Esta minería es la más importante de la provincia, en estos momentos, por el volumen y cantidad de estructuras residuales producidas. Está orientada, por un lado, hacia la producción de yesos de construcción, tanto en forma de yeso cocido como para prefabricados (en fábricas de las más importantes del país), en las zonas de Cuarte de Huerva y sobretodo en Gelsa y Quinto de Ebro, al este de la provincia. Por otra parte, y con mayor importancia desde el punto de vista de este estudio, por la cantidad y volumen de escombreras consecuentes, están las labores de arranque de alabastros ornamentales, centradas en los términos municipales de Fuentes de Ebro, Quinto, Velilla, La Zaida, Sástago, etc., en una zona a unos 50 km al sureste de la capital, y que se continúan en la zona límite de la provincia de Teruel.

6.1..4.- Zona de las Arcillas Especiales

Con un solo centro de arranque y tratatamiento (precocción, clasificación y envasado), pero de importancia tanto nacional como internacional, en Orera, cerca de Calatayud, al suroeste de la provincia, y con buenas perspectivas de continuidad por las características del yacimiento.

§.1.5.- Zona de la Sal Gema

También reducida a un solo término municipal, Remolinos, y en la que las labores mineras son de interior, sobre la masa de mineral, con lo que las escombreras son de reducidas dimensiones. Esta producción está orientada a la alimentación, tanto humana como animal.

§.1.6.- Zona de la Barita

Con unos cuantos centros productores (por labores de interior), hoy paralizados por la crisis de este subsector (en relación con la crisis coyuntural petrolífera), creadores de estructuras residuales muy pequeñas en una zona al sur de la provincia, en los términos municipales de Badules, Codos, etc.

§.1.7.- Zona del Caolín y Arcillas Cerámicas

Aunque de uso diferente, relacionados petrológica y genéticamente, los centros productores de estos minerales están en dos zonas de la provincia: una al suroeste (Alhama, Calatayud, Cubel, etc.) con producción de ambos minerales (aunque la de caolín esta paralizada en la actualidad), y otra al sureste, en la misma zona de los alabastros, orientados en la actualidad tanto a la fabricación de cerámica de construcción como a la de cementos.

6.1.8.- Zonas de los áridos

Dado el escaso valor de estos productos mineros utilizados como balastos y en la elaboración de aglomerados asfálticos y hormigones, los centros de consumo son los que condicionan la ubicación de los centros productores, ya sea sobre macizos rocosos y sobre materiales disgregados (aluviones, coluviones, etc.).

En esta provincia abundan las posibilidades sobre ambos tipos de yacimientos. Las canteras están situadas lo más cerca posible de la capital, estando las explotaciones sobre las terrazas del río Ebro, tanto al este como al oeste de la capital, mientras que las situadas sobre macizos rocosos (cuarcitas y calizas) lo están al suroeste: Epila, Calatorao, Ricla, Morés, Morata, Puebla de Albornón, etc. Se han incluido en este concepto las explotaciones de calizas utilizadas en la fabricación de cemento (Morata y Puebla), así como las empleadas, con mayor elaboración, como mampostería (Calatorao).

Este subsector minero tiene mayor inercia que los anteriores, es decir está menos expuesto a cambios bruscos de coyuntura, y se puede suponer su sostenimiento, y aún crecimiento en la actualidad.

6.2.- RESUMEN ESTADISTICO

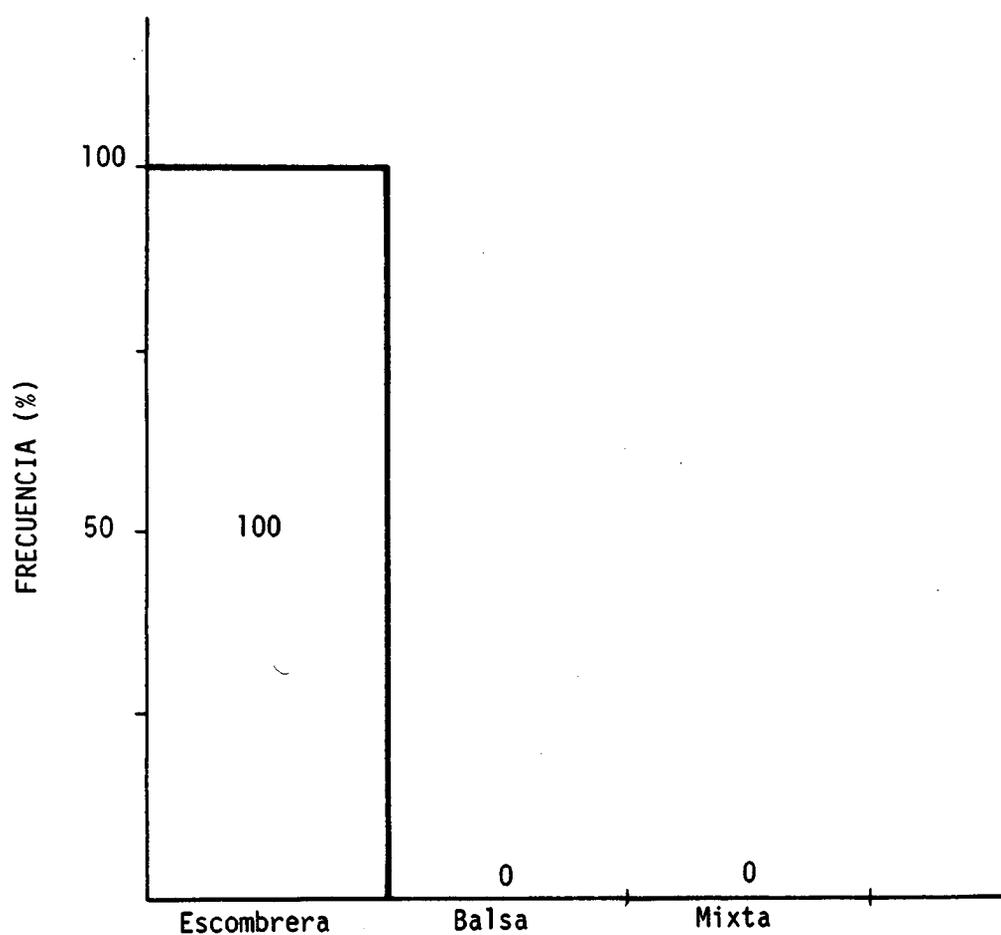
A continuación se realiza un análisis estadístico de los parámetros más importantes que definen las estructuras residuales mineras que se presentan en las correspondientes Fichas.

6.2.1.- Resumen por tipo de minería, estructura y estado

MINERIA	ESTRUCTURA			E S T A D O		
	ESCOMB.	BALSA	MIXTA	ACTIVA	PARADA	ABANDONADA
Hierro	2	-	-	-	-	2
Cobre	2	-	-	-	-	2
Lignito	31	-	-	6	4	21
San Gema	3	-	-	3	-	-
Barita	3	-	-	1	-	2
Sepiolita	2	-	-	1	1	-
Caolín	5	-	-	2	-	3
Alabastro	64	-	-	6	20	38
Yeso	16	-	-	9	3	4
Cuarcita	4	-	-	-	3	1
Caliza	36	-	-	11	5	20
Arcilla	25	-	-	10	4	11
Gravas	23	-	-	14	6	3
T O T A L	216	0	0	63	46	107

6.2.2.- Por TIPO DE ESTRUCTURA

	<u>Nº Estructuras</u>	<u>(%)</u>
Escombreras	216	100
Balsas	0	0
Mixtas	0	0
	<u>216</u>	<u>100</u>



TIPO DE ESTRUCTURA

FIGURA Nº 8

6.2.3.- Por SITUACION

	<u>Nº Estructuras</u>	<u>(%)</u>
Activas	63	29,2
Paradas	46	21,3
Abandonadas	107	49,5
	<u>216</u>	<u>100,0</u>

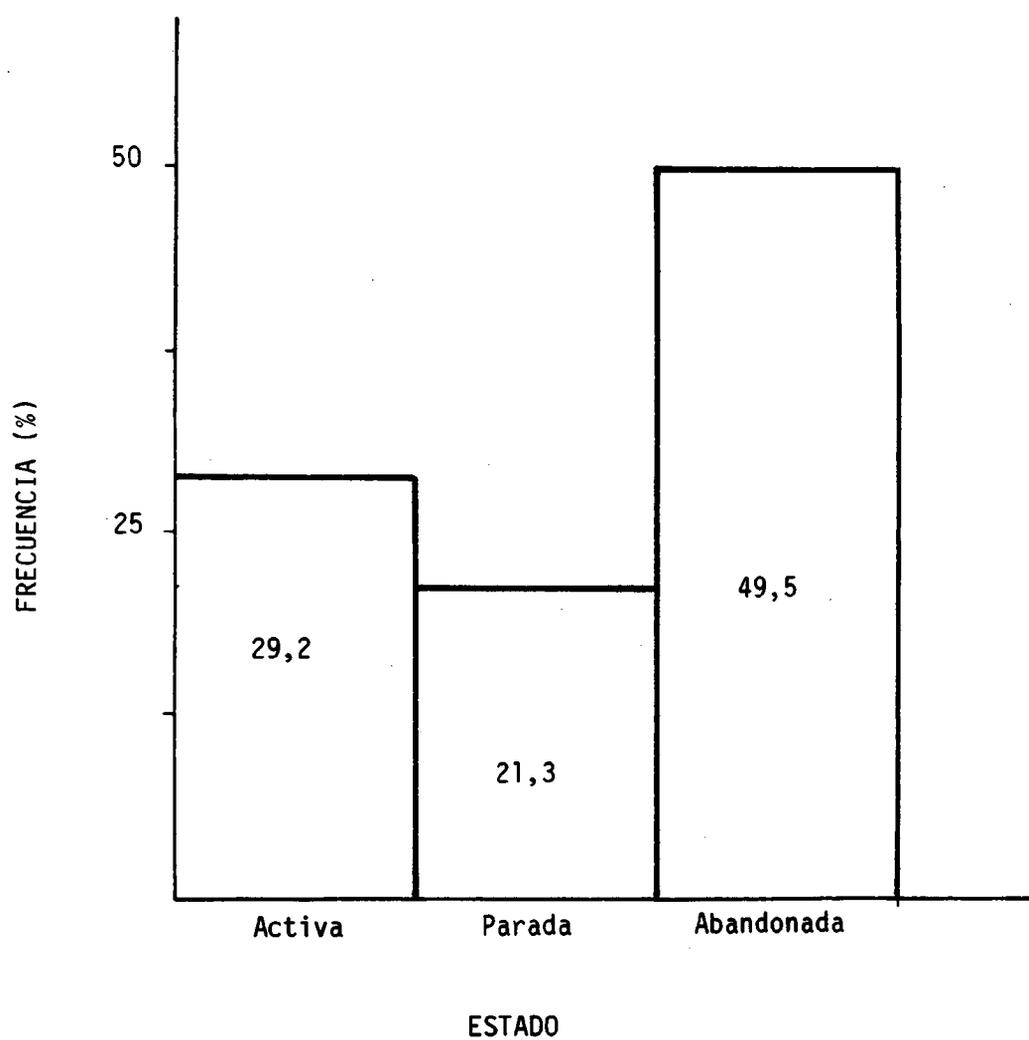


FIGURA Nº 9

6.2.4.- Por TIPOLOGIA

	<u>Nº Estructuras</u>	<u>(%)</u>
Ladera	94	43,5
Llanura	33	15,3
Vaguada	1	0,5
Ladera-Llanura	66	30,6
Ladera-Vaguada	22	10,1
	<u>216</u>	<u>100,0</u>

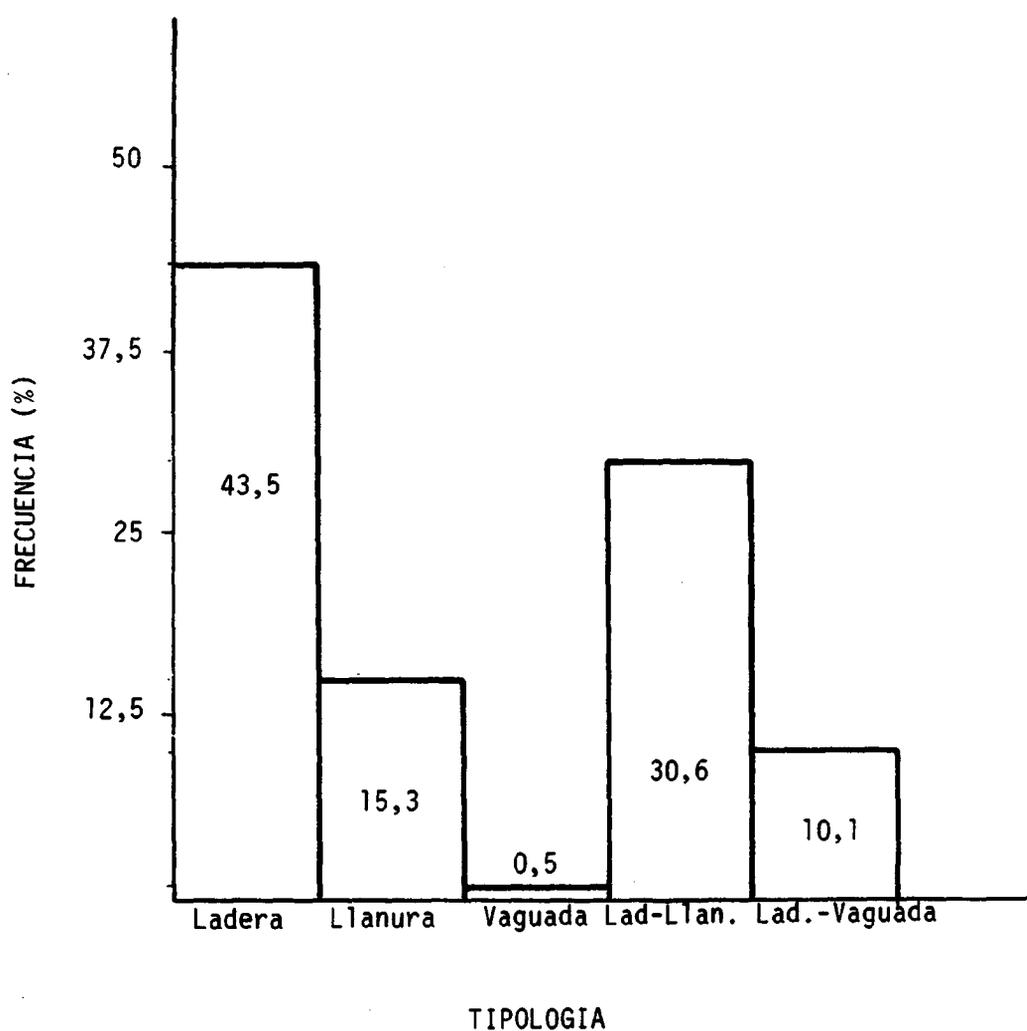


FIGURA Nº 10

6.2.5.- Por VOLUMEN (m³)

	<u>Nº Estructuras</u>	<u>(%)</u>
< 5.000	53	24,5
5.000 - 10.000	72	33,3
10.001 - 20.000	49	22,7
20.001 - 50.000	32	14,8
> 50.000	10	4,7
	<hr/> 216	<hr/> 100,0

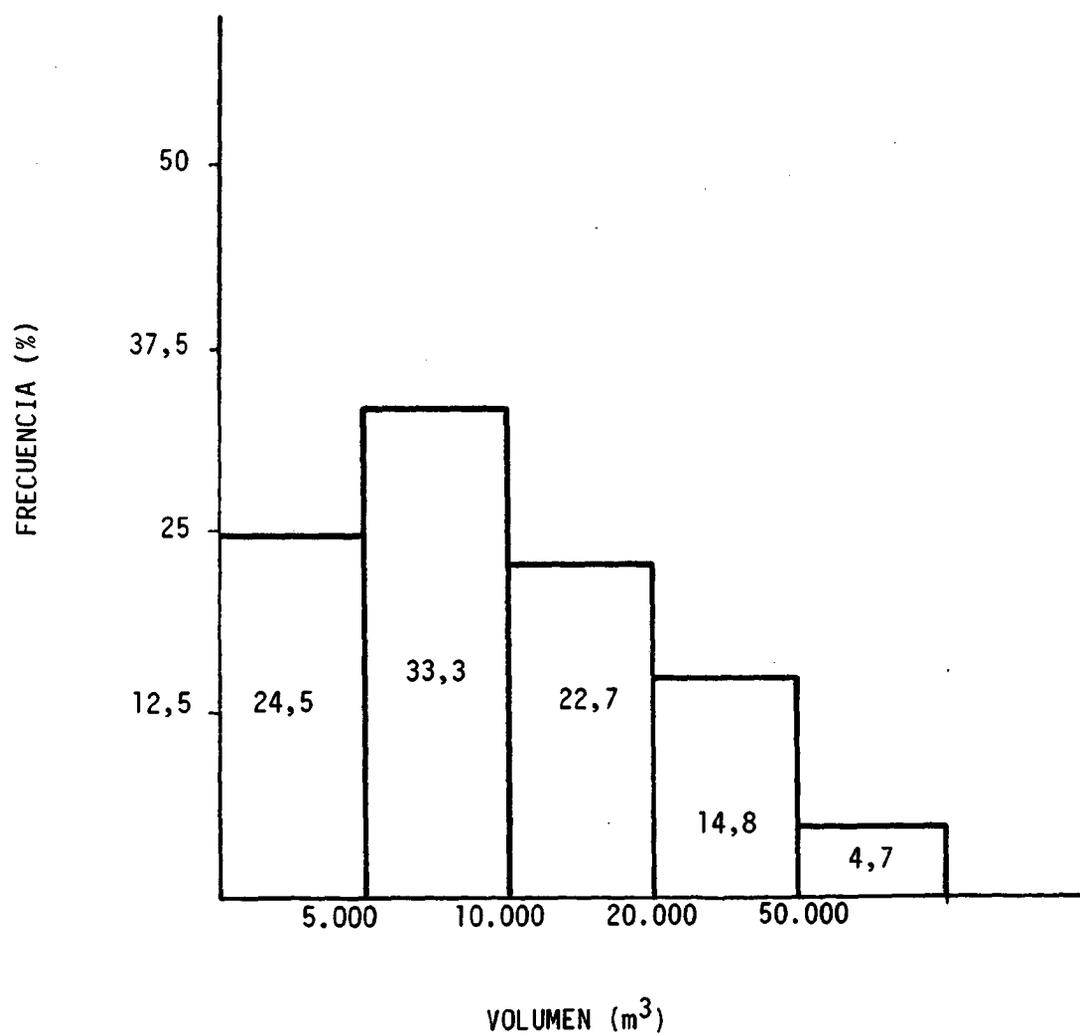


FIGURA Nº 11

6.2.6.- Por ALTURA (m)

	<u>Nº Estructuras</u>	<u>(%)</u>
< 5	35	16,2
5 - 10	116	53,7
11 - 20	56	25,9
21 - 30	6	2,8
> 30	3	1,4
	<u>216</u>	<u>100,0</u>

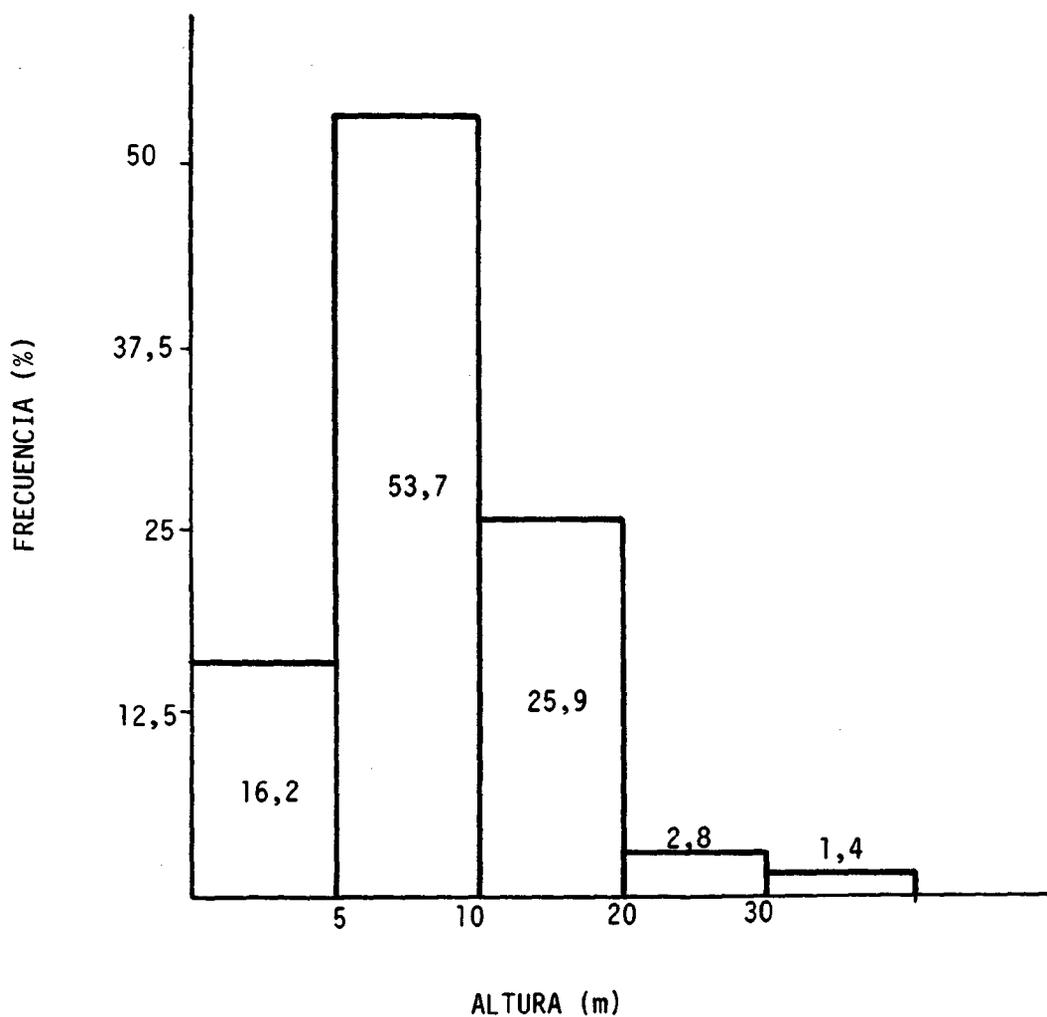
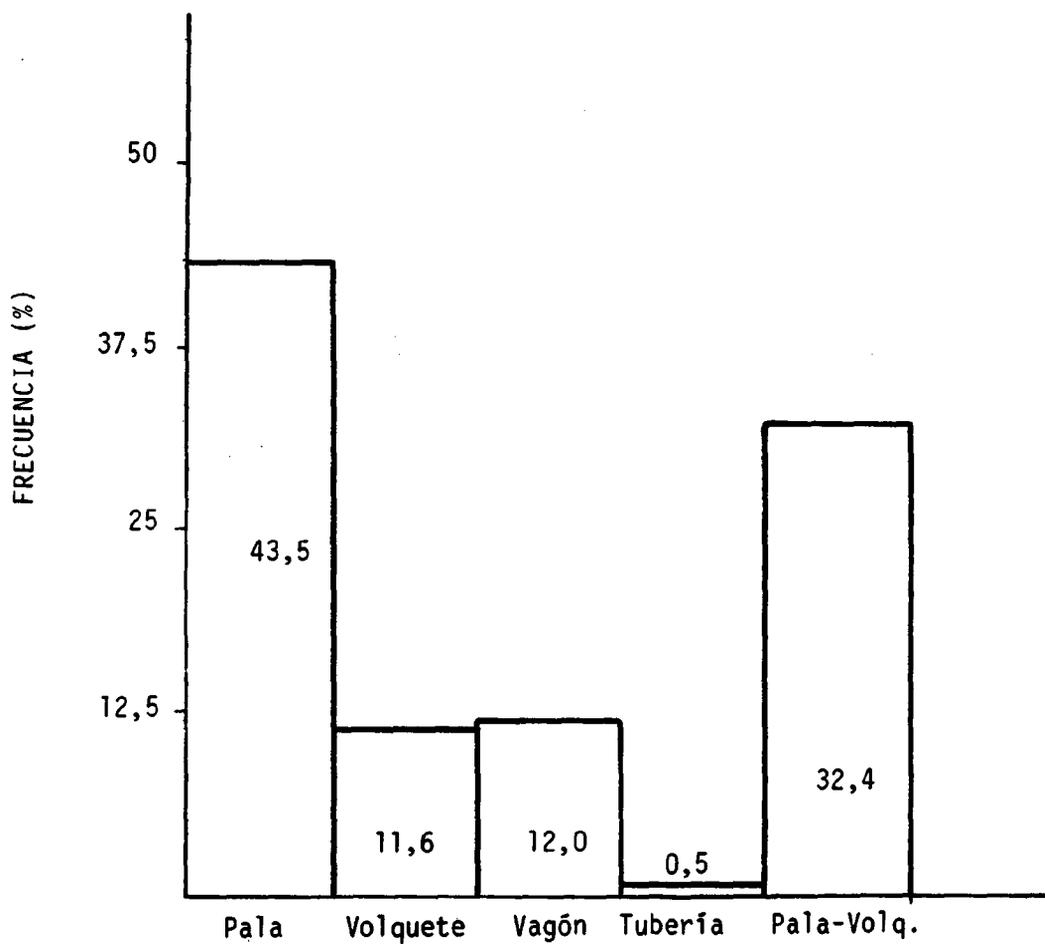


FIGURA Nº 12

6.2.7.- Por el sistema de VERTIDO

	<u>Nº Estructuras</u>	<u>(%)</u>
Pala	94	43,5
Volquete	25	11,6
Vagón	26	12,0
Tubería	1	0,5
Pala y Volquete	70	32,4
	<u>216</u>	<u>100,0</u>



SISTEMA DE VERTIDO

FIGURA Nº 13

6.3.- CARACTERISTICAS GENERALES

A continuación se comentan las características más importantes que definen las estructuras residuales mineras cuyos datos estadísticos se acaban de expresar, respecto de las facetas que condicionan su posible incidencia en el entorno en que se encuentran ubicadas: las que se refieren a su posible inestabilidad y a su impacto ambiental. Las posibles reutilizaciones por su valor minero, agrícola, forestal, para infraestructuras, etc., se comentarán en capítulo aparte.

Estas características son:

Litología

La litología de los residuos almacenados es, naturalmente, la de los materiales explotados y la de sus rocas de caja. En algunos casos, por su proximidad a centros industriales o a poblaciones, se añaden otros materiales de desecho como piezas metálicas, maderas, neumáticos, escombros de obra, basuras, etc.

Por ello, la litología de las estructuras, según el tipo de minería, es:

- Yeso y alabastro. Las labores mineras en relación con la extracción de yesos, tanto para su empleo en la industria de la

construcción como para su uso ornamental, en las variedades alabastrinas, son las más importantes en esta provincia, desde el punto de vista de este estudio, por la creación de muchas e importantes estructuras residuales.

En el primer caso, los residuos abandonados provienen de las monteras arcillosas y de las fracciones contaminadas con finos producidas en los procesos de arranque, trituración y clasificación. En el segundo, de las monteras arcillosas y de los estratos (igualmente arcillosos) intercalados entre las capas de alabastros de



FOTO N° 1: Residuos de minería de lignito. En el centro, antigua escombrera en autoignición.

valor ornamental. En ambos, estos materiales arcillosos están contaminados con yesos, en mayor o menor proporción, y variada granulometría, siendo, en general, mayor el contenido en yesos en las escombreras procedentes de la explotación de materia prima para la construcción, y de mayor granulometría (con frecuencia tamaños mayores de 50 cm) en las procedentes de las explotaciones para uso ornamental.

En definitiva, la litología de los residuos almacenados en las estructuras de esta minería está formada por yesos y arcillas, predominando éstas. (Fotos 2 y 3).



FOTO N° 2: Escombrera de albastró. Detalle de granulometría (finos predominantes y segregaciones de tamaño escollera).

- Lignito. La minería de este carbón, en esta provincia, tiene cierta consideración, y aceptables perspectivas de mantenimiento y aún de desarrollo, por lo que continuará creando estructuras residuales. Afortunadamente, las explotaciones son de interior, por lo que el volumen de residuos es reducido, pero se está imponiendo en los últimos años un método de explotación (cámaras y pilares, poco corriente en carbón) que lleva consigo una gran dilución del mineral, con lo que aumentan la importancia de los lavaderos y de las escombreras (y balsas) de estos.



FOTO N° 3: Detalle de vegetación espontanea en talud de escombrera de alabastro.

En este sentido, existe una apreciable diferencia entre la litología y granulometría de las escombreras procedentes de las explotaciones antiguas y de las modernas. En las antiguas los residuos proceden de las labores preparatorias (a muro de las capas, aprovechadas una a una), y son calizas o margocalizas de tamaño medio (10-30 cm) y lajas, correspondientes a estratos poco potentes, tableados. (FOTO N° 1).

En las modernas, por el contrario, junto a las calizas que forman la caja, arrancadas en el todo-uno con una granulometría parecida a la anterior, vienen fracciones finas abundantes con margas más o menos arcillosas y lignito pulverizado, que ennegrece el conjunto de los residuos. Estas fracciones finas estériles son los materiales desechados en los lavaderos.

- Sepiolita. A pesar de existir una sola explotación, y reciente, ya tiene importancia internacional y buenas posibilidades de mantenimiento en este subsector puntero de la minería española. Con unas buenas prácticas de restauración de escombreras y manejando materiales poco activos, se puede decir que su incidencia en el entorno es mínima. (Foto N^o 4).



FOTO N^o 4: Detalle de vegetación cultivada en talud de escombrera de la mina de Sepiolita.

Los materiales desechados son los que acompañan a los estratos de arcillas especiales en las series fundamentalmente arcillosas que constituyen el yacimiento. Es decir, los residuos son arcillas de menor valor, y en algunos casos, margas más o menos calcáreas.

- Hierro y cobre. La litología de los residuos de la minería metálica de esta provincia, reducida en la actualidad a la producción de una pequeña cantidad de pigmentos naturales (ocre) por minería de interior, es la de sus rocas de caja; es decir, cuarcitas y pizarras, en la de hierro, y dolomías o calizas, en la de cobre.

- Sal Gema. En esta provincia existen explotaciones de interior sobre importantes paquetes de evaporitas, cuyos residuos, por el método de explotación y por el uso del mineral (alimentación, animal y humana), son las fracciones ligeramente contaminadas por labores de manipulación o que acompañan a la mena como yesos, arcillas, etc. Es decir, están constituidos, fundamentalmente, por la propia Sal gema.

- Barita. Las escasas y pequeñas explotaciones de esta roca industrial producen residuos procedentes de las labores preparatorias de la extracción, así como fracciones mixtas contaminadas con las rocas de caja. Estas últimas son cuarcitas y pizarras.

- Caolín. Las antiguas y reducidas explotaciones de este mineral, tanto en los frentes de arranque como en las plantas

de tratamiento, abandonaron residuos típicos de las facies de yacimientos secundarios: arenas finas, fundamentalmente silíceas (aunque con contenidos en feldespatos y micas) y caolín más o menos contaminados con arcillas, óxidos de hierro, etc. La granulometría es por tanto, fina.

- Calizas, cuarcitas, gravas. En las explotaciones, de estas rocas, orientadas a la producción de áridos para hormigones, aglomerados asfálticos, balastos, bases para firmes, mampostería más o menos elaborada, etc., se producen siempre residuos que proceden de los desmontes previos (normalmente arcillosos), fracciones mixtas (con finos y con arcillas) y fracciones clasificadas de la propia roca que se producen en el proceso de clasificación a mayor velocidad que la de la demanda del mercado, y que se acumulan en las plazas de las plantas (normalmente a pié de cantera), formando a veces estructuras importantes. Evidentemente, la litología de los residuos es la propia de la roca aprovechada.

Color

La litología de los materiales almacenados en las estructuras residuales condiciona factores tan importantes como su alterabilidad (y posibilidad de adaptación natural al entorno), posible cultivo, agrícola o forestal y, sobretodo, la capacidad de contaminación eólica y/o pluvial, que es uno de los factores más negativos de acción prolongada y difíciles de evitar, si no se ha elegido una

muy BLANCOS correspondientes a los de alabastros (Foto nº 5) y caolín. En todos los casos los tonos más intensos se producen en las estructuras en que el contenido en mena es importante, aunque los procesos de meteorización (e integración cromática en el entorno) son más acelerados sobre los yesos y arcillas (incluido el caolín).

Tipo de estructura

La estructura residual producida en una explotación minera depende del grado de tratamiento de la mena, así como del método de explotación empleado.

En la provincia de Zaragoza, con una minería puramente extractiva, incluso en los años pasados de apogeo de la minería metálica



FOTO Nº 6: Escorias y cenizas de lignito en la Central Térmica de Escatrón.

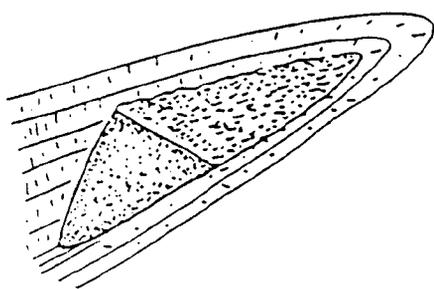
en el país, fundamentalmente sobre rocas industriales, a pequeña escala y con bajo nivel de tratamiento, no se han creado estructuras residuales para finos (Balsas). Ni siquiera en el lavadero de carbón activo en la actualidad se almacenan los estériles en balsas. Todas las estructuras inventariadas, de mayor o menor volumen, son escombreras, es decir, no ha sido necesario construir un muro que soporte el empuje de los residuos y de las aguas, propias o de lluvia.

Estado

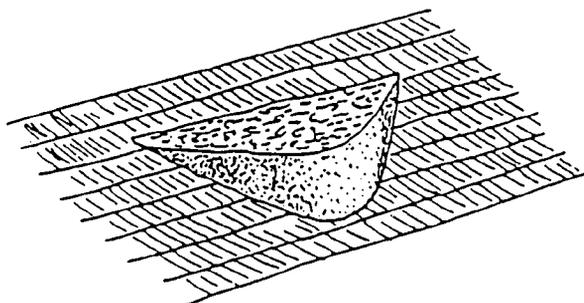
Las estructuras reflejadas en las fichas-inventario presentan la situación siguiente: 63 (29,2 %), activas; 46 (21,3 %), paradas y 107 (49,5 %), abandonadas. Esta situación es debida, a grandes rasgos, a la existencia de un buen número de estructuras de la antigua minería de lignito, con puntos de arranque próximos pero de pequeña importancia; y a las características de la minería de los alabastros ornamentales, en que la iniciación de una explotación es muy fácil (solo es necesario un bulldozer y en un día se han arrancado miles de metros cúbicos de materiales), y las oscilaciones de su mercado dan lugar a un gran número de puntos de arranque con actividad intermitente.

Tipología

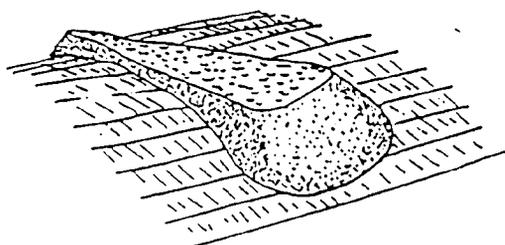
La tipología de las estructuras mineras es un factor fundamental



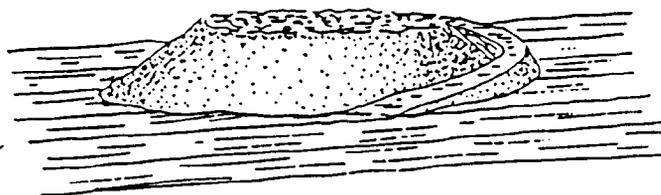
EN VAGUADA



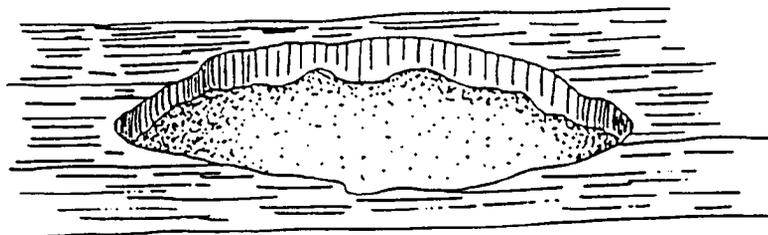
EN LADERA



EN DIVISORIA



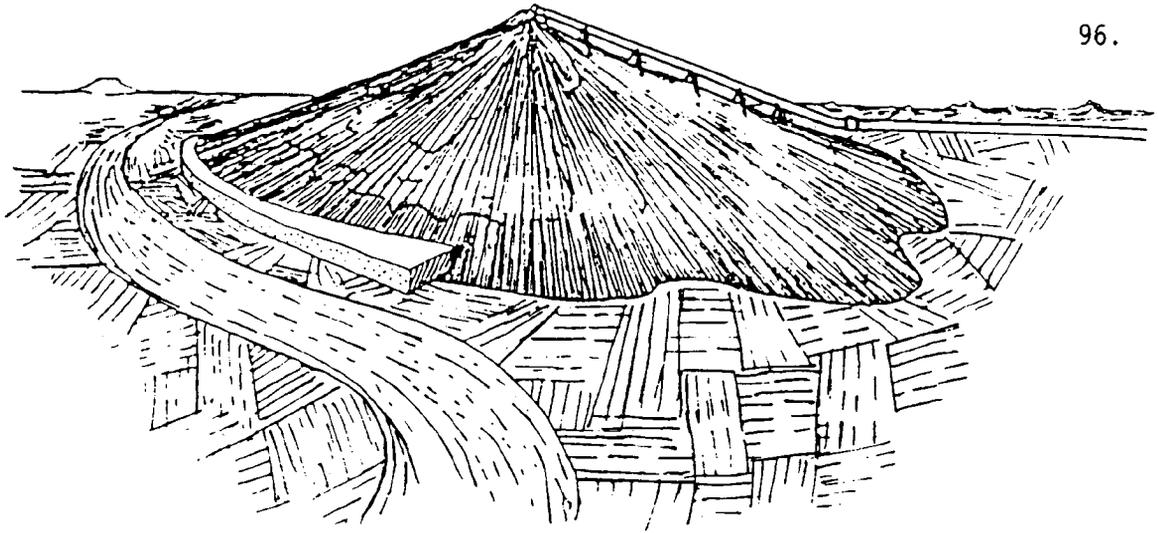
EN LLANO



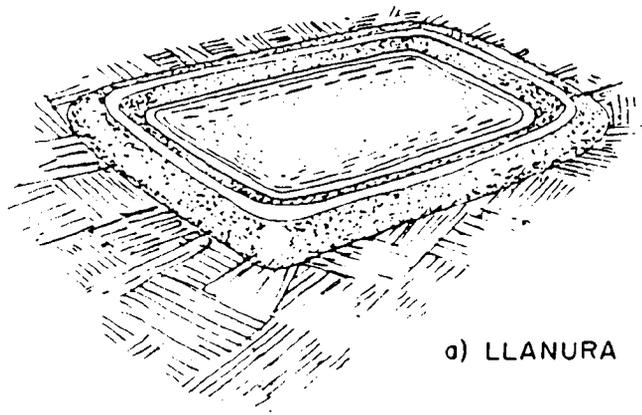
RELLENO DE CORTA

FIGURA N° 14: TIPOLOGIA DE ESCOMBRERAS

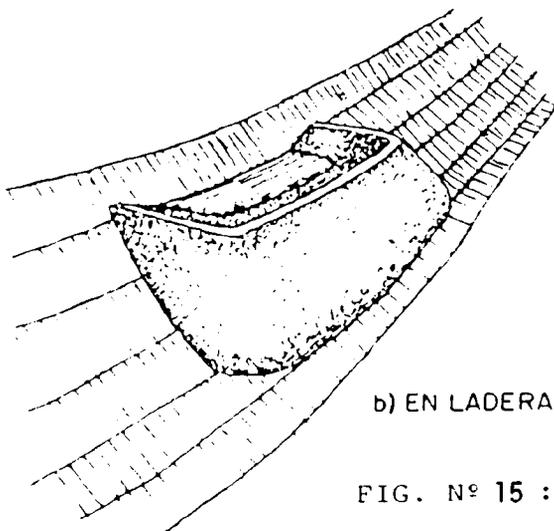
FUENTE: IGME. Manual de escombreras y presas de residuos mineros.1986.



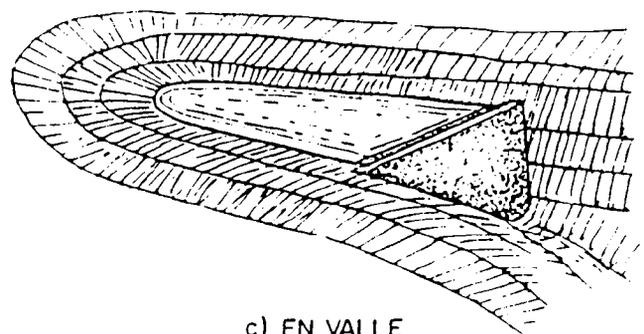
DESCARGA ESPESADA



d) LLANURA



b) EN LADERA



c) EN VALLE

FIG. N° 15 : TIPOLOGIA DE BALSAS

FUENTE: ICME. Manual de escombreras y presas de residuos mineros.1986.

condicionante de su estabilidad, así como de su posible impacto ambiental, por su visibilidad y contaminación de acuíferos superficiales.

Los tipos más frecuentes son los representados en las figuras siguientes, a los que hay que añadir los tipos mezclados de los prototipos reflejados.

En la provincia de Zaragoza predominan las estructuras sobre Ladera (94; 43,5 %). Si a estas sumamos los tipos mixtos Ladera-Llanura (66; 30,6 %) y Ladera-Vaguada (22; 10,1%), tenemos el 85% del total de las estructuras inventariadas. Ello es consecuencia lógica de la topografía accidentada del terreno en que se encuentran, aunque, entre ellas, es más suave la correspondiente a las estructuras de las minerías de yesos, alabastros y arcillas, que son mayoría en la provincia.

Volumen

Es importante tener en cuenta el volumen de residuos almacenados, pues ante un posible fallo de estabilidad las consecuencias negativas serán proporcionales a su volumen.

En comparación con las estructuras residuales de otras provincias, las existentes en la provincia de Zaragoza son pequeñas: 125 (57,8 %), tienen menos de 10.000 m³ y solo 10 (4,7%), tienen

más de 50.000 m³. Esta situación corresponde a la escasa importancia de la minería de la provincia, en la que ningún subsector está representado por alguna explotación relevante.

Altura

La altura de una estructura, es decir el nivel tensional soportado en cada punto de su talud, es otro factor condicionante de la estabilidad, que obliga a aumentos proporcionales de su coeficiente de seguridad.

Igualmente que ocurre con el volumen, con cuyo parámetro de altura está relacionada (junto con la topografía), en la provincia de Zaragoza predominan las estructuras de poca altura: 151 (69,9%), tienen 10 m como máximo; 207 (95,8%), igual o menos de 20 m y solamente 3 (1,4%), más de 30 m de altura.

Sistema de vertido

Finalmente, se ha considerado este factor condicionante de la estabilidad de las estructuras, por estar relacionado con los factores de granulometría y compresibilidad, y por lo tanto con la cohesión y permeabilidad y, en definitiva, con los parámetros resistentes de las estructuras residuales.

La maquinaria moderna empleada en la minería a cielo abierto

es capaz de cargar y transportar grandes tamaños (varios m^3), evitando su trituración, mientras que en las minas antiguas de interior los residuos de las labores preparatorias suelen ser de granulometría media y homogéneas. Naturalmente, los residuos de las instalaciones mineroindustriales, transportados por canales y tuberías, son necesariamente finos.

En la minería de esta provincia predomina el transporte de residuos con pala (o bulldozer), que representa el 43,5% del total; si le sumamos el sistema mixto pala-volquete se tienen 164 (75,9%), lo que prueba la reducida distancia recorrida por los residuos desde su frente de arranque. Otro sistema empleado en la minería abandonada de lignito es el de vagón (26; 12%), transportando por la galería al muro de la capa hasta la bocamina, en que se realiza la escombrera. Hay una sola instalación en que se transportan los residuos (mineroindustriales en este caso) por tubería hasta la escombrera: en la Térmica de Escatrón.

7.- CONDICIONES DE ESTABILIDAD

Una de las justificaciones de este trabajo es, por una parte, prevenir las posibles consecuencias del colapso total o parcial de una estructura minera importante sobre instalaciones industriales, residenciales y sobre todo, sobre las personas; y por otra, investigar técnicas de diagnóstico y de implantación, a fin de crear criterios con que diseñar, construir y controlar en vida y abandonadas, dichas estructuras residuales minera.

La producción de accidentes graves por estas causas, con mayor frecuencia de la deseable, recuerda constantemente que el factor negativo fundamental a considerar es la posible inestabilidad, junto al volumen afectado por la misma que dará idea de la magnitud de las posibles consecuencias del colapso. Sin olvidar los demás aspectos considerados al hablar de la Metodología del presente trabajo, como son el impacto ambiental producido lenta pero imparablemente sobre su entorno, y el posible valor minero de los residuos almacenados.

Los criterios para obtener un diagnóstico objetivo fueron analizados en dicho capítulo de Metodología, por lo que en este se referirán exclusivamente las FORMAS de inestabilidad observadas

en las estructuras inventariadas en la provincia de Zaragoza, así como sus posibles CAUSAS. En capítulo aparte se analizan las medidas correctoras aconsejables para evitar y paliar el crecimiento excesivo de estas manifestaciones.

7.1.- FORMAS Y CAUSAS DE INESTABILIDAD

Las estructuras residuales inventariadas en la provincia de Zaragoza, en general poco voluminosas, constituidas con buena proporción de finos y con muy escasas prácticas de restauración, pueden ser consideradas como sensibles (como se aprecia en ellas) a determinados signos de inestabilidad.

La climatología, de tipo continental, con fuertes oscilaciones termométricas, pluviometría reducida pero con carácter torrencial frecuentemente, es un factor condicionante de primer orden.

Dichos factores predominación de granulometrías finas (sobreto do en las estructuras procedentes de las mineras de yesos, alabastros y lignitos), y carácter torrencial de las precipitaciones, facilitan la erosión de taludes y superficies por disolución y arrastres, con socavaciones de pie, provocación de pequeños deslizamientos y contaminación de las aguas afectadas.

Estos efectos negativos se ven suavizados por las aceptables (en general) condiciones de implantación de las estructuras,

de forma que ni por la pendiente del sustrato en que se apoyan, ni por el volumen almacenado, son de temer deslizamientos importantes que pudieran afectar a instalaciones industriales, carreteras o centro de población.



FOTO N° 11: Inestabilidad (y pequeñas bermas para reducirlas) en escombrera de lignito en Mequinenza.

Las formas de inestabilidad más frecuentemente presentes en las estructuras residuales de esta provincia, son:

- erosiones y cárcavas
- socavación de pié
- deslizamientos
- socavación mecánica

Se ha intentado dar en el cuadro n° 5 , que se presenta a continuación, una visión global de la situación de las estructuras mineras respecto de sus condiciones de estabilidad. Para ello se ha diseñado esta matriz en la que en la columna de la izquierda se enumeran todos los subsectores mineros presentes en la provincia, y en las demás los diferentes signos de inestabilidad observados, expresados en tres grados de importancia (10%, 10-50% y 50%, o si se quiere pequeña, mediana y grande), en los que se integran tanto el número de estructuras (de cada minería) afectadas, como el grado de afectación de las mismas.

De esta forma es posible interpretar rápidamente cuales son los signos de inestabilidad más frecuentemente presentes, cuál es el grado de importancia para cada tipo de minería y cuál es el específico de algún subsector.

Según el cuadro siguiente se puede apreciar que, en la provincia

de Zaragoza:

- El signo de inestabilidad más frecuente y presente en un grado más importante, es el que constituyen las erosiones y cárcavas de superficies, producidas por aguas de lluvia. Asimismo, que las mineras en que es más importante son las de albastrós, yesos y arcillas.

- La socavación del pié de las estructuras, producido cuando éstas invaden cauces (permanentes o intermitentes), no es muy frecuente.

- Los deslizamientos se producen en un grado bajo también, y en las estructuras en que predominan los finos, de forma que las erosiones facilitan pequeños deslizamientos en un proceso de destrucción continuo. También se producen en las que la mezcla de granulometrías facilita un talud de vertido superior al estable y, cuando está saturado de agua, el aumento de peso y la presión hidrostática empujan hacia un talud más suave.

- Finalmente, la socavación mecánica se presenta en las estructuras relacionadas con la minería en que se practica la recuperación de los materiales como en las de áridos y lignito.

CUADRO N° 5 : Inestabilidades más frecuentes

MINERIA	Erosiones y cárcavas			Socavación de pié			Deslizamientos			Socavación mecánica		
	10%	10-50%	50%	10%	10-50%	50%	10%	10-50%	50%	10%	10-50%	50%
Hierro		x										
Cobre	x											
Lignito		x		x				x			x	
Sal Gema	x											
Barita	x											
Sepiolita	x											
Caolín		x								x		
Alabastro			x	x			x					
Yeso			x	x			x					
Cuarcita		x								x		
Caliza	x									x		
Arcilla			x	x						x		
Gravas		x										x

8.- ANALISIS DEL IMPACTO AMBIENTAL

8.1.- CRITERIOS GENERALES

El crecimiento exponencial en los últimos dos siglos y sobre todo en el último, de las actividades mineras y mineroindustriales, para abastecer de materias primas a otros procesos industriales de crecimiento paralelo, fundamentalmente en los países desarrollados, ha dado lugar a una tan amplia gama y de tan fuerte acción sobre los entornos ecológicos en que se implantan, que ha llegado a hacer dudar de las ventajas de un desarrollo tan rápido, pues todas las consecuencias negativas de estas acciones no son fáciles de calcular y prever, y muchas de ellas tienen una acción lenta pero duradera.

Hay tantos ejemplos en la historia reciente de la minería de impactos fuertes sobre los sistemas biológicos naturales, produciendo deforestaciones, contaminaciones de acuíferos hasta hacer difícil todo tipo de vida, vegetal o animal, transformaciones geomorfológicas afectando a grandes áreas o a otras pequeñas pero de gran interés, etc., que han producido gran cantidad de partidarios de un control rigurosísimo de las actividades mineras, hasta el punto de hacerlas casi inviables.

Actualmente, la tendencia en los países más desarrollados,

respecto del impacto ambiental producido por todas las actividades mineras o industriales, en que se procesan materias primas o semielaboradas y se vierten residuos al entorno, es aceptar la necesidad de tales procesos, mantenedores del nivel de desarrollo al que nadie quiere renunciar, y minimizar, con un nivel técnico equivalente al del propio proceso productor, las consecuencias de la incidencia de los residuos sobre su entorno.

Para ello se debe empezar por una planificación correcta de la explotación, incluyendo la de la reducción del impacto producido por las estructuras residuales, y hasta de su integración en el entorno, realizada a la vez que el avance de la explotación de forma que al finalizar la misma, el coste de la restauración sea mínimo.

La importancia y naturaleza de los problemas generados por la actividad minera están relacionados con el tipo y magnitud de la mina, volumen de estériles, los tipos de plantas de tratamiento, los aspectos geográficos, físicos y humanos, las condiciones climatológicas, la naturaleza de la mena, los medios de transporte utilizados, etc. Por tanto, las posibilidades de impacto ambiental son variadas y complejas, y por ello difíciles de sistematizar y evaluar.

Sin embargo, la variable fundamental a cuantificar es la alteración en el medio o alguno de los componentes del medio,

de una acción o actividad. Desde una perspectiva global se han de abarcar dos grandes aspectos: el ecológico, principalmente orientado hacia los estudios de impacto físico y gebiofísico, y el humano, que contempla las facetas socioeconómicas y culturales.

El fin primordial de las evaluaciones de impacto ambiental es el de la previsión, y estas evaluaciones pueden ser de aplicación integral o parcial, a distintas alternativas de un mismo proyecto, actividad o acción, a distinto grado de aproximación de unos estudios o a distintas fases de un proyecto, pudiéndose contemplar



FOTO N° 7: Impacto visual producido por escombreras de alabastro en Sástago.

asimismo impactos globales o solamente parciales.

Los principales tipos de factores de impacto ambiental producidos por las actividades mineras y mineroindustriales, fueron analizados en el capítulo de Metodología del trabajo, pero podemos añadir los siguientes:

a) Impacto visual y alteración del paisaje

Son los más difíciles de cuantificar, aunque sí describir



FOTO N° 8: Conjunto de explotaciones de alabastro ocupando un lugar próximo a pueblo (Fuentes de Ebro) y carretera, pero no muy visible desde ellos.

las estructuras en términos visuales por los elementos básicos de color, forma, línea, textura, escala y espacio. (Fotos nºs 7, 8 y 9).

b) Contaminación de aguas superficiales y subterráneas

Con incorporación de sustancias tóxicas de origen orgánico o inorgánico, disueltas o en suspensión, que producen cambios en sus propiedades físicas y químicas, y destruyen los sistemas biológicos naturales. (Foto nº 10).



FOTO Nº 9: Explotación de áridos en la ribera del río Ebro (El Burgo de Ebro).

En este sentido citamos a continuación las recomendaciones mencionadas por F.J. Ayala y J.M. Rodríguez en el texto reciente "Manual para el diseño y construcción de escombreras y presas de residuos mineros". IGME (en la actualidad ITGE). 1986.

A este respecto, el Decreto 2.414/1961 de 30 de Noviembre (B.O.E. de 7 de Diciembre) regulaba los límites de toxicidad de las aguas a verter a cauces públicos. Posteriormente el Real Decreto 1.423/1982 de 18 de Junio (B.O.E. del 29 de Junio), establecía los límites máximos tolerables en aguas de consumo



FOTO Nº 10: Ocupación de un cauce intermitente por escombrera de alabastro en Fuentes.

público. En el Cuadro nº 4 se dan los niveles indicados por ambas reglamentaciones. En el futuro deberá tenerse en cuenta lo que dispongan el Reglamento de la Ley de Aguas y la Ley del Medio ambiente.

La Tabla nº 1 indica los parámetros característicos que se deben considerar, como mínimo, en la estima del tratamiento del vertido.

CUADRO N° 6

CONCENTRACIONES MAXIMAS TOLERABLES EN AGUAS
DE CONSUMO PUBLICO EN ESPAÑA

Componente	Máx. tolerable mg/l	
	D. 2.414/61	R.D. 1.423/82
Plomo (expresado en Pb)	0,1	0,05
Arsenico (expresado en As)	0,2	0,05
Selenio (expresado en Se).....	0,05	0,02
Cromo (expresado en Cr hexavalente)	0,05	0,05
Cromo (libre y potencialmente libe- rable, expresado en Cr)	1,5	0,35
Acido cianhídrico (expresado en Cn)	0,01	0,05
Fluoruros (expresado en F)	1,50	1,50
Cobres (expresado en Cu)	0,05	1,50
Hierro (expresado en Fe)	0,10	0,20
Manganeso (expresado en Mn)	0,05	0,05
Compuestos fenólicos (expresado en Fenol)	0,001	0,001
Cinc (expresado en Zn)		5,00
Fosforo (expresado en P)		2,15
" " (expresado en P ₂ O ₅)		5,00
Cadmio (expresado en Cd)		0,005
Mercurio (expresado en Hg)		0,001
Niquel (expresado en Ni)		0,050
Antimonio (expresado en Sb)		0,010
Radioactividad	100 pCi/l	

FUENTE: B.O.E.

Tabla 1. Parámetros característicos a considerar en la estima del tratamiento del vertido. ^{114.}

Parámetro Unidad	Nota	Valores límites		
		Tabla 1	Tabla 2	Tabla 3
pH	(A)	Comprendido entre 5,5 y 9,5		
Sólidos en suspensión (mg/l)	(B)	300	150	80
Materias sedimentables (ml/l)	(C)	2	1	0,5
Sólidos gruesos	-	Ausentes	Ausentes	Ausentes
D.B.O.5 (mg/l)	(D)	300	60	40
D.Q.O. (mg/l)	(E)	500	200	160
Temperatura (°C)	(F)	3°	3°	3°
Color	(G)	Inapreciable en disolución:		
		1/40	1/30	1/20
Aluminio (mg/l)	(H)	2	1	1
Arsénico (mg/l)	(H)	1,0	0,5	0,5
Bario (mg/l)	(H)	20	20	20
Boro (mg/l)	(H)	10	5	2
Cadmio (mg/l)	(H)	0,5	0,2	0,1
Cromo III (mg/l)	(H)	4	3	2
Cromo VI (mg/l)	(H)	0,5	0,2	0,2
Hierro (mg/l)	(H)	10	3	2
Manganeso (mg/l)	(H)	10	3	2
Níquel (mg/l)	(H)	10	3	2
Mercurio (mg/l)	(H)	0,1	0,05	0,05
Plomo (mg/l)	(H)	0,5	0,2	0,2
Selenio (mg/l)	(H)	0,1	0,03	0,03
Estaño (mg/l)	(H)	10	10	10
Cobre (mg/l)	(H)	10	0,5	0,2
Cinc (mg/l)	(H)	20	10	3
Tóxicos metálicos	(J)	3	3	3
Cianuros (mg/l)	-	1	0,5	0,5
Cloruros (mg/l)	-	2.000	2.000	2.000
Sulfuros (mg/l)	-	2	1	1
Sulfitos (mg/l)	-	2	1	1
Sulfatos (mg/l)	-	2.000	2.000	2.000
Fluoruros (mg/l)	-	12	8	6
Fósforo total (mg/l)	(K)	20	20	10
Ídem	(K)	0,5	0,5	0,5
Amoniaco (mg/l)	(L)	50	50	15
Nitrógeno nítrico (mg/l)	(L)	20	12	10
Aceites y grasas (mg/l)	-	40	25	20
Fenoles (mg/l)	(M)	1	0,5	0,5
Aldehidos (mg/l)	-	2	1	1
Detergentes (mg/l)	(N)	6	3	2
Pesticidas (mg/l)	(P)	0,05	0,05	0,05

NOTAS:

General.-Cuando el caudal vertido sea superior a la décima parte del caudal mínimo circulante por el cauce receptor, las cifras de la tabla 1 podrán reducirse en lo necesario, en cada caso concreto, para adecuar la calidad de las aguas a los usos reales o preveibles de la cornete en la zona afectada por el vertido.

Si un determinado parámetro tuviese definidos sus objetivos de calidad en el medio receptor, se admira que en el condicionado de las autorizaciones de vertido pueda superarse el límite fijado en la tabla 1 para tal parámetro, siempre que la dilución normal del efluente permita el cumplimiento de dichos objetivos de calidad.

(A) La dispersión del efluente a 50 metros del punto de vertido debe conducir a un pH comprendido entre 6,5 y 8,5.

(B) No atraviesan una membrana filtrante de 0,45 micras.

(C) Medidas en cono Imhoff en dos horas.

(D) Para efluentes industriales, con oxidabilidad muy diferente a un efluente doméstico tipo, la concentración límite se referirá al 70 por 100 de la D.B.O. total.

(E) Determinación al bicromato potásico.

(F) En nos, el incremento de temperatura media de una sección fluvial tras la zona de dispersión no superará los 3° C.

En lagos o embalses, la temperatura del vertido no superará los 30° C.

(G) La apreciación del color se estima sobre 10 centímetros de muestra diluida.

(H) El límite se refiere al elemento disuelto, como ion o en forma compleja.

(I) La suma de las fracciones concentración real/límite cargado relativa a los elementos tóxicos (arsénico, cadmio, cromo VI, níquel, mercurio, plomo, selenio, cobre y cinc) no superará el valor 3.

(K) Si el vertido se produce a lagos o embalses, el límite se reduce a 0,5, en previsión de brotes eutroficós.

(L) En lagos o embalses el nitrógeno total no debe superar 10 mg/l, expresado en nitrógeno.

Aunque existen grandes variaciones en la naturaleza de los efluentes según el proceso de extracción, puede decirse que los procesos alcalinos de flotación dan lugar a elevadas concentraciones de sulfatos, cloruros, sodio y calcio, mientras que los procesos ácidos liberan los contaminantes metálicos como hierro, manganeso, cadmio, selenio, cobre, plomo, cinc, y mercurio. El cianuro es un reactivo utilizado en la extracción de oro, plata y en procesos de concentración por flotación de plomo y tungsteno, por ejemplo. En otros casos, como en el tratamiento de arsenopiritas el elemento liberado es el arsénico. La oxidación de las piritas generalmente con apoyo bacteriano, da lugar a efluentes de gran acidez.

La extracción de sales potásicas produce salmueras con elevado contenido en cloruros, que no pueden verterse a cursos naturales de agua, requiriendo largos emisarios hasta el mar.

El problema de los lixiviados y efluentes de las balsas abandonadas tiene especial importancia en el caso de las explotaciones de uranio.

c) Contaminación atmosférica

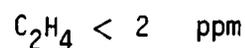
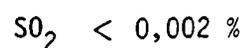
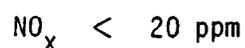
Producida por partículas inertes y los gases. La importancia del polvo y los humos está ligada a la climatología local, a la velocidad y dirección dominante de los vientos, el grado

de humedad y a las precipitaciones.

Los agentes gaseosos contaminantes más importantes son el dióxido de carbono, el monóxido de carbono, los óxidos de nitrógeno y los compuestos azufrados. De éstos llama la atención poderosamente el anhídrido sulfuroso que, por hidratación, se incorpora al agua de lluvia como ácido sulfúrico, con efectos corrosivos e inhibidor de la vegetación.

Respecto a los gases nocivos y a la falta de una reglamentación ambiental adecuada, pueden servir de orientación los límites siguientes para la adopción de medidas correctoras (Fuente: F.J. Ayala y J.M. Rodríguez, ITGE, 1986).

a) Para la vegetación



b) Para las personas $\text{CO} < 0,01 \%$ $\text{CO}_2 < 5 \%$ $\text{SH}_2 < 0,01 \%$ $\text{SO}_2 < 0,001\%$

Otros factores contaminantes de las actividades mineras son los ruidos y vibraciones, producidos por los equipos de carga, transporte, perforación, machaqueo, etc., y las voladuras necesarias en caso de estéril o mineral duro, que es casi siempre. Naturalmente las estructuras residuales objeto de este trabajo sufren las consecuencias de estos efectos, no los producen.

3.2.- EVALUACION GLOBAL DEL IMPACTO

Los distintos métodos de explotación presentan impactos ambientales muy diferentes. Mientras la minería a cielo abierto da lugar a impactos visuales muy fuertes, la minería de interior produce menos deterioros en el paisaje. Las explotaciones a cielo abierto producen casi todas las formas de impacto: cortes en el terreno que cambian la geomorfología y descubren superficies con los colores fuertes, o muy claros, o muy oscuros, de las rocas frescas, modificaciones en la red de drenaje natural y

contaminación de los acuíferos; producción de polvo, ruidos, vibraciones y destrucción de la flora y fauna, a veces en áreas relativamente importantes. Las explotaciones de interior, en cambio, a veces, producen fenómenos de subsidencia que pueden afectar a áreas extensas, y en los alrededores de los pozos de extracción, servicios, ventilación, etc., suele haber algunas instalaciones industriales y de servicios, de escasa importancia superficial. Otro es el caso en que, en superficie, se realicen procesos de lavado, concentración, etc., y entonces la superficie afectada y las modalidades de impacto se complican. Las perturbaciones del nivel freático con carácter local son mucho más importantes en la minería subterránea que en la de cielo abierto, pero, en general, la minería de interior, en sí misma, es mucho menos impactante.

Los principales impactos negativos derivados de explotaciones se pueden agrupar, según tipos de factores ambientales, en la forma siguiente:

a) Impacto visual y alteración del paisaje

- . Escombreras
- . Balsas de estériles o minerales marginales
- . Explotaciones a cielo abierto
- . Destrucción del suelo vegetal
- . Subsidencia
- . Vertedero de cenizas
- . Vertederos urbanos

- b) Acción sobre las aguas naturales 119.
- . Modificación de acuíferos
 - . Acidificación de las aguas
 - . Contaminación con cationes pesados
 - . Contaminación con aguas amoniacaes
 - . Contaminación con sustancias químicas
 - . Contaminación con residuos
 - . Turbidez por materiales inertes en suspensión
 - . Contaminación térmica
- c) Acción sobre la atmósfera
- . Polvo
 - . Cenizas
 - . Humos de ignición
 - . Gases (SO_2 , NO_2 , V_2O_5 , As_2O_3 , $\text{CO}\dots$)
- d) Otros efectos
- . Ruidos, vibraciones
 - . Explosiones

8.3.- EVALUACION DE LAS CONDICIONES DE IMPLANTACION DE ESCOMBRERAS Y BALSAS

Ha de tenerse en cuenta, a la hora de juzgar las condiciones de implantación de las estructuras residuales mineras, que hasta los últimos años no se ha empezado a crear la normativa legal reguladora de las mismas.

En estas condiciones era lógico que los criterios de implantación hayan sido puramente económicos, y en muchos casos de economía a corto o medio plazo, habiendo tenido que remover estructuras por no haber previsto un plazo suficientemente largo de la vida de la explotación.

La evaluación de las condiciones de implantación de las estructuras residuales mineras, teniendo en cuenta la escasez de precedentes técnicos en este sentido, y que los medios con que se cuenta para la verificación de los parámetros geomecánicos en campo son muy escasos teniendo que basar los cálculos en estimaciones basadas en la experiencia, no debe de considerarse con un carácter de cálculo matemático exacto.

A pesar de ello, se han tratado de avaluar las condiciones de implantación sobre escombreras de diversas zonas. La expresión que más se aproxima adopta la fórmula (IGME, 1.982):

$$Q_e = I \cdot \alpha \cdot (\beta \cdot \theta)^{(\eta + \delta)}$$

donde: I: es un factor ecológico
 α : es un factor de alteración de la capacidad portante
 β : es un factor de resistencia del cimiento de implantación (suelo o roca)
 θ : es un factor topográfico o de pendiente.

η : es un factor relativo al entorno humano afectado

δ : es un factor de alteración de la red de drenaje existente

De manera aproximada se ha supuesto que cada uno de estos factores varía según los criterios siguientes:

1º) $I = Ca + P$, donde:

Ca: factor de contaminación de acuíferos

P: factor de alteración del paisaje

(Se ha matizado el criterio original del valor medio Ca y, P, valorándolos ahora por separado y sumándolos).

La evaluación de cada uno de estos factores depende en el primer caso (Ca) del tipo de escombros (alteración química de los mismos) y del drenaje del área de implantación; en el segundo caso (P) el impacto visual de la escombrera será función de la sensibilidad al paisaje original, al volumen almacenado, a la forma, al contraste de color, y al espacio donde está implantada. Para ellos, se ha adoptado los siguientes valores numéricos:

Factores ecológicos	VULNERABILIDAD DEL AREA								
	Irrelevante		Baja	Media	Alta	Muy Alta			
Ca o P	0,5	0,4	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,1	<0,1

2º) El factor α de alteración del equilibrio del suelo, debido a la existencia de un nivel freático próximo en el área de implantación o su entorno, se ha considerado de la forma siguiente:

$\alpha = 1$ sin nivel freático o con nivel a profundidad superior a 5 m.

$\alpha = 0,7$ con nivel freático entre 1,5 y 5 m.

$\alpha = 0,5$ con nivel freático a menor profundidad de 0,5 m.

$\alpha = 0,3$ con agua socavando < 50% del perímetro de la escombrera.

$\alpha = 0,1$ con agua socavando > 50% del perímetro de la escombrera.

3º) El factor de cimentación (β) depende, tanto de la naturaleza del mismo, como de la potencia de la capa superior del terreno de apoyo, de acuerdo con el siguiente cuadro:

TIPO DE SUELO	P O T E N C I A				
	< 0,5 m	0,5 a 1,5 m	1,5 a 3,0 m	3,0 a 8,0 m	> 8,0 m
Coluvial granular	1	0,95	0,90	0,85	0,80
Coluvial de Tran sición	0,95	0,90	0,85	0,80	0,75
Coluvial limo arcilloso	0,90	0,80	0,70	0,60	0,50
Aluvial compacto	0,90	0,85	0,80	0,75	0,70
Aluvial flojo	0,75	0,70	0,60	0,50	0,40

En el caso de que el substrato sea rocoso, independientemente de su fracturación $\beta = 1$.

4º) El factor topográfico θ se ha evaluado en razón de la inclinación del yacente, según la siguiente tabla:

	<u>TOPOGRAFIA DE IMPLANTACION</u>	<u>VALOR DE θ</u>
TERRAPLEN	inclinación $< 1^\circ$	1
	inclinación entre 1° y 5° ($< 8\%$)	0,95
	inclinación entre 5° y 14° (8 a 25%)	0,90
LADERA	inclinación entre 14° y 26° (25 a 50%)	0,70
	inclinación superior a 26° ($> 50\%$)	0,40
VAGUADA	perfil transversal en "v" cerrada (inclinación de laderas $> 20^\circ$)	0,80
	perfil transversal en "v" abierta (inclinación de laderas $< 20^\circ$)	0,6 - 0,7

5º) La caracterización del entorno afectado se ha realizado considerando el riesgo de ruina de distintos elementos si se produjera la rotura (destrucción) de la estructura de la escombrera.

<u>ENTORNO AFECTADO</u>	<u>VALOR DE η</u>
. Deshabitado	1,0
. Edificios aislados	1,1
. Explotaciones mineras poco importantes	1,1
. Servicios	1,2
. Explotaciones mineras importantes	1,3
. Instalaciones industriales	1,3
. Cauces intermitentes	1,2 - 1,4
. Carreteras de 1º y 2º orden, Vías de comunicación	1,6
. Cauces fluviales permanentes	1,7
. Poblaciones	2,0

6º) Por último, la evaluación de la alteración de la red de drenaje superficial se ha hecho con el siguiente criterio.

<u>ALTERACION DE LA RED</u>	<u>VALOR DE δ</u>
. Nula	0
. Ligera	0,2
. Modificación parcial de la escorrentia de una zona	0,3

<u>ALTERACION DE LA RED</u>	<u>VALOR DE δ</u>
. Ocupación de un cauce intermitente	0,4
. Ocupación de una vaguada con drenaje	0,5
. Ocupación de una vaguada sin drenaje	0,6
. Ocupación de un cauce permanente con erosión activa de < 50% del perímetro de una escombrera	0,8
. Ocupación de un cauce permanente con erosión activa de > 50% del perímetro de una escombrera	0,9

Así evaluados los distintos factores, se han calificado los valores resultantes del índice Q_e de acuerdo con la tabla siguiente:

<u>Q_e</u>	<u>El emplazamiento se considera:</u>
1 a 0,90	Optimo para cualquier tipo de escombrera
0,90 a 0,50	Adecuado para escombreras de volumen moderado Tolerable para escombreras de gran volumen
0,50 a 0,30	Tolerable
0,30 a 0,15	Mediocre
0,15 a 0,08	Malo
< 0,08	Inaceptable

La aplicación de los criterios adoptados, recogida en el Cuadro nº 7 para las estructuras con ficha-inventario, identificadas con su clave o código correspondiente, permite estimar las condiciones de implantación de las estructuras más representativas de la provincia de Zaragoza.

CUADRO N°: 7

EVALUACION DE LAS CONDICIONES DE IMPLANTACION

CODIGO	FACTOR ECOLOGICO			F. NIVEL FREATICO	F. RESISTENCIA CDMIENTO	F. TOPOGRAFICO	F. ENTORNO HUMANO	F. RED DE DRENAJE	EVALUACION			
	Ca	P	I	α	β	θ	γ	δ	SIN FACTOR ECOLOGICO	CON FACTOR ECOLOGICO		
(24-17)-2-0001	0,5	0,2	0,7	1	0,7	0,95	1,6	0,2	0,47	Tolerable	0,33	Tolerable
" 3-0001	0,4	0,2	0,6	1	0,7	0,95	1,6	0,2	0,47	"	0,28	Mediocre
" 4-0003	0,4	0,3	0,7	1	0,7	0,95	1,3	0,2	0,54	Adecuado	0,38	Tolerable
(25-13)-6-0001	0,4	0,3	0,7	1	0,7	0,7	1,3	0,2	0,34	Tolerable	0,24	Mediocre
" 7-0003	0,4	0,4	0,8	1	0,7	0,7	1,1	0,2	0,40	"	0,32	Tolerable
" 8-0002	0,4	0,3	0,7	1	0,9	0,7	1,1	0,2	0,55	Adecuado	0,38	"
(25-15)-7-0001	0,2	0,3	0,5	1	0,9	0,7	1,1	0,3	0,52	"	0,26	Mediocre
" 8-0002	0,2	0,3	0,5	1	0,9	0,7	1,1	0,3	0,52	"	0,26	"
" 8-0004	0,4	0,3	0,7	1	0,9	0,7	1,6	0,2	0,44	Tolerable	0,31	Tolerable
(25-16)-4-0002	0,5	0,3	0,8	1	0,9	0,7	1,3	0,2	0,50	"	0,40	"
" 4-0004	0,5	0,3	0,8	1	0,9	0,7	1,3	0,2	0,50	"	0,40	"
" 4-0006	0,5	0,3	0,8	1	0,9	0,7	1,3	0,2	0,50	"	0,40	"
" 5-0002	0,3	0,4	0,7	1	0,9	0,7	1,1	0,2	0,55	Adecuado	0,38	"
" 7-0003	0,4	0,3	0,7	1	0,7	0,7	1,6	0,2	0,28	Mediocre	0,20	Mediocre
" 7-0004	0,4	0,3	0,7	1	0,7	0,95	1,6	0,2	0,47	Tolerable	0,33	Tolerable
" 7-0005	0,4	0,3	0,7	1	0,7	0,95	1,6	0,2	0,47	"	0,33	"

CUADRO Nº: 7

EVALUACION DE LAS CONDICIONES DE IMPLANTACION

CODIGO	FACTOR ECOLOGICO			F. NIVEL FREATICO	F. RESISTENCIA CIMIENTO	F. TOPOGRAFICO	F. ENTORNO HUMANO	F. RED DE DRENAJE	EVALUACION			
	Ca	P	I	α	β	θ	η	δ	SIN FACTOR ECOLOGICO		CON FACTOR ECOLOGICO	
(25-16)-7-0009	0,4	0,3	0,7	1	0,7	0,9	1,6	0,2	0,44	Tolerable	0,33	Tolerable
" 7-0010	0,4	0,3	0,7	1	0,7	0,9	1,6	0,2	0,44	"	0,33	"
" 7-0012	0,4	0,3	0,7	1	0,7	0,7	1,6	0,2	0,28	Mediocre	0,20	Mediocre
" 7-0014	0,4	0,3	0,7	1	0,7	0,9	1,6	0,2	0,44	Tolerable	0,31	Tolerable
" 7-0015	0,4	0,3	0,7	1	0,7	0,9	1,6	0,2	0,44	"	0,31	"
(25-17)-3-0001	0,5	0,3	0,8	1	0,6	0,95	1,6	0	0,41	"	0,33	"
" 3-0002	0,5	0,3	0,8	1	0,6	0,95	1,1	0,2	0,48	"	0,38	"
" 3-0003	0,5	0,3	0,8	1	0,6	0,95	1,1	0,2	0,48	"	0,38	"
" 8-0003	0,3	0,3	0,6	1	0,8	0,7	1,3	0,2	0,42	"	0,25	Mediocre
" 8-0005	0,3	0,3	0,6	1	0,8	0,9	1,3	0,2	0,61	Adecuado	0,37	Tolerable
" 8-0006	0,3	0,3	0,6	1	0,8	0,9	1,3	0,2	0,61	"	0,37	"
" 8-0008	0,3	0,3	0,6	1	0,8	0,7	1,3	0,2	0,42	Tolerable	0,25	Mediocre
(25-18)-3-0001	0,4	0,3	0,7	1	0,7	0,7	1,6	0,2	0,28	Mediocre	0,20	"
" 3-0002	0,4	0,3	0,7	1	0,7	0,7	1,6	0,2	0,28	"	0,20	"
(26-14)-1-0003	0,4	0,4	0,8	1	0,9	0,9	1,1	0,2	0,62	Adecuado	0,50	Adecuado
(26-15)-2-0001	0,3	0,3	0,6	1	0,9	0,7	1,1	0,2	0,55	"	0,33	Tolerable

CUADRO N°: 7

EVALUACION DE LAS CONDICIONES DE IMPLANTACION

CODIGO	FACTOR ECOLOGICO			F. NIVEL FREATICO	F. RESISTENCIA CEMENTO	F. TOPOGRAFICO	F. ENTORNO HUMANO	F. RED DE DRENAJE	EVALUACION			
	Ca	P	I	α	β	θ	γ	δ	SIN FACTOR ECOLOGICO	CON FACTOR ECOLOGICO		
(26-15)-3-0001	0,4	0,4	0,8	1	0,9	0,9	1,1	0,2	0,62	Adecuado	0,50	Adecuado
" 3-0002	0,4	0,4	0,8	1	0,9	0,9	1,1	0,2	0,62	"	0,50	"
" 4-0001	0,4	0,4	0,8	1	0,9	0,7	1,1	0,2	0,55	"	0,44	Tolerable
" 4-0004	0,4	0,4	0,8	1	0,9	0,7	1,1	0,2	0,55	"	0,44	"
" 6-0003	0,4	0,4	0,8	1	0,9	0,9	1,1	0,2	0,62	"	0,50	Adecuado
" 6-0004	0,4	0,4	0,8	1	0,9	0,9	1,1	0,2	0,62	"	0,50	"
" 6-0006	0,4	0,4	0,8	1	0,9	0,9	1,1	0,2	0,62	"	0,50	"
" 6-0013	0,4	0,2	0,6	1	0,9	0,7	1,6	0,2	0,44	Tolerable	0,26	Mediocre
" 6-0014	0,4	0,2	0,6	1	0,9	0,7	1,3	0,2	0,50	Adecuado	0,30	"
" 6-0016	0,4	0,4	0,8	1	0,9	0,95	1,1	0	0,84	"	0,67	Adecuado
" 7-0002	0,4	0,2	0,6	1	0,9	0,7	1,6	0,2	0,44	Tolerable	0,26	Mediocre
" 7-0005	0,4	0,3	0,7	1	0,9	0,9	1,2	0,2	0,74	Adecuado	0,52	Adecuado
" 7-0006	0,4	0,3	0,7	1	0,9	0,9	1,2	0,2	0,74	"	0,52	"
" 7-0007	0,4	0,3	0,7	1	0,9	0,9	1,2	0,2	0,74	"	0,52	"
" 7-0008	0,4	0,3	0,7	1	0,9	0,9	1,2	0,2	0,74	"	0,52	"
" 7-0009	0,4	0,3	0,7	1	0,9	0,9	1,2	0,2	0,74	"	0,52	"

CUADRO N°: 7

EVALUACION DE LAS CONDICIONES DE IMPLANTACION

CODIGO	FACTOR ECOLOGICO			F. NIVEL FREATICO	F. RESISTENCIA CIMENTO	F. TOPOGRAFICO	F. ENTORNO HUMANO	F. RED DE DRENAJE	EVALUACION			
	Ca	P	I	α	β	θ	γ	δ	SIN FACTOR ECOLOGICO	CON FACTOR ECOLOGICO		
(26-15)-7-0010	0,4	0,2	0,6	1	0,9	0,9	1,6	0,2	0,68	Adecuado	0,41	Tolerable
" 7-0011	0,4	0,2	0,6	1	0,9	0,9	1,6	0,2	0,68	"	0,41	"
" 7-0012	0,4	0,3	0,7	1	0,9	0,9	1,2	0,2	0,74	"	0,52	Adecuado
(26-16)-1-0004	0,4	0,2	0,6	1	0,9	0,95	1,3	0,2	0,78	"	0,47	Tolerable
" 1-0005	0,4	0,2	0,6	1	0,9	0,95	1,3	0,2	0,78	"	0,47	"
" 1-0006	0,4	0,2	0,6	1	0,9	0,9	1,3	0,2	0,73	"	0,44	"
" 1-0007	0,4	0,2	0,6	1	0,9	0,95	1,3	0,2	0,78	"	0,47	"
" 2-0004	0,4	0,4	0,8	0,7	0,7	0,7	1,1	0,2	0,28	Mediocre	0,22	Mediocre
" 3-0001	0,4	0,2	0,6	1	0,7	0,9	1,6	0,2	0,44	Tolerable	0,26	"
(26-17)-1-0001	0,5	0,4	0,9	1	0,7	0,9	1,3	0,2	0,50	Adecuado	0,45	Tolerable
" 1-0003	0,5	0,4	0,9	1	0,7	0,7	1,3	0,2	0,34	Tolerable	0,31	"
" 2-0002	0,4	0,4	0,8	1	0,9	0,7	1,1	0,2	0,55	Adecuado	0,44	"
(26-18)-4-0003	0,4	0,3	0,7	1	0,9	0,7	1,6	0,2	0,44	Tolerable	0,31	"
(27-12)-1-0001	0,4	0,3	0,7	1	0,7	0,95	1,3	0,2	0,54	Adecuado	0,38	"
(27-13)-5-0001	0,2	0,3	0,5	1	0,9	0,9	1,2	0,2	0,74	"	0,37	"
" 5-0002	0,2	0,3	0,5	1	0,9	0,7	1,3	0,2	0,50	"	0,25	Mediocre

CUADRO N°: 7

EVALUACION DE LAS CONDICIONES DE IMPLANTACION

CODIGO	FACTOR ECOLOGICO			F. NIVEL FREATICO	F. RESISTENCIA CIMENTO	F. TOPOGRAFICO	F. ENTORNO HUMANO	F. RED DE DRENAJE	EVALUACION			
	Ca	P	I	α	β	θ	η	δ	SIN FACTOR ECOLOGICO	CON FACTOR ECOLOGICO		
(27-13)-5-0003	0,3	0,3	0,6	1	0,9	0,9	1,6	0	0,71	Adecuado	0,43	Tolerable
(27-14)-5-0001	0,4	0,3	0,7	0,7	0,7	0,9	1,2	0,2	0,36	Tolerable	0,25	Mediocre
" 5-0002	0,4	0,3	0,7	0,7	0,7	0,9	1,2	0,2	0,36	"	0,25	"
" 5-0003	0,4	0,3	0,7	0,7	0,7	0,95	1,2	0,2	0,39	"	0,27	"
" 6-0002	0,4	0,3	0,7	0,7	0,7	0,95	1,2	0,2	0,39	"	0,27	"
" 6-0003	0,4	0,3	0,7	0,7	0,7	0,95	1,2	0,2	0,39	"	0,27	"
" 6-0004	0,4	0,3	0,7	0,7	0,7	0,95	1,2	0,2	0,39	"	0,27	"
" 6-0007	0,4	0,3	0,7	0,7	0,7	0,95	1,2	0,2	0,39	"	0,27	"
" 7-0001	0,4	0,2	0,6	0,7	0,7	0,95	1,6	0,2	0,33	"	0,20	"
(27-15)-4-0003	0,3	0,2	0,5	1	0,8	0,7	1,6	0,2	0,35	"	0,17	"
" 4-0004	0,3	0,2	0,5	1	0,8	0,7	1,6	0,2	0,35	"	0,17	"
" 4-0007	0,3	0,2	0,5	1	0,8	0,95	1,6	0,2	0,61	Adecuado	0,31	Tolerable
(27-16)-2-0002	0,4	0,2	0,6	1	0,9	0,9	1,2	0,2	0,74	"	0,44	"
" 2-0007	0,4	0,3	0,7	1	0,8	0,9	1,6	0,2	0,55	"	0,38	"
" 2-0010	0,4	0,3	0,7	1	0,8	0,9	1,6	0,2	0,55	"	0,38	"
" 2-0013	0,4	0,4	0,8	1	0,8	0,9	1,1	0,2	0,65	"	0,52	Adecuado

CUADRO Nº: 7

EVALUACION DE LAS CONDICIONES DE IMPLANTACION

CODIGO	FACTOR ECOLOGICO			F. NIVEL FREATICO	F. RESISTENCIA CEMENTO	F. TOPOGRAFICO	F. ENTORNO HUMANO	F. RED DE DRENAJE	EVALUACION			
	Ca	P	I	α	β	θ	η	δ	SIN FACTOR ECOLOGICO		CON FACTOR ECOLOGICO	
(27-16)-3-0003	0,4	0,3	0,7	1	0,8	0,9	1,6	0,2	0,55	Adecuado	0,38	Tolerable
" 3-0006	0,4	0,3	0,7	1	0,8	0,9	1,6	0,2	0,55	"	0,38	"
" 7-0001	0,4	0,3	0,7	1	0,9	0,9	1,6	0,2	0,68	"	0,48	"
" 8-0002	0,4	0,3	0,7	1	0,9	0,7	1,2	0,2	0,52	"	0,36	"
" 8-0005	0,4	0,3	0,7	1	0,9	0,7	1,2	0,2	0,52	"	0,36	"
" 8-0008	0,4	0,3	0,7	1	0,9	0,7	1,2	0,2	0,52	"	0,36	"
" 8-0010	0,4	0,3	0,7	1	0,9	0,9	1,2	0,2	0,74	"	0,52	Adecuado
(27-17)-6-0001	0,4	0,2	0,6	1	0,9	0,7	1,6	0,3	0,42	Tolerable	0,25	Mediocre
" 6-0003	0,4	0,2	0,6	1	0,9	0,7	1,6	0,2	0,44	"	0,26	"
(28-15)-7-0001	0,3	0,3	0,6	1	0,8	0,9	1,2	0,3	0,61	Adecuado	0,37	Tolerable
" 7-0002	0,3	0,3	0,6	1	0,8	0,9	1,2	0,3	0,61	"	0,37	"
" 7-0004	0,4	0,2	0,6	1	0,7	0,7	1,2	0,2	0,37	Tolerable	0,22	Mediocre
" 7-0005	0,4	0,2	0,6	1	0,7	0,7	1,2	0,2	0,37	"	0,22	"
" 7-0006	0,4	0,2	0,6	1	0,7	0,9	1,3	0,2	0,50	Adecuado	0,30	"
" 7-0007	0,4	0,2	0,6	1	0,7	0,9	1,3	0,2	0,50	"	0,30	"
" 7-0008	0,3	0,2	0,5	1	0,8	0,7	1,6	0,2	0,35	Tolerable	0,18	"

CODIGO	FACTOR ECOLOGICO			F. NIVEL FREATICO	F. RESISTENCIA CEMENTO	F. TOPOGRAFICO	F. ENTORNO HUMANO	F. RED DE DRENAJE	EVALUACION			
	Ca	P	I	α	β	θ	φ	δ	SIN FACTOR ECOLOGICO		CON FACTOR ECOLOGICO	
(28-15)-7-0009	0,3	0,2	0,5	1	0,8	0,7	1,6	0,2	0,35	Tolerable	0,18	Mediocre
" 7-0010	0,3	0,2	0,5	1	0,8	0,7	1,6	0,2	0,35	"	0,18	"
" 7-0011	0,3	0,3	0,6	1	0,8	0,7	1,2	0,2	0,44	"	0,26	"
" 7-0012	0,3	0,3	0,6	1	0,8	0,7	1,2	0,2	0,44	"	0,26	"
" 7-0013	0,3	0,3	0,6	1	0,8	0,9	1,2	0,3	0,61	Adecuado	0,37	Tolerable
" 7-0014	0,3	0,3	0,6	1	0,8	0,9	1,2	0,3	0,61	"	0,37	"
" 7-0015	0,3	0,3	0,6	1	0,8	0,8	1,2	0,6	0,45	Tolerable	0,27	Mediocre
" 7-0016	0,3	0,3	0,6	1	0,8	0,9	1,2	0,4	0,59	Adecuado	0,35	Tolerable
" 7-0017	0,3	0,3	0,6	1	0,8	0,95	1,2	0,3	0,66	"	0,40	"
" 7-0018	0,3	0,3	0,6	1	0,8	0,7	1,2	0,3	0,42	Tolerable	0,25	Mediocre
" 7-0019	0,3	0,3	0,6	1	0,8	0,7	1,2	0,3	0,42	"	0,25	"
" 7-0020	0,3	0,3	0,6	1	0,8	0,9	1,2	0,3	0,61	Adecuado	0,37	Tolerable
(28-16)-3-0001	0,3	0,3	0,6	1	0,8	0,9	1,1	0,3	0,63	"	0,38	"
" 3-0002	0,3	0,3	0,6	1	0,8	0,9	1,1	0,3	0,63	Tolerable	0,38	"
" 3-0003	0,3	0,3	0,6	1	0,8	0,9	1,1	0,3	0,63	"	0,38	"
" 3-0004	0,3	0,3	0,6	1	0,8	0,9	1,1	0,3	0,63	Adecuado	0,38	"

CODIGO	FACTOR ECOLOGICO			F. NIVEL FREATICO	F. RESISTENCIA CEMENTO	F. TOPOGRAFICO	F. ENTORNO HUMANO	F. RED DE DRENAJE	EVALUACION			
	Ca	P	I	α	β	θ	γ	δ	SIN FACTOR ECOLOGICO	CON FACTOR ECOLOGICO		
(28-16)-3-0005	0,3	0,3	0,6	1	0,8	0,7	1,1	0,2	0,47	Tolerable	0,28	Mediocre
" 3-0006	0,3	0,3	0,6	1	0,8	0,7	1,1	0,2	0,47	"	0,28	"
" 3-0007	0,3	0,3	0,6	1	0,8	0,7	1,1	0,2	0,47	"	0,28	"
" 3-0008	0,3	0,3	0,6	1	0,8	0,7	1,1	0,2	0,47	"	0,28	"
" 3-0009	0,3	0,3	0,6	1	0,8	0,7	1,1	0,2	0,47	"	0,28	"
" 3-0010	0,3	0,3	0,6	1	0,8	0,7	1,1	0,2	0,47	"	0,28	"
" 3-0011	0,4	0,4	0,8	1	0,7	0,7	1,1	0,2	0,40	"	0,32	Tolerable
" 3-0012	0,4	0,4	0,8	1	0,7	0,7	1,1	0,2	0,40	"	0,32	"
" 3-0013	0,4	0,4	0,8	1	0,7	0,7	1,1	0,2	0,40	"	0,32	"
" 4-0006	0,4	0,2	0,6	0,7	0,7	0,95	1,6	0,2	0,33	"	0,20	Mediocre
" 4-0007	0,4	0,4	0,8	1	0,7	0,9	1,1	0,2	0,55	Adecuado	0,44	Tolerable
" 4-0008	0,4	0,4	0,8	1	0,7	0,9	1,1	0,2	0,55	"	0,44	"
" 4-0009	0,4	0,3	0,7	1	0,7	0,7	1,6	0,2	0,28	Mediocre	0,20	Mediocre
" 4-0010	0,4	0,4	0,8	1	0,8	0,9	1,1	0,2	0,65	Adecuado	0,52	Adecuado
" 7-0001	0,4	0,3	0,7	1	0,7	0,9	1,3	0,2	0,61	"	0,43	Tolerable
" 8-0002	0,4	0,3	0,7	1	0,7	0,95	1,3	0,2	0,54	"	0,38	"

CODIGO	FACTOR ECOLOGICO			F. NIVEL FREATICO	F. RESISTENCIA CEMENTO	F. TOPOGRAFICO	F. ENTORNO HUMANO	F. RED DE DRENAJE	EVALUACION			
	Ca	P	I	α	β	θ	η	δ	SIN FACTOR ECOLOGICO	CON FACTOR ECOLOGICO		
(28-16)-8-0003	0,4	0,3	0,7	1	0,7	0,9	1,3	0,2	0,50	Adecuado	0,35	Tolerable
" 8-0004	0,4	0,3	0,7	1	0,7	0,9	1,3	0,2	0,50	"	0,35	"
(29-16)-1-0001	0,4	0,2	0,6	0,7	0,7	0,95	1,6	0,2	0,33	Tolerable	0,20	Mediocre
" 2-0002	0,3	0,3	0,6	1	0,8	0,9	1,1	0,2	0,65	Adecuado	0,39	Tolerable
" 1-0003	0,4	0,2	0,6	1	0,7	0,7	1,6	0,2	0,28	Mediocre	0,17	Mediocre
" 2-0003	0,3	0,3	0,6	1	0,8	0,9	1,1	0,2	0,65	Tolerable	0,39	Tolerable
" 2-0004	0,3	0,3	0,6	1	0,8	0,7	1,1	0,2	0,47	"	0,28	Mediocre
" 2-0006	0,3	0,3	0,6	1	0,8	0,7	1,1	0,2	0,47	"	0,28	"
" 2-0007	0,3	0,3	0,6	1	0,8	0,7	1,1	0,2	0,47	"	0,28	"
" 2-0008	0,3	0,3	0,6	1	0,8	0,7	1,1	0,2	0,47	"	0,28	"
" 2-0009	0,3	0,3	0,6	1	0,8	0,7	1,1	0,2	0,47	"	0,28	"
" 5-0001	0,3	0,2	0,5	1	0,8	0,9	1,1	0,2	0,65	Adecuado	0,32	Tolerable
" 5-0003	0,3	0,2	0,5	1	0,8	0,7	1,1	0,2	0,65	"	0,32	"
" 5-0004	0,3	0,2	0,5	1	0,8	0,8	1,1	0,2	0,56	"	0,28	Mediocre
" 5-0006	0,3	0,2	0,5	1	0,8	0,8	1,1	0,2	0,56	"	0,28	"
" 5-0007	0,3	0,2	0,5	1	0,8	0,8	1,6	0,2	0,45	Tolerable	0,22	"

CUADRO N°: 7

EVALUACION DE LAS CONDICIONES DE IMPLANTACION

CODIGO	FACTOR ECOLOGICO			F. NIVEL FREATICO	F. RESISTENCIA CUMIENTO	F. TOPOGRAFICO	F. ENTORNO HUMANO	F. RED DE DRENAJE	EVALUACION			
	Ca	P	I	α	β	θ	γ	δ	SIN FACTOR ECOLOGICO		CON FACTOR ECOLOGICO	
(29-16)-5-0008	0,3	0,2	0,5	1	0,8	0,8	1,6	0,2	0,45	Tolerable	0,22	Mediocre
" 6-0001	0,3	0,2	0,5	1	0,8	0,7	1,1	0,2	0,47	"	0,23	"
" 6-0002	0,3	0,2	0,5	1	0,8	0,7	1,1	0,2	0,47	"	0,23	"
" 6-0003	0,3	0,2	0,5	1	0,8	0,7	1,1	0,2	0,47	"	0,23	"
" 6-0004	0,3	0,2	0,5	1	0,8	0,7	1,1	0,2	0,47	"	0,23	"
" 6-0005	0,3	0,2	0,5	1	0,8	0,7	1,1	0,2	0,47	"	0,23	"
" 6-0006	0,3	0,2	0,5	1	0,8	0,7	1,1	0,2	0,47	"	0,23	"
" 6-0007	0,3	0,2	0,5	1	0,8	0,7	1,1	0,2	0,47	"	0,23	"
" 6-0008	0,3	0,3	0,6	1	0,8	0,9	1,1	0,2	0,65	Adecuado	0,39	Tolerable
" 6-0009	0,3	0,3	0,6	1	0,8	0,9	1,1	0,2	0,65	"	0,39	"
" 6-0012	0,3	0,3	0,6	1	0,8	0,7	1,1	0,2	0,47	Tolerable	0,28	Mediocre
" 6-0013	0,3	0,3	0,6	1	0,8	0,7	1,1	0,2	0,47	"	0,28	"
" 6-0014	0,3	0,3	0,6	1	0,8	0,7	1,1	0,2	0,47	"	0,28	"
" 6-0015	0,3	0,3	0,6	1	0,8	0,7	1,1	0,2	0,47	"	0,28	"
" 6-0016	0,3	0,3	0,6	1	0,8	0,7	1,1	0,2	0,47	"	0,28	"
" 6-0017	0,3	0,3	0,6	1	0,8	0,7	1,1	0,2	0,47	"	0,28	"

CUADRO N°: 7

EVALUACION DE LAS CONDICIONES DE IMPLANTACION

CODIGO	FACTOR ECOLOGICO			F. NIVEL FREATICO	F. RESISTENCIA CEMENTO	F. TOPOGRAFICO	F. ENTORNO HUMANO	F. RED DE DRENAJE	EVALUACION			
	Ca	P	I	α	β	θ	γ	δ	SIN FACTOR ECOLOGICO	CON FACTOR ECOLOGICO		
(29-16)-6-0018	0,3	0,2	0,5	1	0,8	0,7	1,1	0,2	0,47	Tolerable	0,23	Mediocre
" 6-0020	0,3	0,2	0,5	1	0,8	0,7	1,1	0,2	0,47	"	0,23	"
" 6-0021	0,3	0,2	0,5	1	0,8	0,7	1,1	0,2	0,47	"	0,23	"
" 6-0022	0,3	0,2	0,5	1	0,8	0,7	1,1	0,2	0,47	"	0,23	"
" 6-0023	0,3	0,2	0,5	1	0,8	0,7	1,1	0,2	0,47	"	0,23	"
" 6-0024	0,3	0,3	0,6	1	0,8	0,95	1,1	0	0,74	Adecuado	0,44	Tolerable
(29-17)-1-0001	0,3	0,2	0,5	1	0,8	0,7	1,3	0,2	0,42	Tolerable	0,21	Mediocre
" 1-0002	0,3	0,3	0,6	1	0,8	0,7	1,1	0,2	0,47	"	0,28	"
" 1-0003	0,3	0,3	0,6	1	0,8	0,7	1,1	0,2	0,47	"	0,28	"
" 1-0004	0,3	0,2	0,5	1	0,8	0,7	1,2	0,2	0,44	"	0,22	"
" 1-0005	0,3	0,2	0,5	1	0,8	0,9	1,2	0,2	0,63	Adecuado	0,31	Tolerable
" 1-0008	0,3	0,2	0,5	1	0,8	0,7	1,2	0,2	0,44	Tolerable	0,22	Mediocre
" 1-0010	0,3	0,3	0,6	1	0,8	0,7	1,1	0,2	0,47	"	0,28	"
" 2-0001	0,4	0,2	0,7	1	0,9	0,9	1,1	0,2	0,76	Adecuado	0,53	Adecuado
" 2-0002	0,4	0,3	0,7	1	0,9	0,9	1,1	0,2	0,76	"	0,53	"
" 2-0003	0,4	0,3	0,7	1	0,9	0,9	1,1	0,2	0,76	"	0,53	"

CUADRO N°: 7

EVALUACION DE LAS CONDICIONES DE IMPLANTACION

CODIGO	FACTOR ECOLOGICO			F. NIVEL FREATICO	F. RESISTENCIA CEMENTO	F. TOPOGRAFICO	F. ENTORNO HUMANO	F. RED DE DRENAJE	EVALUACION			
	Ca	P	I	α	β	θ	η	δ	SIN FACTOR ECOLOGICO		CON FACTOR ECOLOGICO	
(29-17)-2-0004	0,4	0,3	0,7	1	0,9	0,9	1,1	0,2	0,76	Adecuado	0,53	Adecuado
" 2-0007	0,3	0,2	0,5	1	0,8	0,9	1,2	0,2	0,63	"	0,31	Tolerable
" 2-0008	0,3	0,2	0,5	1	0,8	0,9	1,2	0,2	0,63	"	0,31	"
" 2-0013	0,3	0,2	0,5	1	0,8	0,9	1,2	0,2	0,63	"	0,31	"
" 2-0014	0,3	0,2	0,5	1	0,8	0,7	1,2	0,2	0,44	Tolerable	0,22	Mediocre
" 2-0016	0,3	0,2	0,5	1	0,8	0,7	1,2	0,2	0,44	"	0,22	"
" 2-0019	0,3	0,2	0,5	1	0,8	0,7	1,2	0,2	0,44	"	0,22	"
" 3-0001	0,3	0,2	0,5	0,5	0,7	0,95	1,6	0,2	0,24	Mediocre	0,12	Malo
" 3-0002	0,3	0,2	0,5	0,5	0,7	0,95	1,6	0	0,26	Mediocre	0,13	Malo
(30-17)-2-0001	0,4	0,4	0,8	1	0,7	0,95	1,1	0,2	0,58	Adecuado	0,46	Tolerable
" 2-0003	0,4	0,4	0,8	1	0,7	0,9	1,1	0,2	0,58	Adecuado	0,46	"
(31-16)-6-0009	0,3	0,3	0,6	0,7	0,8	0,8	1,4	0,3	0,33	Tolerable	0,20	Mediocre
" 7-0001	0,3	0,3	0,6	0,7	0,9	0,8	1,2	0,2	0,44	"	0,26	"
" 7-0002	0,3	0,3	0,6	0,7	0,9	0,7	1,2	0,2	0,37	"	0,22	"
" 7-0003	0,3	0,3	0,6	0,7	0,9	0,8	1,2	0,2	0,44	"	0,26	"
" 7-0004	0,3	0,3	0,6	0,7	0,9	0,8	1,2	0,2	0,44	"	0,26	"

CUADRO N°: 7

EVALUACION DE LAS CONDICIONES DE IMPLANTACION

CODIGO	FACTOR ECOLOGICO			F. NIVEL FREATICO	F. RESISTENCIA CEMENTO	F. TOPOGRAFICO	F. ENTORNO HUMANO	F. RED DE DRENAJE	EVALUACION			
	Ca	P	I	α	β	θ	γ	δ	SIN FACTOR ECOLOGICO	CON FACTOR ECOLOGICO		
(31-16)-7-0005	0,3	0,3	0,6	0,7	0,9	0,7	1,2	0,2	0,37	Tolerable	0,22	Mediocre
" 7-0006	0,3	0,3	0,6	1	0,9	0,7	1,2	0,3	0,50	Adecuado	0,30	"
" 7-0007	0,3	0,3	0,6	1	0,9	0,8	1,2	0,3	0,61	"	0,37	Tolerable
" 7-0008	0,3	0,3	0,6	1	0,9	0,8	1,2	0,3	0,61	"	0,37	"
" 7-0009	0,3	0,3	0,6	0,7	0,8	0,95	1,4	0,2	0,45	Tolerable	0,27	Mediocre
" 7-0012	0,3	0,3	0,6	0,7	0,8	0,9	1,3	0,2	0,43	"	0,26	"
" 7-0013	0,3	0,3	0,6	0,7	0,8	0,7	1,3	0,2	0,29	Mediocre	0,17	"
" 7-0014	0,3	0,3	0,6	1	0,8	0,9	1,3	0,2	0,61	Adecuado	0,37	Tolerable
" 7-0015	0,3	0,3	0,6	1	0,8	0,7	1,3	0,2	0,42	Tolerable	0,25	Mediocre
" 7-0017	0,3	0,3	0,6	0,7	0,85	0,8	1,4	0,3	0,36	"	0,22	"
" 7-0018	0,2	0,3	0,5	1	0,9	0,7	1,3	0,2	0,50	Adecuado	0,25	"
" 7-0019	0,3	0,3	0,6	0,7	0,85	0,8	1,4	0,3	0,36	Tolerable	0,22	"
" 7-0021	0,2	0,3	0,5	1	0,9	0,8	1,4	0,3	0,57	Adecuado	0,28	"
" 7-0022	0,2	0,3	0,5	1	0,9	0,8	1,4	0,3	0,57	"	0,28	"
" 7-0023	0,2	0,3	0,5	1	0,9	0,8	1,4	0,3	0,57	"	0,28	"
" 7-0024	0,2	0,2	0,4	1	0,9	0,7	1,4	0,3	0,46	Tolerable	0,18	"

CUADRO N°: 7

EVALUACION DE LAS CONDICIONES DE IMPLANTACION

CODIGO	FACTOR ECOLOGICO			F. NIVEL FREATICO	F. RESISTENCIA CEMENTO	F. TOPOGRAFICO	F. ENTORNO HUMANO	F. RED DE DRENAJE	EVALUACION			
	Ca	P	I	α	β	θ	η	δ	SIN FACTOR ECOLOGICO		CON FACTOR ECOLOGICO	
(31-16)-7-0025	0,2	0,2	0,4	1	0,9	0,7	1,4	0,3	0,46	Tolerable	0,18	Mediocre
" 7-0026	0,2	0,3	0,5	1	0,9	0,95	1,3	0,2	0,78	Adecuado	0,39	Tolerable
" 7-0027	0,3	0,3	0,6	1	0,9	0,8	1,2	0,2	0,63	"	0,38	"
(31-17)-3-0001	0,3	0,3	0,6	1	0,9	0,8	1,1	0,2	0,65	"	0,39	"
" 3-0002	0,3	0,3	0,6	1	0,9	0,8	1,1	0,2	0,65	"	0,39	"
" 3-0003	0,3	0,3	0,6	1	0,9	0,8	1,1	0,2	0,65	"	0,39	"
" 3-0004	0,3	0,3	0,6	1	0,9	0,8	1,1	0,2	0,65	"	0,39	"
" 3-0005	0,3	0,3	0,6	1	0,9	0,8	1,1	0,2	0,65	"	0,39	"

8.4.- CONCLUSIONES

El resultado de la aplicación del parámetro numérico Q_e a las estructuras inventariadas en la provincia de Zaragoza se presenta en el siguiente cuadro:

Condiciones de Implantación	Sin factor ecológico		Con factor ecológico	
	Nº Estruct.	(%)	Nº Estruct.	(%)
Adecuado	99	45,83	20	9,26
Tolerable	107	49,54	89	41,20
Mediocre	10	4,63	105	48,61
Malo	-	-	2	0,93
	<u>216</u>	<u>100,00</u>	<u>216</u>	<u>100,00</u>

Evidentemente, la introducción de coeficientes correctores debidos a deterioros en el paisaje y a contaminación de acuíferos aplicados al conjunto de las demás condiciones de implantación, produce unos resultados más negativos a la hora de juzgarlos, pero no debe olvidarse que las conclusiones sobre las condiciones de estabilidad, sobretodo por la posibilidad de peligro potencial en producir deslizamientos importantes, son aceptables.

De todas formas se recuerda que los medios empleados en la recabación de datos de campo tan importantes como las condiciones geológicas e hidrogeológicas exactas del sustrato y recubrimien

to, y los parámetros geomecánicos de la estructuras, no permiten nada más que considerar los resultados expuestos como estimativos. Quiere decir que en los casos en que la acumulación de signos de inestabilidad con malas condiciones del sustrato, granulometría desfavorable y volumen almacenado importante, se recomienda implícitamente, a pesar de que la estimación global no sea muy desfavorable, acometer estudios más detallados para cuantificar los parámetros resistentes de las estructuras y, como consecuencia, su coeficiente de seguridad.

En la figura nº 16 se presentan los impactos más relevantes producidos por las actividades mineras y/o mineroindustriales.

- Impacto visual
- △ Contaminación de aguas
- Producción de polvo, ruidos, vibraciones.

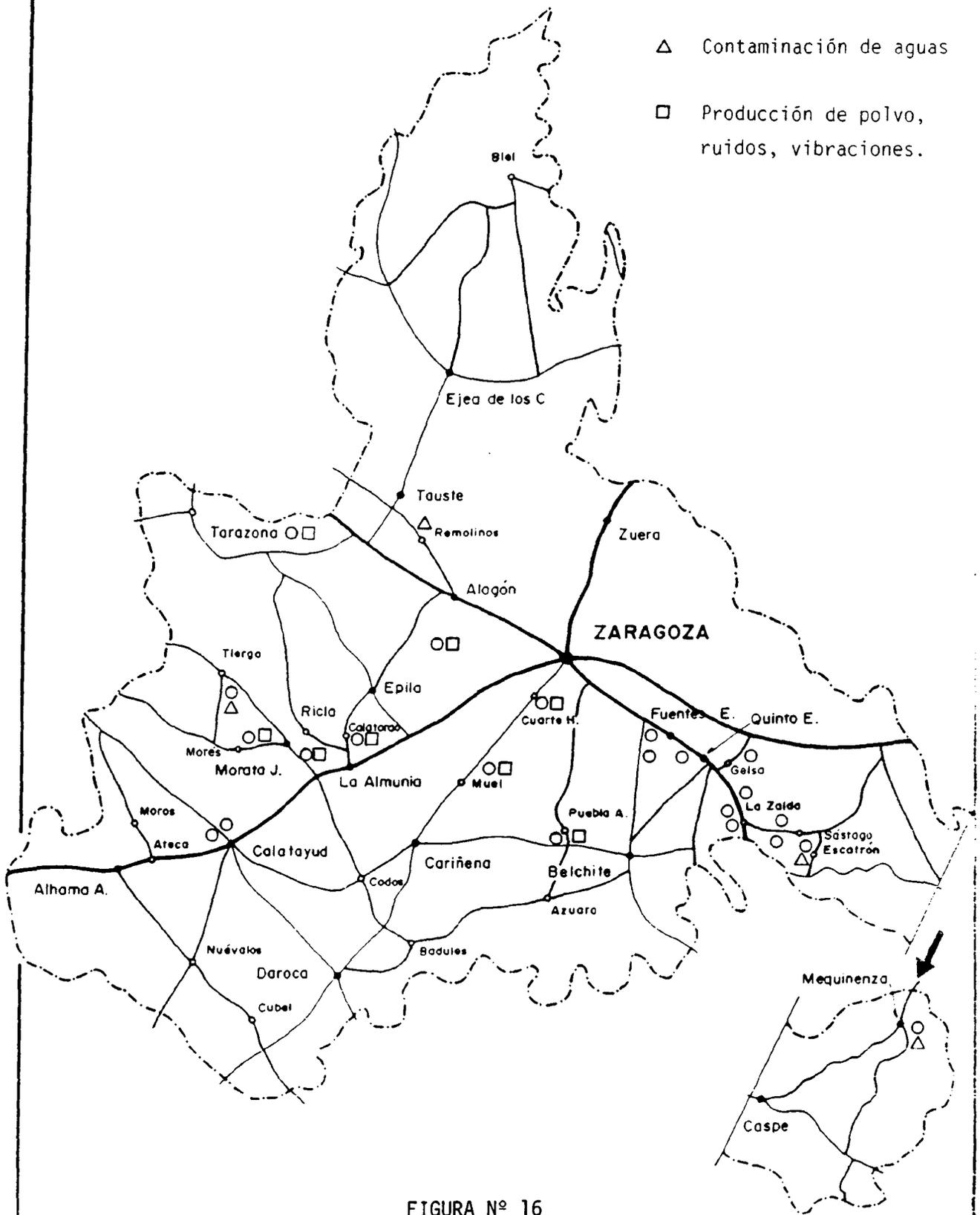


FIGURA Nº 16

MAPA DE LA PROVINCIA DE ZARAGOZA 1:1.000.000
IMPACTOS MAS RELEVANTES

Los tipos de impacto ambiental más frecuentemente presentes en las estructuras residuales de esta provincia, son:

- impacto visual
- contaminación de aguas
- producción de polvo, ruidos y vibraciones.

En el cuadro siguiente, nº 8 , se intenta dar una visión global de la situación de las correspondientes a la minería de Zaragoza respecto a la producción de estos impactos.

Para ello, se ha diseñado una matriz en la que, en la columna de la izquierda se enumeran todos los subsectores mineros presentes, y en las demás los diferentes tipos de impacto observados, expresados en tres grados de importancia (10%, 10-50% y 50%, o si se quiere, pequeña, mediana y grande), en los que se integran tanto el número de estructuras (de cada minería) afectadas, como el grado de afectación de las mismas.

De esta forma es posible interpretar rápidamente cuáles son los tipos de impacto más frecuentemente presentes, cuál es el grado de importancia para cada tipo de minería y cuál es el específico de algun subsector.

Según el cuadro siguiente se puede apreciar que, en la provincia de Zaragoza:

- El tipo de impacto más frecuente y presente en mayor grado, es el visual, producido por las estructuras con colores contrastantes con el entorno y situación visible desde centros de población o vías de comunicación importantes. Esto ocurre especialmente con las de tonos oscuros (lignito e hierro), y las de tonos blancos (yeso, alabastro y caolín).

- La contaminación de aguas se produce en las estructuras con alto contenido en materiales fácilmente solubles, como las de sal gemma y yesos, y en las que contienen materiales activos químicamente, y por tanto capaces de impactar en pequeñas proporciones, como las de hierro.

- La producción de polvo, ruidos y vibraciones, es típica de las actividades de arranque y tratamiento (especialmente de trituración y clasificación) de minerales y rocas, más que de las estructuras residuales en sí mismas. Esto quiero decir que los impactos serán especialmente negativos en los subsectores en que los frentes de arranque y/o las plantas de tratamiento esten muy próximos a centros de población o vías de comunicación. Estas circunstancias se presentan, especialmente, en las instalaciones de producción de áridos.

CUADRO Nº 8 : Tipos de impacto más frecuentes

MINERIA	Impacto Visual			Contaminación Aguas			Producción de Polvo, Ruidos, Vibraciones		
	10%	10-50%	50%	10%	10-50%	50%	10%	10-50%	50%
Hierro			x			x			
Cobre		x		x					
Lignito			x		x				
Sal gema		x				x			
Barita	x								
Sepiolita	x						x		
Caolín			x						
Alabastro			x		x				
Yeso			x		x				
Cuarcita		x							x
Caliza		x						x	
Arcilla		x							
Gravas									x

9.- REUTILIZACION DE ESTRUCTURAS

El efecto combinado del encarecimiento de las materias primas, de los costes energéticos y del suelo, tanto agrícola, industrial o urbano, junto a la toma de conciencia de la degradación ambiental producida por las estructuras mineras, ha producido en los últimos años una cierta cantidad de estudios y técnicas de aprovechamiento de tales estructuras, condicionadas fundamentalmente por la granulometría y naturaleza de los materiales almacenados, y por su ubicación geográfica.

Se deben señalar dos grandes grupos de posibles aprovechamientos:

- a) por el contenido de las estructuras
- b) por el espacio ocupado

es decir, que por un lado cabe la posibilidad de aprovechar, total o parcialmente, los materiales almacenados, con un tratamiento más o menos elaborado, en condiciones de competitividad con las materias primas in situ; o aprovechar el espacio ocupado por las estructuras residuales, también después de un tratamiento

de las superficies, que puede ser bastante complejo, suavizando perfiles y revegetando para su integración como zona natural en su entorno, o empleando el espacio como suelo industrial o urbano.

9.1.- UTILIDAD DE LOS RESIDUOS ALMACENADOS

El posible aprovechamiento de los residuos almacenados en las estructuras inventariadas en la provincia de Zaragoza viene condicionado por dos factores fundamentales: el contenido en mena y su granulometría.



FOTO Nº 12: Estructuras residuales y stocks de gravas de cuarcitas en Morés.

- El ejemplo más claro de aprovechamiento de escombreras por su contenido en mena lo constituyen la buena parte de las antiguas de la minería de lignito en la zona de Mequinenza ya relevadas. Las modernas, con menor contenido en carbón, tienen un aprovechamiento más problemático.
- Las de mayor contenido en mena son las procedentes de la minería de sal gema en Remolinos, cuyo aprovechamiento, a pesar de la contaminación presente, no parece difícil.



FOTO N° 13: Talud restaurado y superficie cultivada en explotación de sepiolitas (Orera).

- Por el método de explotación empleado en la minería de los alabastros ornamentales, en la que se arrancan con bulldozer los bloques y se separan los útiles con palas cargadoras, quedan entre los estériles arcillosos una buena cantidad de bloques de dimensiones y calidades variables, cuyo reaprovechamiento, en caso de una potente industria local de artesanía, parece probable.

- Los residuos abandonados en las mineras de los yesos de construcción y arcillas cerámicas, con preponderancia de finos arcillosos, podrían tener aplicación en la industria cementera, condicionados por factores de distancia a los centros de consumo.

- Finalmente, se mencionan como las estructuras residuales con mayores posibilidades de aprovechamiento masivo de sus contenidos, las procedentes de las mineras de las rocas empleadas como áridos, tanto de macizos rocosos (calizas y cuarcitas) como de aluviones. En todas ellas se producen importantes volúmenes de fracciones gruesas desclasificadas, y otras clasificadas de difícil comercialización, con posibilidad de aprovechamiento por retritución y reclasificación. (Foto nº 12).

9.2.- UTILIDAD DEL ESPACIO FISICO OCUPADO

Más importante que el valor intrínseco de los materiales

almacenados, que al fin y al cabo han sido desechados, en la mayoría de los casos, es el del espacio físico ocupado, el cual puede ser aprovechado, con un tratamiento más o menos complejo de la estructura, en una variada gama de posibilidades.

- El empleo más normal es en el acondicionamiento de pistas, accesos, plazas, suelos de almacenes, oficinas, naves, etc., en los alrededores de las explotaciones, sobre todo a cielo abierto.

- También es posible con un tratamiento más elaborado, la



FOTO N° 14: Superficie inferior de escombrera y talud (mucho más suave) de la superficie en Orera. Al fondo, el frente de arranque.

neutralización del impacto ambiental, sobre todo en climas húmedos, cubriendo las superficies con los materiales más finos y alterables, incluso abonando y añadiendo materia orgánica, por medio de la revegetación de taludes y superficies, y aprovechándolas agrícola o forestalmente. El empleo más claro en esta provincia de aprovechamiento afortunado en este sentido, es el de la explotación de sepiolita en Orera, cuyas prácticas y resultados pueden servir de modelo a aplicar en las estructuras con alto contenido en arcillas (como las procedentes de las minerías de yesos, alabastros y arcillas. (Fotos n^{os} 13 y 14).



FOTO N^o 15: Conjunto de frentes de arranque y estructuras residuales próximas al casco urbano de Calatorao.

- Finalmente se expresa el caso de la posible utilización del espacio ocupado en infraestructuras urbanas o industriales. Esto sería posible en caso de proximidad a poblaciones o centros industriales, cuyo desarrollo necesite ocupar tal espacio. Este podría ser el caso de las estructuras residuales adosadas al casco urbano de Calatorao, con materiales (calizas) gruesos y de difícil recuperación vegetal como tales, a los que sería necesario cubrir con otros finos y arcilloso, cuyo debido tratamiento agrícola permitiría una buena zona verde. (Foto nº 15).

10.- CONSIDERACIONES ESPECIALES EN CASOS SINGULARES

La filosofía con que se ha planteado el presente trabajo, así como la metodología empleada para llevarlo a cabo, no puede cubrir la realización de estudios geotécnicos e hidrogeológicos en profundidad, con cartografía a escala adecuada, del sustrato de implantación y de la cuenca aguas abajo y arriba de la estructura, ni sondeos en la misma para determinar los parámetros geotécnicos más importantes que condicionan la estabilidad y, por tanto, la seguridad del entorno (sobre todo aguas abajo), en caso de fallo parcial o total.

Se pretende inventariar todas las estructuras residuales de alguna importancia en el orden prioritario ya explicado, utilizando toda la información geológica, geotécnica y minera, que sea accesible, filtrada con los criterios profesionales prácticos, después de haber visitado muchas estructuras, de diferentes mineras, tipologías y regiones del país, de forma que queden suficientemente analizadas y descritas las condiciones fundamentales de implantación. Al mismo tiempo se expresarán claramente los casos en que por la falta de información, por las condiciones aparentes de inestabilidad o por las posibles consecuencias de su colapso, sea recomendable acometer estudios

complementarios, o medidas de aislamiento del entorno de fácil realización, hasta el momento de su neutralización definitiva.

En este sentido, se mencionan en este capítulo aquellas estructuras (o conjuntos de estructuras) que merecen un interés especial por alguno de los motivos mencionados.

En la provincia de Zaragoza no existe (ni ha existido) un sector minero relevante, ni sobre un mineral o roca determinado, ni considerando el sector en su conjunto y comparado con el resto del país. Aún así, y desde el punto de vista con que está planteado este estudio, se pueden destacar tres subsectores (o minería sobre tres sustancias minerales) con minería actual, y posibilidades de sostenimiento y aún de desarrollo, cuyas problemáticas en relación a las estructuras residuales son muy diferentes, y merecen una consideración especial.

Por una parte, se menciona la minería de las arcillas especiales (sepiolita y afines), con un único centro de explotación (arranque y tratamiento) en el término municipal de Orera, cerca de Calatayud, de reciente iniciación y ya con importancia nacional e internacional.

Afortunadamente, las buenas características (para su recuperación) de los residuos de esta explotación, así como la política decidida de la empresa explotadora, en el sentido de suavizar



FOTO N° 16: Talud restaurado con plantas arbustivas y arbóreas, y regado, en la mina de sepiolita.

los impactos ambientales de las actividades mineras, permiten destacar los buenos resultados de las prácticas de restauración, que se pueden ofrecer como modelo a otros subsectores.

Otro de los subsectores que se destacan en este capítulo es el de los lignitos. Esta minería tiene una cierta tradición en la zona de Mequinenza, y aunque siempre la producción ha sido reducida, se ha mantenido, y aún las perspectivas de desarrollo son favorables.



FOTO N° 17: Plaza de mina de lignito con criba en primer plano para separar los gruesos (estériles, a escombrera) de los finos (al lavadero).

La existencia de capas de escasa potencia separadas por estratos estériles ha obligado al laboreo de las capas más potentes, una a una, con grandes dificultades de arranque y pérdida de aprovechamiento del yacimiento, lo que ha producido el escaso interés sobre el mismo, ya que aunque las reservas probables son altas las aprovechables han sido estimadas en cifras mucho más bajas. Pero, se ha de decir que se están produciendo en los momentos actuales dos circunstancias que pueden cambiar las cifras manejadas como reservas aprovechables, por aumento

de las existentes en zonas suficientemente investigadas y por las de otras próximas menos conocidas.

Estas circunstancias son: por un lado, la utilización de un método de laboreo con arranque de varias capas en un paquete por cámaras y pilares, con aumento de dilución y de importancia del lavadero; y por otro, los ensayos realizados en la próxima Central Térmica de Escatrón de combustión en lecho fluido, en la que se utiliza caliza para la absorción del azufre orgánico presente en estos carbones, con formación de sulfato cálcico y eliminación de buena parte de la contaminación derivada de la expulsión de vapores sulfurosos a la atmósfera (lluvia ácida). La combustión de estos carbones en dichas condiciones sería especialmente favorable para ellos puesto que, aparte de la proximidad a la Central, los estériles procedentes de las rocas de caja son carbonatados (margas y calizas), con lo que no solo no serían perjudiciales sino lo contrario.

En todo caso, ambas circunstancias, método de laboreo nuevo y su influencia sobre el aumento de reservas y/o sobre los costes de arranque y tratamiento, así como, la combustión en lecho fluidificado, no están suficientemente experimentados en el momento en que se escriben estas líneas como para sacar conclusiones definitivas.

De todas formas, ha de ser expresada la situación actual:

existen dos centros de producción, uno con el lavadero en la provincia de Lérida y el otro en la de Zaragoza, con salida del mineral por varias bocaminas (salidas al exterior de galerías horizontales sobre las capas explotadas), con escombrera de estériles a bocamina, en ladera sobre un escarpe a cuyo pie está un importante pantano. Además, el lavadero en actividad en esta provincia vierte sus residuos sobre el mismo escarpe, produciendo el conjunto, además de un importante impacto visual (por el color negro contrastante), el arrastre de los finos de la escombrera por aguas de lluvia, inestabilizándola y contaminando las aguas del pantano. (Foto nº 18).



FOTO Nº 18: Vista general del escarpe en que se encuentran escombreras antiguas y modernas, bocaminas y edificios de oficinas abandonados.

Por todo ello, dadas las circunstancias actuales y las perspectivas de futuro razonablemente optimista, se llama aquí la atención sobre los impactos ambientales derivados de estas explotaciones, y se recomienda mayor atención sobre las escombreras, en el sentido de su control, situándolas, en la medida de lo posible, fuera del escarpe sobre el pantano (especialmente la del lavadero), y construyendo en su pie diques mayores que los actuales, para contener los arrastres de materiales de los taludes producidos por las aguas de lluvia.

Finalmente, se ha considerado especialmente en este estudio la minería de los alabastros ornamentales, por la gran cantidad de estructuras residuales producidas y por la proximidad de las mismas a centros de población y zonas de interés agrícola.

Los alabastros aprovechados se encuentran formando capas prácticamente horizontales, de mayor o menor potencia e intercalados entre estratos de arcillas o margas muy arcillosas. Como las capas no son muy potentes son ripados con facilidad con bulldozers, de forma que la minería es muy sencilla: un solo bulldozer realiza el desmonte previo, arranca y amontona el material válido, con forma de bolos redondeados y de diferentes dimensiones, arrojando a la escombrera (al pie del frente de arranque) arcillas de desmonte y de estratos intercalados, así como alabastros procedentes de estratos de menor potencia o de inferior calidad. (Foto nº 19).



FOTO N° 19: vista de un frente de arranque de alabastros (estratos delgados y blancos). La escombrera está pegada al frente.

Con esta facilidad de arranque y características de los yacimientos, de gran extensión horizontal, escasa potencia y calidad variable, se han producido la gran cantidad de estructuras que se pueden contemplar en los términos municipales de Fuentes de Ebro, Quinto, Gelsa, Velilla, La Zaida, Sástago, etc.

Los materiales que forman las escombreras son, por un lado, predominantemente finos y por tanto fácilmente erosionables

(aunque inertes), y por otro, los bolos de yesos que, expuestos a la meteorización son fácilmente disueltos y arrastrados por las aguas de lluvia. Además, los colores de los materiales frescos son fuertemente blancos e impactantes sobre su entorno, lo que es especialmente apreciable en las estructuras situadas sobre el escarpe del río Ebro en la zona de Velilla, y Quinto. Es de señalar que la meteorización (muy rápida) produce un efecto de oscurecimiento de su superficie, e integración cromática en su entorno.

Dadas estas circunstancias de ubicación de los yacimientos, características de los estratos útiles y litología de los residuos (favorable para la restauración), se recomienda un mejor estudio geológico de los estratos de valor ornamental, para la realización de menores frentes, así como el empleo de prácticas de restauración paralelas al arranque, cubriendo los yesos con las arcillas (más abundantes), y diseñando taludes estables sobre los que la climatología pueda producir la escasa vegetación natural de la zona.

11.- PROPUESTAS DE ACTUACION

Se ha analizado en capítulo específico de este estudio la importancia socioeconómica de la minería de esta provincia, su posible repercusión sobre industrias de mayor o menor relevancia a nivel regional o nacional, las posibilidades de futuro de sus yacimientos, así como las repercusiones ambientales derivadas de la explotación de los mismos.

Las conclusiones de todo ello se podrían resumir aquí de la siguiente forma: la minería en su conjunto es un subsector económico poco importante, tanto comparándolo con el correspondiente en otras provincias de la región o del país, como con el conjunto de la economía provincial, fundamentalmente orientada a la industria y servicios. De la producción minera de esta provincia se podría destacar una explotación de arcillas especiales de consideración, dos de lignitos negros de reducidas dimensiones (en conjunto con una producción sobre las 300.000 t/a), aunque con posibilidades de desarrollo (por la existencia de reservas y por la eliminación de muchos de los problemas derivados de su combustión al hacerlo por el procedimiento del lecho fluido), y un montón de pequeños frentes de arranque de alabastros ornamentales, de actividad intermitente, que abastecen a la industria

de la artesanía situada en la provincia de Navarra y, últimamente, se orientan a la exportación en bruto hacia Italia, con una mejor industria de elaboración y, sobretodo, mejor control del mercado internacional. Además, las correspondientes explotaciones de rocas para áridos, sobre macizos rocosos y sobre aluviones, para cementos y arcillas cerámicas, que, en su conjunto, son de cierta importancia, como corresponde al valor relativo de la economía de esta provincia.

Se analizaron también las diferentes modalidades de impactos ambientales derivados de estas actividades, comprobando su existencia aunque de escasa importancia en general, así como el reducido valor de los residuos en sí mismos y de los problemas de estabilidad de estructuras residuales.

Se insistirá, por lo tanto, en las repercusiones ambientales de las explotaciones de materias primas e instalaciones mineroindustriales de primera fase, sugiriendo las líneas de actuación para reducirlo, en la filosofía presente en la última legislación sobre estructuras residuales mineras, en que se expresa que deben contemplarse, como mínimo:

- La reconstrucción estabilizada del suelo y su acondicionamiento superficial por revegetación o de otro tipo.

- La protección de las aguas y del paisaje, con especial atención a vertederos y posibles huecos finales.
- La corrección de las agresiones al medio físico, socioeconómico o cultural, y lucha contra el polvo, ruido y vibraciones, con el fin de minimizar los riesgos y efectos negativos ocasionados al medio natural.

Los impactos ambientales ocasionados por las actividades mineras o mineroindustriales de la provincia de Zaragoza se podrían resumir de la siguiente forma: impactos visuales producidos por grandes estructuras con morfología artificial y con colores fuertemente contrastantes con los del entorno, como los oscuros presentes en las producidas en las mineras de carbón e hierro, y los blancos en las de caolín, yesos y alabastros, agravados en los casos de proximidad a vías de comunicación o centros de población de importancia (como pasa con los alabastros); contaminación de aguas, tanto superficiales como subterráneas, producida por los residuos de las mineras metálicas, de carbón, yesos y sal gema, con mayor incidencia cualitativa en los dos primeros casos, y mayor cuantitativa en los yesos y sal gema por la facilidad de disolución de estos minerales.

Y finalmente, producción de polvo, ruidos y vibraciones en todas las instalaciones de arranque y tratamiento (especialmente en la trituración y clasificación), cuyos efectos son especialmente

relevantes en las explotaciones de áridos pues, además de su peculiar proceso de trabajo productor de estas molestias en el entorno, suelen ocupar situaciones próximas a vías de comunicación y centros de población importantes, ya que en este subsector la distancia al punto de consumo es condicionante fundamental.

En definitiva, las recomendaciones que se proponen, para cada uno de los subsectores mineros de esta provincia, en orden a la suavización del impacto ambiental derivado de su actividad, son las siguientes:

a) Explotaciones de lignito

Son sobradamente conocidos los impactos ambientales de todo tipo producidos por esta minería, que ha provocado la primera legislación preventiva específica, por la que la primera recomendación que se puede hacer es la contemplada en dicha ley.

En esta provincia las explotaciones (2) son de interior y de reducidas dimensiones, por lo que las estructuras residuales son pequeñas, aunque la tendencia es al aumento de la importancia del lavadero y por tanto, de sus balsas y escombreras de finos residuales, con contenidos en azufre y carbón, fácilmente solubles o arrastrables por aguas torrenciales, además de fuertemente oscuros. Desgraciadamente, las bocaminas están en un escarpe sobre un pantano importante, con lo que el impacto visual queda

realizado, lo mismo que la posible contaminación de las aguas del río. Por todo ello, en esta minería se recomienda:

- Evitar en lo posible verter materiales residuales sobre dicho escarpe, buscando ubicaciones sin visibilidad desde el pantano.
- Mucho menos los residuos de lavadero que, aparte del impacto visual, son más fácilmente disueltos y arrastrados.
- Proteger los pies de las estructuras presentes con muros estabilizados e impermeables que retengan los arrastres de los materiales finos de los taludes.
- Construir, en el lugar elegido no visible desde la carretera, balsas y escombreras adecuadamente estabilizadas y protegidas de la posible erosión, para evitar la contaminación de las aguas superficiales en caso de lluvias torrenciales.

b) Explotaciones de yesos y alabastros

Las explotaciones de este tipo en esta provincia son muy numerosas y su incidencia ambiental es doble: impacto visual por el color blanco de la roca fresca, potenciado por una ubicación especialmente desafortunada (muy visible), y un incremento de la contaminación de aguas por disolución del mineral fresco expuesto a la meteorización.

Para evitar o suavizar estas incidencias se recomienda:

- Estudio geológico-minero previo del yacimiento con vistas a concentrar las explotaciones en los lugares más adecuados, desde el punto de vista económico y ambiental, y proyectar la restauración de escombreras en labores paralelas a las de arranque (dada la gran velocidad de avance).
- Cuidar especialmente de cubrir los bloques residuales de alabastros (productores de los impactos), con materiales finos (arcillas y margas), que en estas explotaciones sobran, para facilitar la restauración natural de los taludes y superficies.
- Diseñar taludes finales suaves y ayudar con una siembra inicial de especies autóctonas, para evitar la erosión de los mismos y facilitar el crecimiento de vegetación.

c) Explotaciones de hierro y sal gema

El impacto ambiental más relevante provocado por las estructuras residuales de estas explotaciones, es la contaminación de las aguas debida a la disolución y arrastres de finos producidos por las lluvias torrenciales.

Para paliar esta incidencia se recomienda un estudio más

cuidadoso de la ubicación de la estructura, así como protección de los taludes y pie de las escombreras actuales con materiales inertes, construyendo barreras impermeables para retener dichos arrastres.

d) Explotaciones de áridos

En estas explotaciones, tanto sobre materiales disgregados como sobre macizos rocosos, muy abundantes en la provincia, se producen especialmente polvo, ruidos y vibraciones, debidos a las actividades de trituración y clasificación, con menor incidencia de las estructuras residuales, y, evidentemente, su impacto será proporcional a la cantidad y proximidad de personas afectadas. Es, por ello, factor fundamental de impacto, la ubicación. Como, por otra parte, la abundancia de yacimientos no condiciona una situación determinada, constituye una razón de más para la elección cuidadosa de estas instalaciones en orden a la suavización de sus impactos sobre el entorno.

- Se recomienda también una concentración de explotaciones, de forma que las mejoras en productividad por las economías de escala faciliten las actividades de control de impactos.
- Sobre las instalaciones abandonadas o a punto de serlo, se recomienda también la aplicación de medidas correctoras, con cubrición de estructuras residuales con materiales

arcillosos vegetales; arranque de infraestructuras como cimentaciones y estructuras metálicas, y cubrición también con materiales arcillosos integrables en su entorno. Plantación de barreras vegetales visuales protegiendo los ángulos de mayor visibilidad. Suavización y protección de los taludes, etc.

12. RESUMEN Y CONCLUSIONES

Se ha realizado el Inventario de Balsas y Escombreras mineras de la provincia de Zaragoza, con la metodología desarrollada y revisada recientemente por el IGME, en el sentido de definir lo mejor posible las estructuras residuales mineras y especialmente sus condiciones de implantación.

Asimismo se ha ampliado de manera notable el campo de actuación de los objetivos de este trabajo, añadiendo a las estructuras creadas por la minería metálica y energética las correspondientes a las minerías de rocas industriales en general, y a los objetivos prioritarios de definir las condiciones de estabilidad, los no menos importantes de analizar las diferentes modalidades de impacto ambiental producido por las actividades mineras.

Los resultados del trabajo de inventario de las estructuras mineras de esta provincia se presentan en fichas que recogen los datos de situación, implantación, características geométricas, condiciones de estabilidad e impacto ambiental, así como un croquis de situación (a escala aproximada 1:50.000), un esquema estructural y unas evaluaciones mineras, geomecánicas y ambientales. Se acompaña una fotografía de la estructura, o grupo de estructuras, y su entorno.

Se ha realizado un listado de estructuras (en el Anejo correspondiente), en el que, junto a las balsas o escombreras analizadas y en su fichas descriptivas, se mencionan con una descripción más somera aquellas otras estructuras residuales que por la escasa importancia de su volumen o su incidencia en el entorno, no han merecido un análisis más detallado, al menos en este inventario inicial que, referido a estructuras vivas, debe ser considerado como abierto a nuevas estructuras y a nuevas problemáticas.

Se podrian resumir los resultados de este trabajo en los siguientes puntos:

- La minería actual sobre minerales metálicos se reduce a una pequeña explotación de interior de óxidos de hierro orientados a su utilización como pigmentos naturales (Ocre), aunque en esta explotación existen indicios de labores más importantes (reflejadas en las escombreras). El resto de los indicios mineros con estructuras residuales está formado por 2 pequeñas escombreras de labores de interior de minerales de cobre. Las posibilidades de reactivación de esta minería son mínimas.
- La producción de minerales energéticos se concentra en la zona de Mequinenza, en dos minas de interior (con una producción global de unas 300.000 t/a), junto a numerosos indicios de labores abandonadas, todos ellos con escombreras muy pequeñas por el tipo de laboreo practicado, así como por la recuperación de muchas de ellas,

Las perspectivas de desarrollo de esta minería, a favor de los resultados positivos de los ensayos de combustión en lecho fluido que se practican en la actualidad en la próxima central térmica de Escatrón, que como se sabe, suavizan en gran medida los impactos ambientales debidos a la abundancia de azufre orgánico en estos carbones (causa fundamental de la llamada lluvia ácida), así como por la existencia (conocida, probable y posible) de abundantes reservas, permiten deducir que son buenas, y es posible, a corto y medio plazo, multiplicar la producción actual por un coeficiente 2 ó 3.

Se llama la atención aquí, desde el punto de vista de este estudio, que el método de explotación que se ha impuesto recientemente (cámaras y pilares), supone una mayor importancia del lavadero y de sus correspondientes estructuras residuales, por lo que las posibles repercusiones ambientales de estas explotaciones también son crecientes y deben ser cuidadas.

- Existe un único centro de explotación de arcillas especiales, cuyas dimensiones, prácticas de restauración de escombreras, reservas de mineral e introducción en el mercado, pueden considerarse modélicas y con buenas posibilidades de sostenimiento.

La minería más relevante desde el punto de vista de la creación de estructuras residuales, y por la situación de éstas en zona densamente habitada, es la de yesos y alabastros, con

un gran número de estructuras relativamente impactantes, cuyo mejor cuidado se ha recomendado en este estudio.

- El resto de la producción minera, con la excepción de las explotaciones subterráneas de Sal gema en Remolinos, se reduce a la extracción y preparación de arcillas cerámicas y áridos (de macizos rocosos y de aluviones) para balastos, aglomerados y cementos.

Para estas explotaciones, muy deseminadas y para abastecimiento de un mercado local, que es importante y con buenas perspectivas de desarrollo a medio plazo, se ha recomendado la concentración (para reducir su número y mejorar la productividad), la mejor ubicación (por el área afectada) y el empleo de prácticas de reducción de impactos por producción de polvo, ruidos y vibraciones.

- Se ha elaborado un Listado (Anejo nº 2) con un total de 458 estructuras, con sus datos más significativos, como son identificación, situación, volumen y litología, de las cuales, 216, por su mayor relevancia por volumen almacenado, posible reutilización o condiciones de implantación, se han analizado más cuidadosamente en las correspondientes Fichas (Anejo nº 3).

- La mayor parte de las estructuras inventariadas corresponde a la minería de yesos y alabastros (80,37%), existiendo también un buen número correspondientes a las de caliza (36, 16,7%), lignito (31, 14,4%), arcilla (25, 11,6%) y gravas (23, 10,6%).

- Todas las estructuras inventariadas son ESCOMBRERAS, prueba de la escasa actividad minero-industrial de la provincia.

- Por su situación se pueden agrupar en ACTIVAS (63, 29,2%), PARADAS (46, 21,3%) y ABANDONADAS (107, 49,5%).

- Por su tipología predominan en LADERA (94, 43,5%), lo que junto al tipo mixto LADERA-LLANURA (66, 30,6%), prueba la accidentada topografía del terreno en que se encuentran.

- Por el VOLUMEN almacenado se puede decir que son, en general, pequeñas, pues 125 (57,8%) tienen menos de 10.000 m³, y 174 (80,5%) menos de 20.000 m³. Sólomente hay 10 (4,7%) con más de 50.000 m³.

- Por la ALTURA, y como corresponde al volumen, y topografía se puede decir que son bajas o medias. 151 (69,9%) tienen menos de 10 m. de altura, 56 (25,9%) entre 11 y 20m, y solamente 3 (1,4%) más de 30m.

- El sistema de vertido predominante es con PALA (94,43,5%) empleado en las explotaciones de alabastros, y le sigue el mixto PALA-VOLQUETE empleado en 70 (32, 4%) estructuras. Ambos constituyen el 75, 9% del total.

- Se han analizado las condiciones CLIMATICAS de la provincia, por su incidencia sobre la estabilidad e impacto ambiental producido

por las estructuras residuales, y se puede decir que, por un lado, son positivas en el sentido de que la pluviosidad es baja (al menos en las zonas en que se concentran las escobreras), pero por otro son negativas puesto que frecuentemente su intensidad es torrencial y, además, la frecuencia de heladas es muy alta.

- Las condiciones SISMICAS de la provincia, muy importantes para la estabilidad de este tipo de estructuras son, al menos en la zona en que se concentran (al Sur), buenas. Está situada bajo la influencia de las isolíneas de riesgo sísmico menor que VI, y según la Norma Sismorresistente PDS-1.1974, no es necesario tomar medidas especiales en su diseño y construcción por este concepto.

- Se han analizado las condiciones de ESTABILIDAD de las estructuras, destacando la presencia frecuente de erosiones en los taludes y superficies producidas por aguas de lluvia, a favor de la fina granulometría predominante en las correspondientes a las minerías de arcillas, yesos y alabastros.

- Las modalidades de IMPACTO AMBIENTAL detectadas en esta provincia son: impacto visual producido por las estructuras de yeso y lignito, con colores fuertemente contrastantes y ocupando lugares muy visibles; contaminación de aguas debido a la disolución y arrastres de finos en las anteriores y en las de hierro y Sal gema; y producción de polvo, ruidos y vibraciones (debidos a

las actividades de trituración y clasificación), en las explotaciones de áridos.

- Se han analizado las posibilidades mineras de la provincia y la incidencia posible de un desarrollo sobre la creación de estructuras residuales, así como las características de estas.

- Se han analizado las posibilidades de reutilización de las estructuras, tanto por el valor minero de los materiales almacenados, como por el del espacio físico ocupado.

- Se han analizado las condiciones socioeconómicas de la provincia, y la importancia del subsector minero en el desarrollo de la misma, destacando el necesario apoyo a la producción de materias primas (aunque sea con un nivel mínimo de preparación) a dicho previsible desarrollo.

- Finalmente se realizan unas propuestas de actuación en los casos singulares en que por la intensidad de la incidencia, real o potencial, o por proximidad a centros de población, industriales o turísticos, o por la existencia de una gran cantidad de estructuras próximas ocupando un espacio físico importante, se hace conveniente acometer una serie de medidas correctoras, a fin de paliar en lo posible tales incidencias.

13.- BIBLIOGRAFIA

- BANCO DE BILBAO
Renta Nacional de España y su distribución provincial 1.985.

- FUNDACION GOMEZ PARDO.
Curso sobre el diseño y control de escombreras y presas de residuos mineros. Madrid 1984.

- FUNDACION GOMEZ PARDO
Curso sobre las alteraciones en el medio ambiente y la restauración de terrenos en minería a cielo abierto. Madrid 1984.

- INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL. Memoria del conjunto provincial.
Madrid.

- *IGME. Revisión crítica de la Metodología y Nivel de Actualización del Inventario Nacional de Balsas y Escombreras. Huelva y Asturias Madrid 1.984.

- *IGME. Manual para el diseño y construcción de escombreras y presas de residuos mineros.
Madrid 1.986.

- * IGME. Guia para la restauración del medio natural afectado por las explotaciones de canteras.
Madrid 1985.

(* IGME: en la actualidad ITGE)

- * IGME. Determinación de parámetros geomecánicos con vistas al estudio de estabilidad de balsas y escombreras en la minería del carbón
Madrid. 1980.

 - * IGME. Síntesis de las investigaciones geológico-mineras realizadas en Aragón.
Madrid. 1981.

 - * IGME. Mapa geológico de España 1:200.000. Síntesis de la cartografía existente. Hojas Nº 22 (Tudela), 32 (Zaragoza), 33 (Lérida), 40 (Daroca) y 41 (Tortosa).
Madrid.

 - * IGME. Mapas metalogenéticos y de rocas industriales. Hojas número 22, 32, 33, 40, 41.
Madrid.

 - * IGME. Ordenación y Valoración geológico minera de Aragón, para el establecimiento de una sistemática de investigación minera integral
Madrid. 1978.

 - I.N.E. Censos de Población.

 - I.N.E. Encuestas de Población Activa (E.P.A.)
- (* IGME: en la actualidad ITGE)

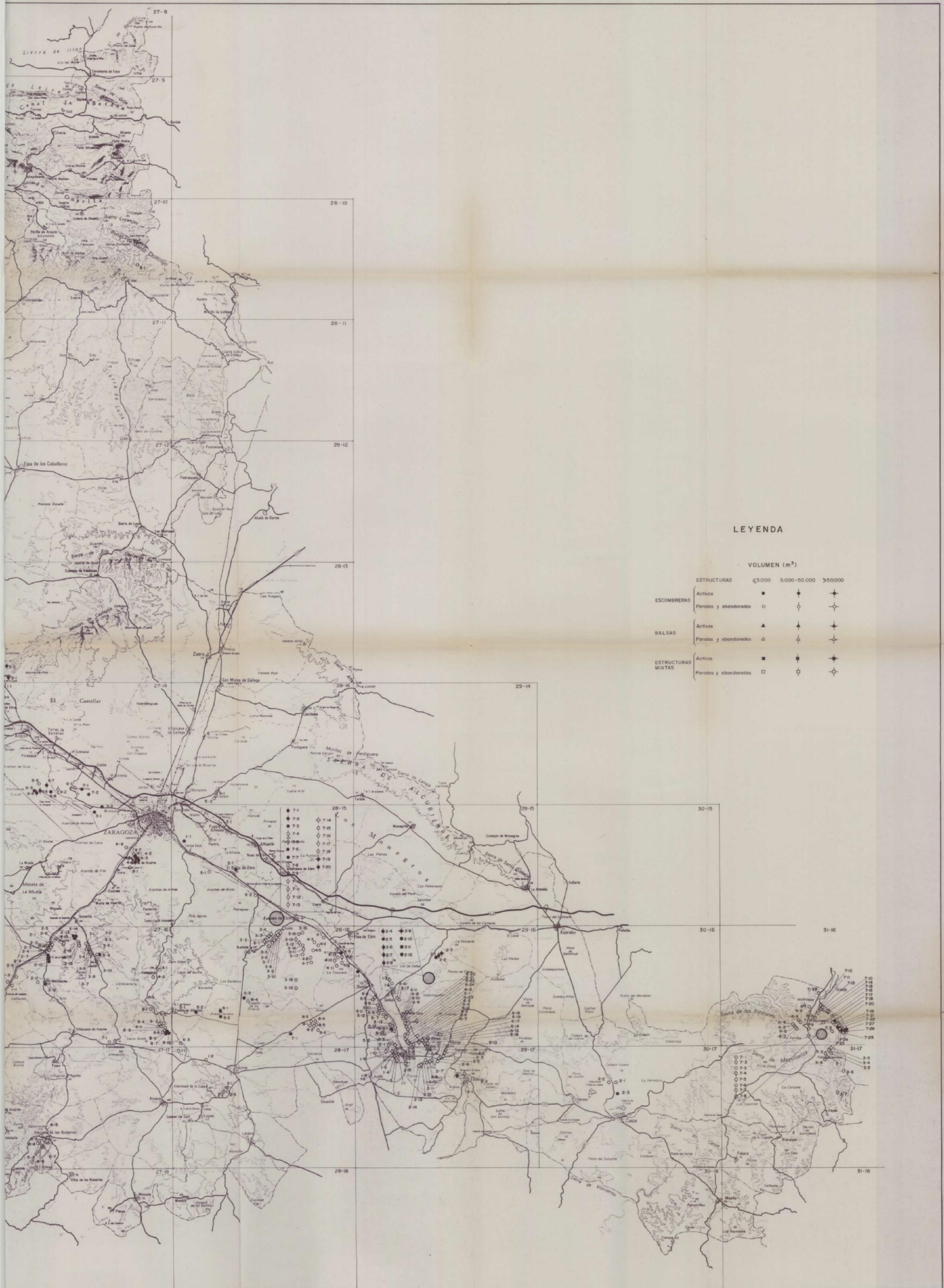
- MINER. Anuarios de Estadística Minera de España.
Madrid 1982-84-85-86.

- MINISTERIO DE TRANSPORTES, TURISMO Y COMUNICACIONES.
Climatología de España y Portugal. Font Tullot I. Madrid 1983.

- MINISTERIO DE TRANSPORTES, TURISMO Y COMUNICACIONES
Atlas climático de España. Madrid 1983.

- PRESIDENCIA DEL GOBIERNO.
Norma sismorresistente PDS-1 (1974) Madrid.

PLANO DE SITUACION



LEYENDA

		VOLUMEN (m ³)		
		≤5.000	5.000-50.000	>50.000
ESCOMBRERAS	Activas	●	◆	◆
	Paradas y abandonadas	○	◇	◇
BALSAS	Activas	▲	▲	▲
	Paradas y abandonadas	△	△	△
ESTRUCTURAS MIXTAS	Activas	■	■	■
	Paradas y abandonadas	□	□	□

Instituto Tecnológico
Geológico de España

PROYECTO				INVENTARIO DE BALSAS Y ESCOMBRERAS MINERAS		CLAVE
DIBUJADO				FECHA		1988
COMPROBADO				AUTOR		A. Martínez
ESCALA				1:200.000		CONSULTOR
ZARAGOZA				PLANO N°		1
CONSULTOR				SOCIMEP		