



Instituto Tecnológico  
GeoMines

# INVENTARIO NACIONAL DE BALSAS Y ESCOMBRERAS

## LA CORUÑA

TOMO 1:  
MEMORIA Y PLANO DE  
SITUACION



MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA

01034  
AÑO 1989

INVENTARIO NACIONAL DE BALSAS Y ESCOMBRERAS

LA CORUÑA

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<sup>a</sup> Pernía Llera

Ingeniero de Minas

Director del Estudio.

Por SOCIMEP

D. Antonio Martínez Sánchez

Ingeniero de Minas.

Se agradece la colaboración prestada para la realización de este trabajo, a la Sección de Minas de la Delegación Provincial de la Conselleria de Industria, Comercio y Turismo, así como a las personas responsables de las empresas mineras visitadas.

TOMO 1 : MEMORIA Y PLANO DE SITUACION

TOMO 2 : ANEJO N° 1: CARACTERISTICAS GENERALES DE  
LAS ESTRUCTURAS CON FICHA.

ANEJO N° 2: LISTADO

ANEJO N° 3: FICHAS

MEMORIA

# INVENTARIO NACIONAL DE BALSAS Y ESCOMBRERAS

L A C O R U Ñ A

---

## 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. METODOLOGIA .....	5
2. MARCO FISICO .....	31
2.1. EL TERRITORIO .....	31
2.2. RELIEVE .....	31
2.3. HIDROGRAFIA .....	34
2.4. CLIMA .....	35
2.5. SISMOLOGIA .....	44
3. MARCO SOCIECONOMICO .....	47
3.1. POBLACION .....	47
3.2. ESTRUCTURA ECONOMICA .....	48
4. SINTESIS GEOLOGICA .....	50
4.1. RASGOS GENERALES .....	50
4.2. ESTRATIGRAFIA .....	52
4.3. TECTONICA .....	55
4.4. ROCAS IGNEAS Y FILONIANAS .....	58

	<u>PAGINA</u>
5. ANALISIS DE LA ACTIVIDAD MINERA .....	60
5.1. MINERIA ACTUAL .....	60
5.2. POSIBILIDADES MINERAS .....	64
6. CARACTERISTICAS GENERALES DE LAS ESTRUCTURAS	
RESIDUALES MINERAS .....	72
6.1. ZONACION .....	72
6.2. RESUMEN ESTADISTICO .....	80
6.3. CARACTERISTICAS GENERALES .....	88
7. CONDICIONES DE ESTABILIDAD .....	106
7.1. FORMAS Y CAUSAS DE INESTABILIDAD .....	107
8. ANALISIS DE IMPACTO AMBIENTAL .....	114
8.1. CRITERIOS GENERALES .....	114
8.2. EVALUACION GLOBAL DEL IMPACTO .....	124
8.3. EVALUACION DE LAS CONDICIONES DE IMPLANTACION DE ESCOMBRERAS Y BALSAS .....	126
8.4. CONCLUSIONES .....	144
9. REUTILIZACION DE ESTRUCTURAS .....	150
9.1. UTILIDAD DE LOS RESIDUOS ALMACENADOS .....	151
9.2. UTILIDAD DEL ESPACIO FISICO OCUPADO .....	154
10. CONSIDERACIONES ESPECIALES EN CASOS SINGULARES .....	158
11. PROPUESTAS DE ACTUACION .....	170

	<u>PAGINA</u>
12. RESUMEN Y CONCLUSIONES .....	180
13. BIBLIOGRAFIA .....	189

### 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

## LA CORUÑA

---

### 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

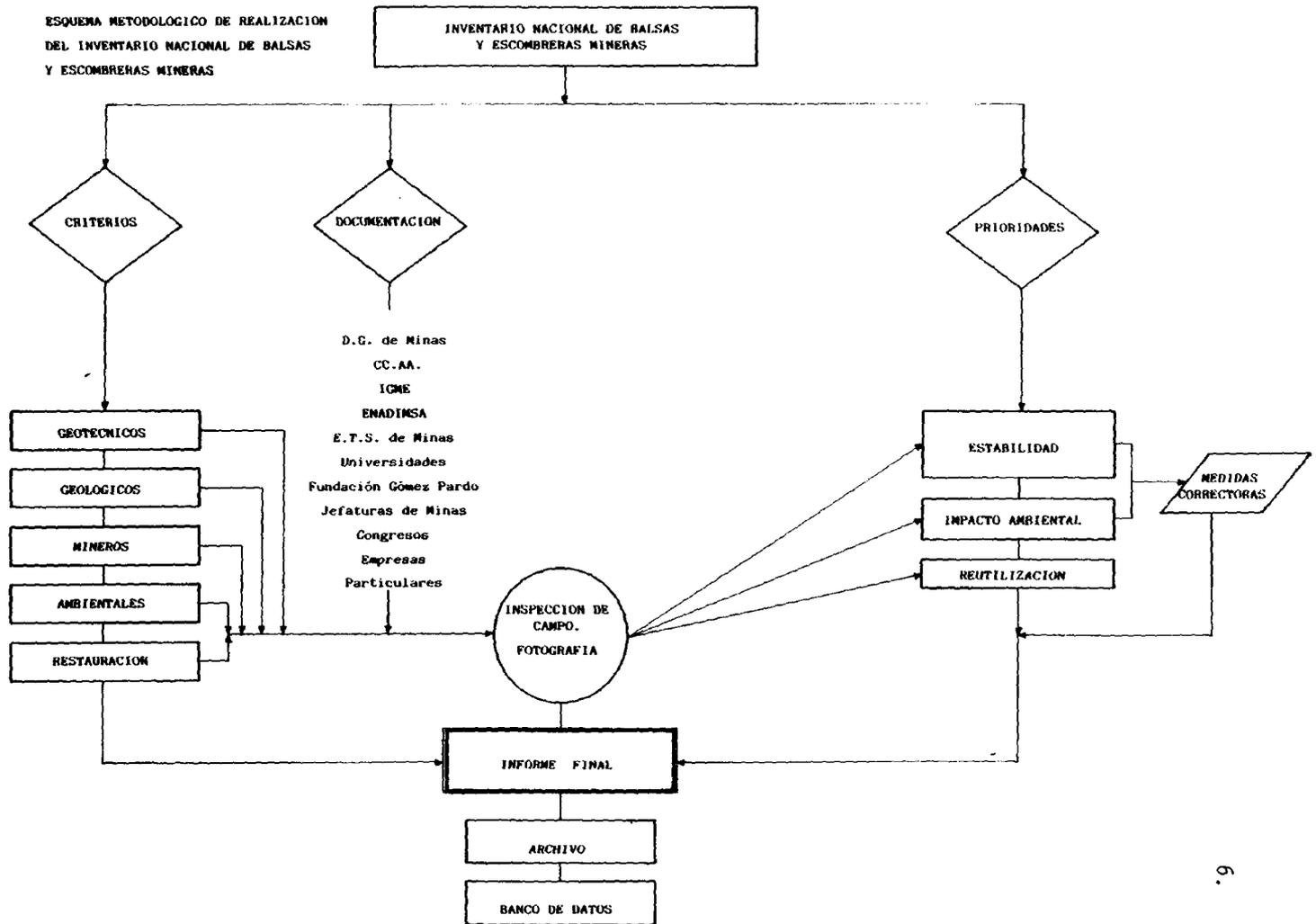
En la página siguiente se presenta el Esquema Metodológico de Realización del Inventario Nacional de Balsas y Escombreras Mineras, en que se resume la metodología del trabajo.

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

ESQUEMA METODOLOGICO DE REALIZACION  
DEL INVENTARIO NACIONAL DE BALSAS  
Y ESCOMBREHAS MINERAS



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.

- \* En 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 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) \_\_\_\_\_

PROPIETARIO EMPRESA (7) \_\_\_\_\_

AÑO FINAL (5) \_\_\_\_\_

DENOMINACION (8) \_\_\_\_\_ PROV. (9) \_\_\_\_\_

AÑOS DE INVENT. (6) \_\_\_\_\_

MUNICIPIO (10) \_\_\_\_\_ PARAJE (11) \_\_\_\_\_

**MINERIA**

TIPO (12) \_\_\_\_\_

COORDENADAS U.T.M. (15) \_\_\_\_\_ X \_\_\_\_\_ Y \_\_\_\_\_ Z \_\_\_\_\_ TIPO DE TERRENO (19) \_\_\_\_\_

ZONA MINERA (13) \_\_\_\_\_

LONGITUD (m) (20) (16) ANCHURA (m) (21) (17) ALTURA (m) (22) (18) TALUDES (°) (23)

MENA (14) \_\_\_\_\_

VOLUMEN (m<sup>3</sup>) (24) VERTIDOS (m<sup>3</sup>/año) (25) TIPOLOGIA (26) \_\_\_\_\_

**IMPLANTACION**

EMPLAZAMIENTO (27) \_\_\_\_\_

**SUSTRATO**

NATURALEZA (32) \_\_\_\_\_

**RECUBRIMIENTO**

NATURALEZA (37) \_\_\_\_\_

PRE. TERRENO (28) \_\_\_\_\_ AGUAS EXT. (29) \_\_\_\_\_

ESTRUC. (33) \_\_\_\_\_ FRACTURACION (34) \_\_\_\_\_

POTENCIA (m) (38) \_\_\_\_\_ RESISTENCIA (39) \_\_\_\_\_

TRATAMIENTO (35) \_\_\_\_\_ N. FREATICO (31) \_\_\_\_\_

PERMEAB. (36) \_\_\_\_\_ GRADO DE SISMIC. (36) \_\_\_\_\_

PERMEAB. (40) \_\_\_\_\_

**ESCOMBRERAS**

TIPO DE ESCOMB. (Litología) (41) \_\_\_\_\_ TAMAÑO (42) \_\_\_\_\_ FORMA (43) \_\_\_\_\_ ALTERAB. (44) \_\_\_\_\_ SEGREG. (45) \_\_\_\_\_ COMPACIDAD IN SITU (46) \_\_\_\_\_

BALSAS. DIQUE INICIAL LONGITUD (48) ANCHO BASE (49) ANCHO CORON. (50) ALTURA (51) TALUD (°) (52) MURO SUCESIVO SISTEMA RECRC. (53) NATURALEZA (54) ANCHO (55) \_\_\_\_\_

NATURALEZA (47) \_\_\_\_\_

BALSAS. LODOS GRANULOMETRIA NATURALEZA (56) PLAYA (57) Balsa (58) CONSOLID. (59) \_\_\_\_\_

SISTEMA DE VERTIDO (60) \_\_\_\_\_

DRENAJE (64) \_\_\_\_\_

ESTABILIDAD. EVALUACION CUALITATIVA (68) \_\_\_\_\_ COSTRAS (69) \_\_\_\_\_

VELOCIDAD DE ASCENSO (cm/año) (61) \_\_\_\_\_

RECUPERACION DE AGUA (65) \_\_\_\_\_

PROBLEMAS OBSERVADOS (70) \_\_\_\_\_

PUNTO DE VERTIDO (62) \_\_\_\_\_

SOBRENADANTE (66) \_\_\_\_\_

PROBLEMAS OBSERVADOS (70) \_\_\_\_\_

TRATAMIENTO (63) \_\_\_\_\_

DEPURACION (67) \_\_\_\_\_

PROBLEMAS OBSERVADOS (70) \_\_\_\_\_

IMPACTO AMBIENTAL (71) \_\_\_\_\_ PAISAJE HUMO POLV. VEG. AGUAS SUP. ACUIF.

RECUPERACION (75) \_\_\_\_\_

ABANDONO Y USO ACTUAL

(72) \_\_\_\_\_

DESTINO (76) \_\_\_\_\_

NAT. VEG. OTRAS

ZONA DE AFECCION (73) \_\_\_\_\_

LEY (77) \_\_\_\_\_

PROTECCIONES (78) \_\_\_\_\_

ACCIDENTES, AÑOS (74) \_\_\_\_\_

CALIDAD OTROS USOS (79) \_\_\_\_\_

USO ACTUAL (80) \_\_\_\_\_

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 FREATICO: 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: Desección: 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	TOBAS
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	SUVEG

<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
Feldespató	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.- MARCC FISICO

### 2.1.- EL TERRITORIO

La provincia de La Coruña, tiene en la actualidad una extensión de 7.876 kilómetros cuadrados y una población, en 1975, de 1.042.880 habitantes que representan el 1,5 y el 2,9 por 100 de la extensión y población nacionales. Sus límites orientales se hicieron coincidir con parte de las montañas interiores de Galicia, los meridionales con la ría de Arosa y el curso del Ulla, el mayor de los ríos gallegos hecha excepción de la gran arteria Miño-Sil. Los occidentales y septentrionales constituyen un amplio arco que une el Cantábrico al Atlántico y en cuya unión se recorta el seno coruñés, la comarca más vital de la provincia. Esta, con sus 786 kilómetros de litoral, es la más marítima de todas la provincias españolas peninsulares. Su perímetro costero representa el 20,13 por 100 del litoral español peninsular y da la proporción de 1 kilómetro de costa por cada 10 kilómetros cuadrados de superficie frente a los 130 que, como promedio, corresponden a la España peninsular.

### 2.2. .- El relieve

La topografía es muy movida en toda la extensión provincial, salvo en las llanuras litorales y cursos medio y bajo del Ulla.

Por la proximidad al mar y el alejamiento de las altas sierras orientales la altitud nunca es elevada (el 34,68 por 100 del territorio está a menos de 200 m y sólo el 2,05 por 100 supera los 600), de ahí que cotas que lleguen a alcanzar 500 metros se consideren muy altas y se denominen sierras o montañas a las tierras algo más bajas que las rodean. Es, en efecto, una provincia de débil altitud media, pero de relieve bastante "enérgico", muy disecado, que desde el E. desciende bruscamente hacia el N. y suavemente hacia el O., aunque en determinados sectores termine en plataformas elevadas.

Dentro de la aparente uniformidad que sugiere esta topografía se pueden distinguir las siguientes unidades de relieve:

a) Las sierras del E. y SE., de La Loba, Caba da Serpe (828 m) y Faladoira, son parte de las montañas interiores de Galicia que establecen la divisoria hidrográfica entre el curso superior del Miño y los derrames cántabroatlánticos. En dirección NE,-SO. dividen la penillanura fundamental de Galicia que, aunque característica del interior, traspasa la divisoria administrativa entre las provincias de La Coruña y Lugo. Estas sierras son desde el punto de vista de su morfogénesis relieves residuales de posición y resistencia respecto a la superficie de erosión inframiocena o penillanura fundamental.

b) La penillanura fundamental de Galicia al N. y NO., desde

la ría del Barquero hasta la de Lage, es el rasgo dominante del paisaje. Termina en un escarpe sinuoso elevado al nivel de los 400 metros por movimientos de deformación miocénicos. Por debajo de este nivel se encuentra otro, entre 200 y 300 metros, que responde, probablemente, a una superficie de erosión más reciente (tortonense). Es un descenso escalonado hacia el Golfo Artabro, la amplia bahía en la que se recortan las rías de El Ferrol, Ares, Betanzos y La Coruña. Y, antes de llegar a la línea de costa, en el litoral de las rías coruñesas se da un relieve de colinas suavemente rebajadas hacia el mar que son formas elaboradas ya en el Cuaternario. La penillanura continúa también hacia el O. y el S.

c) El litoral, después del de la provincia de Pontevedra el más recortado de la Península, ofrece la belleza paisajística que ha otorgado merecida fama a las rías gallegas. Estas plantean interesantes problemas como el de su origen y el de la diversidad de tipos. Se encuentran en esta provincia rías que corresponden al curso inferior de un río sumergido y que es el responsable de su amplitud y trazado como las rías cantábricas de Ortigueira y el Barquero (ésta compartida con la provincia de Lugo). La de Noya tiene una amplitud y contorno independientes del río que aparentemente origina, el Tambre, cuyo curso, aunque de los más largos (detrás del Ulla), no justifica la amplitud y profundidad de la ría que, indudablemente, tiene un origen doble en el que desempeñaron un papel importante la tectónica y la erosión. Sobre las fallas de dirección SO.-NE., perpendiculares a los afloramientos rocosos

del zócalo, la erosión fue ensanchando la línea de falla haciendo retroceder los escarpes. La ría de Arosa, que esta provincia comparte con la de Pontevedra, es, al parecer, una cubeta de alteración terciaria bajo un paleoclima mioceno subtropical húmedo y, por lo tanto, muy "agresivo", sumergida posteriormente. Si quedó fijado y estabilizado el litoral a finales del Mioceno, hecho sobre el que no hay acuerdo, en el Cuaternario se registró la transgresión flandriense subsiguiente a la deglaciación Würm. En la costa hay también sectores rectilíneos, como el fondo de la ría de Corcubión, que se deben posiblemente a fracturas cuaternarias paralelas a la línea de costa. La desnivelación del bloque costero del Xallas es tan reciente que la erosión lineal de los ríos no ha sido capaz de regularizarla. Las llanuras litorales están ampliamente representadas.

### 2.3 .- Hidrografía

La red fluvial de la provincia de La Coruña, salvo pequeños derrames al E. de la Sierra de Faladoira, se organiza en torno a las dos vertientes, cantábrica y atlántica, que prácticamente no tienen entre sí una solución de continuidad. Todo el territorio está surcado por numerosísimos aunque pequeños ríos (algunos insignificantes) consecuencia de la energía del relieve y el elevado volumen de las precipitaciones. Los afluentes o subafluentes de los ríos Mera (ría de Ortigueira) y los del seno coruñés -ríos Eume (en la ría de su nombre) y Mandeo (en la de Betanzos- son ríos muy cortos

que nacen en los relieves residuales muy próximos a la costa. Los de la vertiente atlántica tienen un recorrido algo mayor. El Tambre, el de la ría de Muros y Noya, 111 kilómetros (1.531 Km<sup>3</sup> de Cuenca) y el Ulla, que termina en la ría de Arosa, 115.

Como todos los ríos de Galicia se encuentran entre los de mayor módulo relativo de la Península por la abundancia de las precipitaciones (el río Tambre en Portomouro tiene un caudal medio anual, o módulo absoluto, de 36 m<sup>3</sup>/seg.). El régimen de estos ríos es oceánico de tipo pluvial neto, el característico de los ríos atlánticos y oceánicos de escaso recorrido, con un máximo invernal y un mínimo estival simples, y su irregularidad interanual es pequeña, también la típica de los ríos de la Europa occidental. Se comprende, por lo apuntado hasta aquí, que los embalses de la provincia se encuentren entre los más pequeños de Galicia.

#### 2.4.- EL CLIMA

En el conjunto del país se presentan dos dominios climáticos fundamentales: el templado-cálido o mediterráneo, cuyo rasgo más característico es la aridez estival; y el templado-frío que, a su vez, se puede subdividir en dos categorías, el subtipo oceánico, caracterizado por precipitaciones abundantes y la presencia de lluvias estivales y, el subtipo continental, con precipitaciones menores y, por zonas, con estación seca.

Dentro de este marco general, la provincia de la Coruña estaría dominada por la variedad climática *TEMPLADO-FRÍO-OCEÁNICO* con estación seca.

Sus precipitaciones son muy abundantes, oscilando frecuentemente entre 900 y 1.600 mm. El máximo pluviométrico tiene lugar en invierno-otoño. El verano es húmedo y lluvioso; no obstante durante algún mes puede haber falta de precipitaciones (julio y agosto).

La temperatura media anual está comprendida entre 12° y 14°. La amplitud térmica, muy moderada, en torno a los 10°.

La temperatura media de ningún mes desciende de los 6°, pero a pesar de ello, el invierno es frío por la fuerte humedad ambiental y la presencia de vientos constantes y fuertes del tercer y cuarto cuadrante.

El número de días de lluvia supera los 150 al año.

Las nevadas son excepcionales y, las heladas escasas, aunque no desconocidas.

El número de horas de sol al año oscila entre 1.800 y 2.400.

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 alta pluviosidad, actúa sobre dichas estructuras en dos sentidos contradictorios. Positivamente, permitiendo (en cuanto las características de sus materiales dan un mínimo de facilidad) la revegetación de las superficies y, por tanto, su protección contra la erosión e integración visual en el entorno, y negativamente, erosionando las superficies en que predominan los tamaños finos o medios, y contaminando las aguas.

Otro factor climatológico con especial incidencia sobre las estructuras, es la intensidad de los vientos dominantes, por su posible acción erosiva y contaminación eólica de su entorno. En esta provincia son frecuentes fuertes vientos dominantes en la franja costera, y de menor intensidad hacia el interior.

Finalmente, la frecuencia de heladas puede constituir otro factor desestabilizador de las estructuras, por su acción de congelación (hinchamiento) y descongelación, aflojando los materiales

y facilitando su erosión. En esta provincia no son frecuentes.

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

## CUADRO N° 1

Región II.1 Estación SANTIAGO  
1931-60 Lat. 42° 53'N Long. 8° 33'W Alt. 260 m

Mes	Temperatura °C					Humedad %	Precipitación			Insolación diaria
	Media		Abso.				Total mm	Máx. 24 h.	N° de días	
	Día	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.					
F	7,6	10,9	4,2	23,0	-8,5	83	203	80	17	3,3
F	8,1	11,9	4,2	24,6	-7,0	79	136	90	14	4,3
Mr	10,2	14,6	5,8	26,8	-2,5	77	173	104	16	1,5
Ab	11,5	16,4	6,5	30,8	0,0	72	108	55	12	6,0
Mj	13,3	18,2	8,3	33,0	1,4	74	107	58	13	6,7
Jn	16,3	21,6	11,1	37,6	4,0	73	64	52	9	10,4
Jl	18,1	23,6	12,6	38,0	5,6	70	38	59	6	8,9
Ag	18,4	23,9	12,9	38,5	6,5	72	49	62	8	8,1
S	16,9	21,8	12,0	36,0	5,5	76	51	80	10	5,6
O	14,1	18,5	9,7	31,4	0,6	79	117	75	13	3,4
N	10,6	14,3	7,0	25,0	-3,0	82	191	154	16	3,8
D	8,3	11,6	5,0	20,0	-4,6	83	178	60	17	3,9
Año	12,8	17,3	8,3	38,5	-8,5	76	1417	151	152	5,9

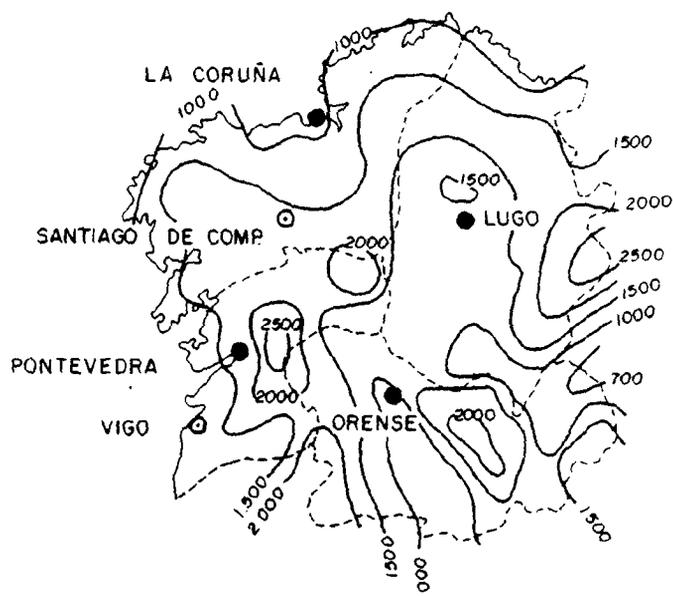
VALORES MEDIOS (PARA UN PERIODO DE 30 AÑOS), DE TEMPERATURAS,  
PRECIPITACIONES, HUMEDAD RELATIVA E INSOLACION

Región II.1 Estación LA CORUÑA  
1931-60 Lat. 43° 22'N Long. 8° 25'W Alt. 57 m

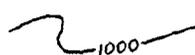
Mes	Temperatura °C					Humedad %	Precipitación			Insolación diaria
	Media		Abso.				Total mm	Máx. 24 h.	N° de días	
	Día	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.					
F	9,9	12,7	7,0	20,4	-2,0	79	118	50	18	3,1
F	9,8	12,9	6,7	27,4	-3,0	77	80	46	15	4,2
Mr	11,5	15,0	8,1	26,6	1,0	77	95	41	16	4,8
Ab	12,4	15,9	9,0	29,6	2,0	76	70	38	13	6,4
Mj	14,0	17,5	10,6	28,5	3,4	78	60	41	13	7,0
Jn	16,5	20,0	13,0	30,5	7,2	79	46	60	10	7,5
Jl	18,2	21,9	14,6	33,5	9,9	79	29	31	8	8,6
Ag	18,9	22,7	15,0	33,6	9,4	79	46	75	9	8,0
S	17,8	21,6	14,1	30,5	6,7	81	71	63	12	6,4
O	15,3	18,7	11,8	31,0	4,5	81	92	60	14	4,9
N	12,4	15,5	9,4	25,0	1,0	80	125	73	17	3,7
D	10,2	12,9	7,4	19,8	-1,0	80	139	91	19	2,7
Año	13,9	17,3	10,5	33,6	-3,0	79	971	91	161	5,6

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

### PRECIPITACION MEDIA ANUAL



Escala 1:3.000.000

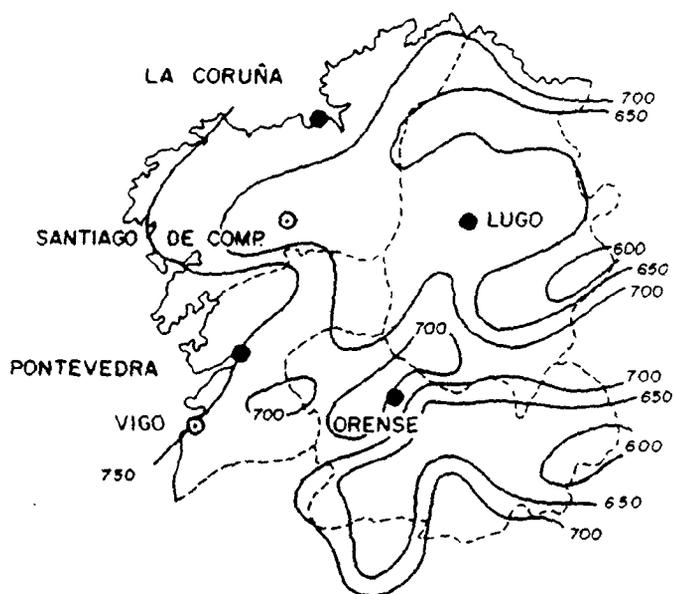


Isoyeta del valor medio anual de precipitación (en mm.)

FUENTE: I N M. Atlas Climático de España.

FIGURA Nº 1

### EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL MEDIA ANUAL



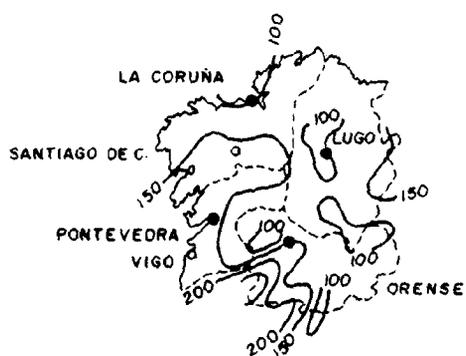
Escala 1:3.000.000

— 700 — Isolnea de valor medio (en mm.)

FUENTE: I N M. Atlas Climático de España.

FIGURA Nº 2

## PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS



E, 1:6.000.000

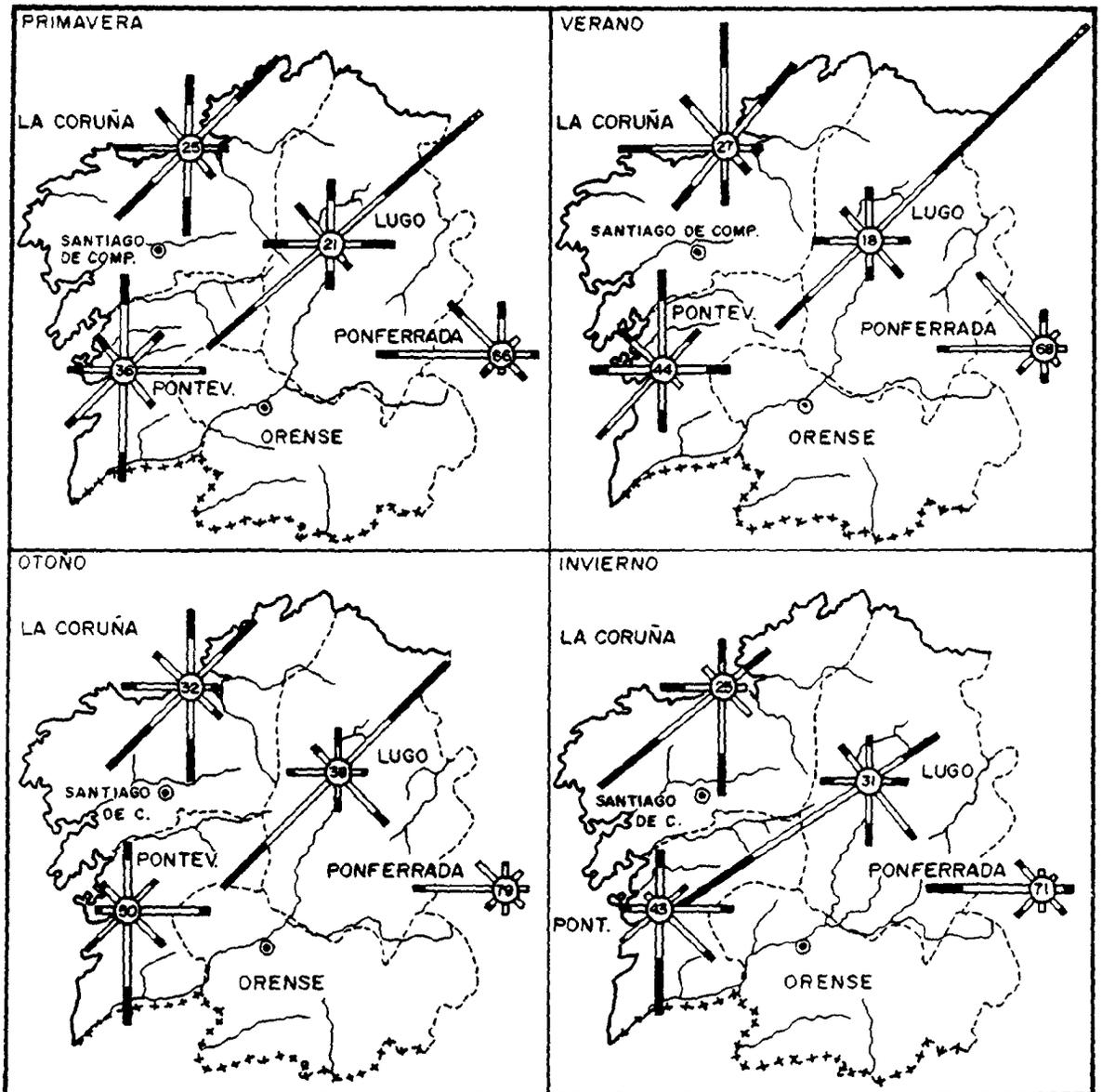
 200 ——— Isolíneas de valor máximo (en mm.)

FUENTE: I N M. Atlas Climático de España.

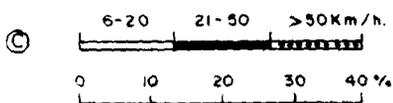
FIGURA Nº 3

# FRECUENCIA DE LA DIRECCION E INTERVALOS DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO 43.

PROVINCIA DE LA CORUÑA



E, 1.300.000



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

FUENTE: I N M. Atlas Climático de España.

FIGURA Nº 4

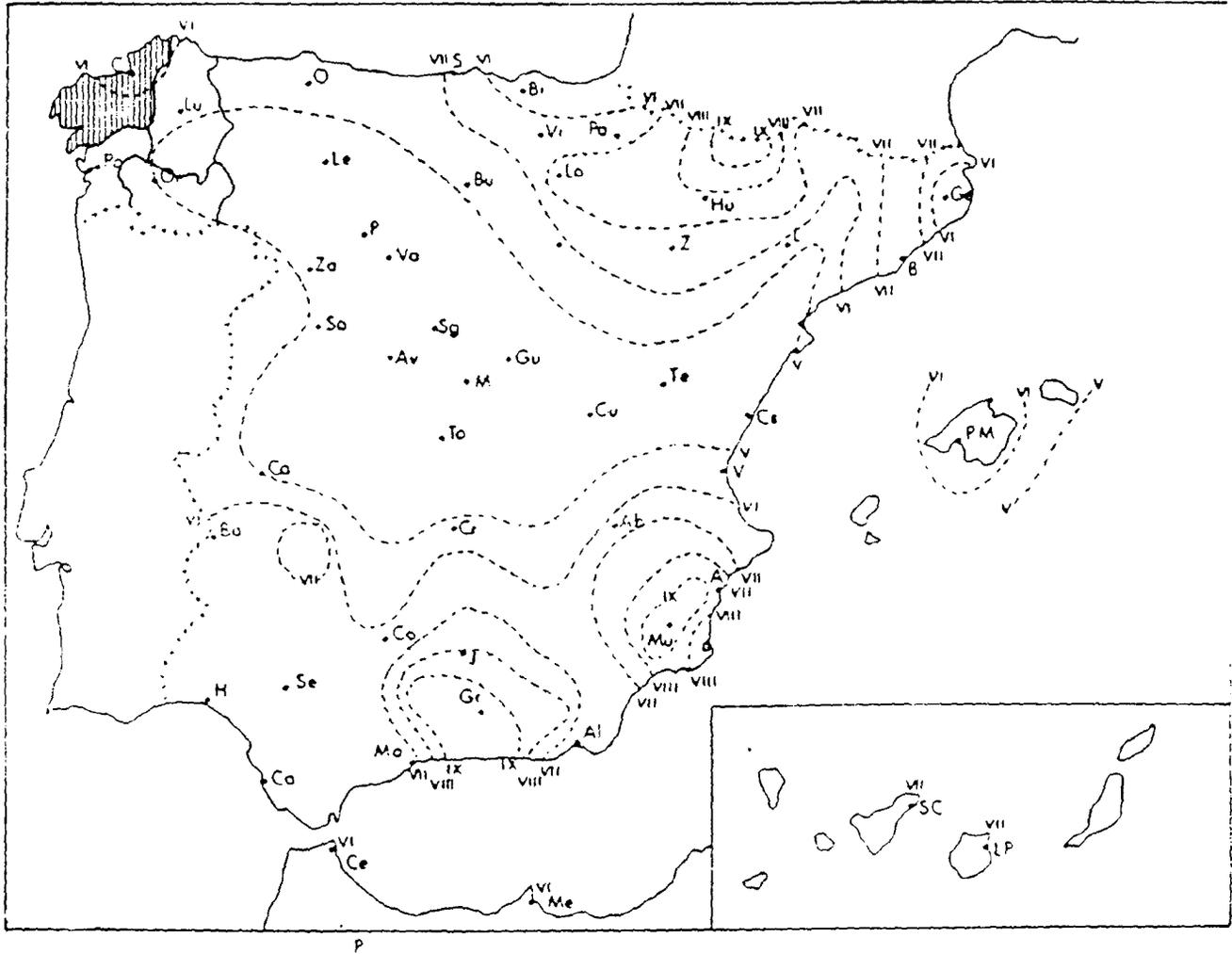
## 2.5.- SISMOLOGIA

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:

<u>Zona</u>	<u>Velocidad mm/sg</u>	<u>Aceleración mm/sg<sup>2</sup></u>	<u>Desplazamiento mm</u>
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

SISMICIDAD SEGUN NORMA PDS-I (1974)

FIGURA Nº 5

La provincia de La Coruña ocupa zonas con riesgo sísmico de valor V y VI, es decir con riesgo sísmico bajo y medio. Esto quiere decir que, en el diseño y ubicación de estructuras residuales, debe ser tenido en cuenta en alguna medida este posible efecto negativo y se deben reforzar adecuadamente los parámetros resistentes de aquellas.

### 3.- MARCO SOCIECONOMICO

#### 3.1.- POBLACION

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

<u>Año</u>	<u>Población</u>
1977	1.063.868
1979	1.079.613
1981	1.094.550
1983	1.102.158
1985	1.107.883

Como se vé, ha mantenido un ritmo lento, pero sostenido, de crecimiento. El aumento de población, en los 8 años del periodo considerado, ha sido del 4%, es decir, aproximadamente un 0,5% anual.

Por otro lado, el grado de población de esta provincia en relación con la region, otras provincias del país y la media nacional, puede apreciarse en el siguiente cuadro de densidad de población, correspondiente al año 1985.:

Densidad de población  
(habit. / Km<sup>2</sup> )

48.

La Coruña	140,7
Galicia	96,5
España	75,9
Barcelona	598,4
Madrid	597,5
Vizcaya	533,7

Es decir, que esta provincia está bastante poblada en relación con la región y el conjunto del país, aunque no tanto como la más poblada de la región (Pontevedra, 200,8), y mucho menos que las más pobladas del país.

### 3.2.- ESTRUCTURA ECONOMICA

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

Superficie	7.876
Población residente	1.107.883
Población activa	443.590
Renta "per capita"	534.644
Lugar que ocupa en la producción nacional	9

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

CUADRO Nº 2 : Estructura de la producción. Valor Añadido Bruto (10<sup>6</sup> pts.)

FUENTE: Renta Nacional. 1985 BANCO DE BILBAO

SECTOR	ESPAÑA	GALICIA	LA CORUÑA	% Galicia	% España
Agricultura y Pesca	1.783.117	186.004	68.849	37,0	3,9
Industria	7.351.569	390.300	178.234	45,7	2,4
Construcción	1.555.170	121.557	41.601	34,2	2,7
Comercio y Servicios	17.098.947	940.069	402.557	42,8	2,3
TOTAL	27.788.803	1.637.930	691.241	42,2	2,5

Es decir que, en todos los sectores, la economía de la provincia de la Coruña supone más de un tercio de la producción regional y más que la media en relación a la nacional. Se puede destacar la importancia del sector industrial, en relación a la región, y el sector primario, en el conjunto del país.

Prácticamente, entre esta provincia y la de Pontevedra, constituyen la mayor parte (75,3%) de la producción regional.

Dentro del sector industrial, la importancia relativa del subsector minero, en relación a la minería gallega y nacional es considerable y será objeto de análisis específico en el capítulo 5 de este estudio. La característica específica del mismo es la presencia de dos grandes centros mineros de producción de lignito, con sus correspondientes centrales termoeléctricas a pie de mina.

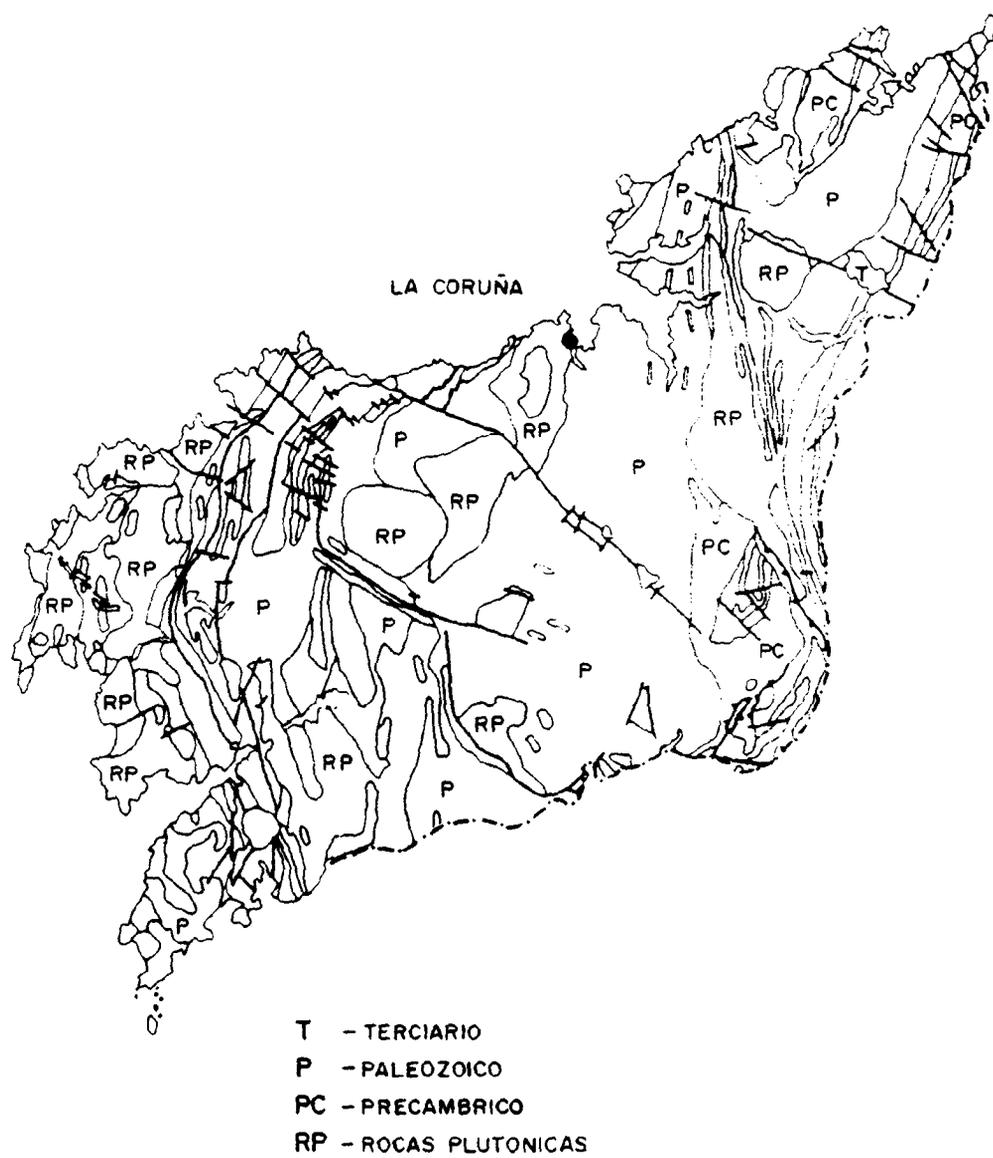
#### 4.- SINTESIS GEOLOGICA

##### 4.1.- RASGOS GENERALES

La provincia de La Coruña está situada en el Macizo Hercínico de la Península Ibérica. Según la división del mismo, realizada por JULIVERT y otros (1972) y, la zonación realizada por MATTE en 1968, respecto de su parte noroeste, con criterios no solo paleo-gráficos sino también estructurales y sobre el metamorfismo presente, esta provincia estaría dentro de la zona más occidental, es decir la Zona Centroibérica.

Las grandes unidades estructurales que la forman, con litologías muy diferenciadas, son: Complejo de Ordenes, ocupando su parte central; Formación Olla de Sapo, ocupando una banda orientada de norte a sur en la zona nordeste de la provincia; Complejo de Cabo Ortegal, al nordeste; Dominio Esquistoso de Galicia Central y Occidental, al Sur de la provincia, y otras unidades de menor importancia como las de Malpica-Tuy y Santiago, situadas al Sur de la provincia.

Son de destacar la importante superficie ocupada y la variedad petrológica presente entre las rocas plutónicas y sus cortejos filonianos. Especialmente, por la rareza que supone a escala regional



MAPA GEOLOGICO DE LA PROVINCIA DE LA CORUÑA 1:1.000.000

FIGURA Nº 6

y nacional, la abundancia de rocas básicas y ultrabásicas que conforman algunos de los complejos anteriores.

Finalmente se destacan, por su importancia económica más que por la estratigráfica, los materiales terciarios que encierran los lignitos explotados en dos grandes centros mineros.

#### 4.2.- ESTRATIGRAFIA

La provincia de La Coruña está dominada por terrenos precámbricos y paleozoicos, así como importantes y variados petrológicamente, afloramientos de rocas plutónicas. Los materiales más recientes, terciarios y cuaternarios, aunque presentes, suponen una superficie ocupada mucho más reducida, lo que no quiere decir que no tengan su importancia, sino al contrario, ya que los yacimientos minerales en explotación en la actualidad más importantes, son los de lignitos presentes en terrenos terciarios.

Teniendo en cuenta la complejidad estructural de la provincia, expresada en los diferentes dominios mencionados anteriormente, se describirá la litología de cada uno de ellos.

##### 4.2.1. Complejo de Ordenes

Está constituido por dos unidades: la superior, denominada de Betanzos-Arzua, está formada por los Esquistos de Ordenes, los

macizos básicos de Monte Castelo, Oza y Barrañan, y una serie de metabasitas que predominantemente se encuentran en facies anfibólicas; la inferior, denominada de Bazar-Castriz, está formada por rocas ígneas básicas y ultrabásicas metamorfizadas, actualmente representadas por peridotitas, serpentinitas, piroxenitas y anfibolitas.

#### 4.2.2.- Formación Olló de Sapo

Los materiales que forman los afloramientos de esta unidad en esta provincia de edad anteordovícica, son neises glandulares. Se pueden distinguir dos miembros: el inferior denominado "Olló de Sapo de grano grueso", y el superior, denominado "Olló de Sapo de grano fino". Esta denominación se basa en la presencia o no de megacristales de feldespato. Se presentan también facies mixtas, además de materiales metapelíticos y cuarcitas.

#### 4.2.3.- Complejo de Cabo Ortegá

Se pueden diferenciar tres unidades superpuestas, cabalgantes: Moeche, Cedeira y La Capelada. La primera (inferior), está constituida por materiales de grado medio a bajo metamorfismo. Las rocas que constituyen las demás presentan una deformación intensa que confiere a las rocas un carácter milonítico y metamorfismo de alto grado.

La Unidad de Moeche está formada por rocas predominantemente verdes. La forman pizarras de bajo grado metamórfico, que presentan

niveles de cherts, metabasaltos, metariolitas, metaqueratófidos, brechas volcánicas, calizas, serpentinitas, anfibolitas y rocas de alto grado metamórfico. Además de estas pizarras predominantes, también se presentan bien diferenciadas las anfibolitas de Purrido.

Las unidades de Cedeira y La Capelada están constituidas por rocas básicas, neises y rocas ultrabásicas.

#### 4.2.4.- Dominio Esquistoso de Galicia Central y occidental

Está compuesto por una serie metasedimentaria mas o menos migmatizada y por ortogneises glandulares de dos micas, más o menos migmatizados.

#### 4.2.5.- Otras unidades

Los materiales que forman las unidades de Malpica-Tuy y la de Santiago, son diferentes tipos de metasedimentos, principalmente esquistos y paragneises.

#### 4.2.6.- Materiales terciarios

Poco representados en esta provincia, aunque importantes económicamente por su contenido en lignitos como en la zona de Puentes de García Rodríguez y en Meirama, en la que están formados por unos tramos basales de conglomerados, seguidos por una sucesión alternante de arenas,

arcillas, lignitos y algunos conglomerados.

#### 4.2.7.- Depósitos cuaternarios

Aunque poco importantes superficialmente, de destacar la presencia de coluviones y suelos, a veces con espesor considerable, procedentes de la meteorización de la roca y acumulación de materia orgánica. También se presentan otros depósitos recientes como aluviones y terrazas en los cauces de los ríos y arroyos, turberas, depósitos de ladera y depósitos costeros como los de la rasa costera, de playa, dunas y marismas.

#### 4.3.- TECTONICA

Como se expresó en el apartado primero, la tectónica de esta provincia es extremadamente compleja, como se deduce de la diferenciación estructural y petrológica de las unidades mencionadas, afectadas de forma diferente por sucesivas fases de deformación hercínicas, más un ligero rejuego alpino de las últimas fracturas tardihercínicas. Se analizan, brevemente, las características estructurales de cada unidad.

##### 4.3.1.- Unidad de Olla de Sapo

Esta unidad está limitada por la Falla de Vivero al este, y por la zona de fallas de Puente deume-Valdoviño al oeste. Es una

estructura compleja formada por interferencia de pliegues originalmente tumbados, replegados por otros, longitudinales, de plano axial subvertical. Los pliegues más importantes son el anticlinal de Vilachá-El Barquero y la antiforma de Guitiriz.

#### 4.3.2.- Complejo de Ordenes

Esta unidad, de forma redondeada, aunque ligeramente alargada en dirección N-S, es alóctona y está considerada como un gigantesco "Klippe" formado por replegamientos en una sinforma de un manto emplazado durante la segunda fase de deformación. La sinforma es compleja dado que consta de varios pliegues cuyas longitudes de ondas oscilan alrededor de los 8 a 10 Km, y sus amplitudes alrededor de los 2 a 4 Km. El cabalgamiento basal del manto solo aflora en su parte SE, donde se apoya sobre el Dominio Esquistoso. El complejo está formado por cuatro unidades superpuestas tectónicamente.

#### 4.3.3.- Complejo de Cabo Ortegal

Este complejo constituye un afloramiento semielíptico, ocupando el núcleo de un sinforme y separado de las rocas paleozoicas que lo rodean por contactos tectónicos. Se pueden diferenciar dentro del mismo dos partes separadas por un cabalgamiento: una parte central constituida fundamentalmente por rocas básicas, ultrabásicas y metasedimentos, con metamorfismo esencialmente de alto grado (Unidades de Cedeira y La Capelada), y un cinturón periférico,

la Unidad de Moeche, constituida por rocas con un metamorfismo de bajo a medio grado.

#### 4.3.4.- Dominio Esquistoso de Galicia Central y Occidental

Constituye un substrato autóctono, al menos relativo, de la serie de mantos de corrimiento que lo rodean. Su mayor elemento es el Anticlinorio de Santa Comba-Padrón, situado entre las unidades de Malpica-Tuy y la de Santiago.

Sus materiales presentan un alto grado de metamorfismo, alcanzando en muchos casos la migmatización.

Otra gran estructura corresponde a una antiforma que realiza el ortogneis glandular de dos micas, en un afloramiento al O. de la unidad de Malpica-Tuy.

Este dominio es el utilizado predominantemente por los granitoides sincinemáticos para su emplazamiento, consecuencia lógica de corresponder con el nivel estructural más profundo de la región y, por tanto, más fácilmente alcanzable por las intrusiones graníticas.

#### 4.3.5.- Otras Unidades

La más occidental es la de Malpica-Tuy. En conjunto, constituye una sinforma generada durante la tercera fase de deformación, cuyas

características litológicas y metamórficas parecen señalar un origen alóctono. Las fallas normales que hoy la limitan en su mayor parte, aunque en algún caso cicatrizadas por rocas granitoides, ocultan la superficie de cabalgamiento a favor de la cual se desplazó.

Al este de esta unidad, y constituyendo el flanco oriental del anticlinorio de Santa Comba-Padrón, está la Unidad de Santiago, con grandes similitudes litológicas y metamórficas con la anterior. Sus límites, superior e inferior, son cabalgamientos. Al norte de la ciudad de Santiago la unidad presenta un aspecto de antifirma cuyo eje cabecea al NE, probablemente relacionable con la tercera fase de deformación.

#### 4.4.- ROCAS IGNEAS Y FILONIANAS

La presencia por toda la provincia de importantes afloramientos, y con una morfología y petrología extremadamente variadas, de este tipo de rocas, condiciona fundamentalmente su geología.

Existen una gran variedad (cuya enumeración desborda los límites del presente estudio) de rocas plutónicas básicas y ultrabásicas, en el complejo de Ordenes y, sobretodo, en el de Cabo Ortegá.

La variedad de rocas graníticas es tal que se han agrupado en diferentes clasificaciones, una de las cuales es:

- \* granitoides de dos micas con tendencia alcalina.
- \* granitoides con tendencia calcoalcalina y biotita dominante.

cada uno de cuyos grupos presenta una gran variedad de facies y, por tanto, denominación petrológica.

La presencia de rocas filonianas también es importante y variada. Los hay de composición ácida (cuarzo, pórfidos, cuarzodioritas, pegmoaplitas, etc.) y básica (lamprófidos, doleritas, etc.).

En resumen, la existencia de una gran variedad de rocas plutónicas y filonianas en la provincia de La Coruña, determina de una forma muy importante su substrato geológico, al mismo tiempo que constituyen la materia prima de interesantes actividades mineras, como son la extracción de cuarzo, áridos (especialmente sobre anfibolitas), rocas ornamentales (granitos y serpentinas), así como el origen de una gran variedad de yacimientos metálicos cuyo aprovechamiento en la actualidad es muy reducido, como se analizará en el capítulo dedicado a la minería.

## 5.- ANALISIS DE LA ACTIVIDAD MINERA

### 5.1.- MINERIA ACTUAL

La producción 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 3, resumen de la actividad minera reciente, se hacen las siguientes observaciones.

- La minería de esta provincia, tanto por el valor de su producción, como por el empleo generado, por la evolución reciente y perspectivas, y por la variedad de sustancias minerales útiles, es muy importante, a nivel regional y nacional. En el año 1984 (y sin incluir los datos referentes a hidrocarburos ni uranio), la producción minera de Galicia era el 12,6% del total nacional (por el valor de la producción), el 7,9% (por el empleo generado). De esta producción regional la provincia de la Coruña fué responsable del 60%, considerando el valor de la producción, y del 45% del empleo minero de la región. Este desequilibrio es debido

CUADRO Nº 3: ACTIVIDAD MINERA RECIENTE

PRODUCTO	Nº EXPLOTACIONES			EMPLEO			VALOR PRODUCCION (10 <sup>3</sup> Pts.)		
	1984	1985	1986	1984	1985	1986	1984	1985	1986
Lignito	2	2	2	2.016	2.075	2.168	21.650.781	32.091.200	32.738.792
Cobre	1	1	1	260	264	256	2.270.502	2.518.096	1.676.301
Sn-W	4	3	2	303	308	74	537.373	260.339	132.811
Andalucita	3	3	4	15	15	19	22.799	21.999	35.119
Caolín	5	5	5	94	98	103	760.204	828.006	1.073.654
Cuarzo	1	1	1	21	2	21	168.294	345	176.279
Arcilla	9	10	8	27	30	30	42.785	51.218	75.870
Caliza	1	1	1	10	9	9	25.100	18.460	18.680
Granito	21	26	32	240	295	333	696.679	978.754	1.497.076
Pizarra	7	10	7	54	94	56	146.997	362.220	306.027
Mármol	-	1	-	-	3	-	-	5.760	-
O.C.	3	5	3	32	40	26	315.750	267.165	105.800
<b>TOTAL</b>	<b>57</b>	<b>68</b>	<b>66</b>	<b>3.072</b>	<b>3.233</b>	<b>3.095</b>	<b>26.637.265</b>	<b>37.403.562</b>	<b>37.836.409</b>

FUENTE: MINER. ESTADISTICA MINERA DE ESPAÑA.

al importante valor de la producción de lignitos en dos grandes centros muy mecanizados, por contraposición al resto de la minería gallega caracterizada por explotaciones numerosas, de reducidas dimensiones y con gran cantidad de mano de obra.

- Destaca también la variedad de la producción minera que podría resumirse así: minerales energéticos (lignito pardo), minerales metálicos (cobre, estaño y volframio), rocas industriales (caolín, cuarzo y andalucita), rocas ornamentales (granitos y pizarras) y rocas de construcción (arcillas, calizas, arenas y gravas).
  
- La situación actual y perspectivas a corto plazo son diferentes para cada uno de los grupos mencionados anteriormente.
  
- \* La producción de lignitos, con el mercado del petróleo estabilizado muy por debajo de su nivel máximo de precios, la energía eléctrica nuclear más competitiva y, con la sociedad con mayores exigencias ambientales, puede considerarse en su techo (que es alto).
  
- \* La producción de minerales metálicos es la que refleja la peor situación, debido a la crisis internacional que ha afectado a los centros menos competitivos. Sin embargo, es de suponer que esta crisis sea coyuntural

y se produzca una reactivación sobre la base de al menos, los precios anteriores.

- \* La producción de rocas industriales presenta una buena evolución, que puede ser mantenida sobre la base de aprovechamiento integrales de yacimientos, mejora de las plantas de tratamiento, homogeneización de calidades, etc.
  
- \* La producción de rocas ornamentales también ha experimentado un proceso de incremento de producción y de valor unitario de esta en los últimos años, paralelamente a otras provincias y sustancias relacionadas con este subsector, y las perspectivas también son buenas. Las mejores posibilidades deben estar basadas en el mejor control de su mercado (mayoritariamente de exportación), mejora y homogeneización de calidades, mejoras en tecnologías de arranque y elaboración, aumento de productividad, etc.
  
- \* Finalmente, la producción de rocas relacionadas con la construcción (arcillas cerámicas, y áridos), condicionada por un sector de gran inercia y de ámbito local, es probable que continúe con pequeñas oscilaciones (tanto al alza como a la baja), sin que las posibles causas de las mismas hayan de ser achacadas a los yacimientos.

## 5.2.- POSIBILIDADES MINERAS

Las posibilidades mineras de esta provincia, como demuestran la realidad actual y la gran cantidad de indicios mineros de origen muy variado en la historia (especialmente sobre minerales metálicos), son muy amplias. Ello es debido, naturalmente, a una geología compleja con afloramientos plutónicos y metamórficos antiguos (hercínicos) predominantes y, a pequeñas cuencas recientes (terciarias) que han resultado de gran interés económico, pues son las que encierran los yacimientos de lignitos. El quimismo de los afloramientos plutónicos es muy variado (desde ácido hasta ultrabásico), y las etapas y formas de inyección hacia la superficie fueron también diferentes, de forma que los yacimientos minerales originados en tales movimientos y contactos con zonas suprayacentes, son muchos y variados. Por otra parte, el diferente quimismo de las rocas plutónicas da grandes posibilidades para su empleo como ornamentales, ya que aquel condiciona su aspecto exterior, tan importante para este uso.

Finalmente, en esta descripción geológico-minera general, se hace referencia por su importancia económica en toda la región, a los sedimentos paleozoicos (Ordovícicos) metamorfizados entre los que se encuentra la formación "Pizarras de Luarca", base de la importante minería de estas rocas ornamentales.

Se analizan, a continuación, las posibilidades (dentro del nivel de conocimientos actuales) de cada una de las sustancias

minerales:

- Lignitos

Los yacimientos mejor conocidos, y en explotación, son los de Puentes de García Rodríguez y de Meirama. Otros de menor interés son los de Cantallarana, de Juanceda, Lendo, etc.

Según el último Inventario Nacional de Recursos de Carbón, los recursos en las dos primeras cuencas son de 498 millones de toneladas, que con un coeficiente reductor de 0,82, resultan en un tonelaje explotable de 409 millones. Por otra parte, también en dicho informe se citan como tonelaje explotable "muy probable", para cada una de ellas:

Puentes de García Rodríguez	225 millones T.
Meirama	90 millones T.

La edad de los lignitos es neoterciaria (Mioceno) y su génesis es la siguiente: se han formado sobre cubetas originadas por reactivación de fallas preexistentes durante las últimas etapas de la Orogenia Alpina, por acumulación de materias vegetales y posteriores transformaciones.

\* El yacimiento de Puentes de García Rodríguez está situado

en el límite con la provincia de Lugo, a unos 70 km de la capital, y la zona explotable ocupa una extensión de 8 km de longitud en dirección NO-SE, y una anchura de 2,5 km, con un estrechamiento parcial en la zona central que divide el yacimiento en dos campos, oeste y este.

La cuenca que ocupa el yacimiento se encuentra sobre un paleorrelieve precámbrico y paleozoico, cuya litología la forman esquistos porfiroides (Precámbrico) y filitas y cuarcitas (Ordovícico). Los materiales que rellenan la cuenca, terciarios y cuaternarios, de muro a techo, son: arcillas plásticas con cantos de cuarzo (20m); alternancia de arcillas, arcillas carbonosas y lignitos, con algunos lechos arenosos en la parte central superior de este nivel (400 m); arcillas, arcillas arenosas y delgadas capas de lignitos; y cuaternario conglomerático, con potencia de 2 a 7 metros, formado por cantos de cuarzo y pizarras con matriz arcillosa.

Los lignitos aprovechados se agrupan en 19 paquetes, con una potencia total de 117 m, destacando los paquetes H (20 m) y Beta (27 m).

- \* El yacimiento de Meirama está situado en la cuenca alta del río Barcés, a unos 20 km al suroeste de la capital.

La zona explotable tiene una extensión aproximada de 3.500 m de longitud por 500 m de anchura.

Las rocas que forman el sustrato de la cuenca son de tres tipos: esquistos paleozoicos, granodiorita intrusiva más joven y corneanas producidas por metamorfismo de contacto de la granodiorita sobre los esquistos.

Los materiales que rellenaron la cubeta son: tramos basales, de 10 a 50 m de potencia, constituidos por arcillas blancas y verdes, arenas, areniscas y granito descompuesto; tramo intermedio, con potencia variable (hasta 320 m), compuesto fundamentalmente por lignito en lentejones de arcillas versicolores de 40 m de espesor como máximo. Existen intercalaciones de hasta 3 metros de arcillas marrones y arcillas con lignito; tramo superior, que solamente existe en algunas zonas del yacimiento, de pocos metros de espesor, compuesto por arcillas blancas y marrones y, arenas. El Cuaternario está formado por arcillas, arenas y gravas, con una potencia media de cuatro metros.

Estos lignitos se disponen como grandes masas, con potencias de hasta 300 m, que lateralmente terminan indentándose con depósitos estériles.

- Cobre

Por ser objeto de una importante explotación debe señalarse el distrito minero de Santiago de Compostela, cuyas mineralizaciones más interesantes se encuentran en el complejo anfibolítico granatífero con zonas peridotíticas. Existen en él dos modelos diferenciados de yacimientos: uno de mineralización diseminada (tipo Arinteiro), y otro de mineralización masiva (tipo Fornás).

El primero aparece dentro de una formación de esquistos neísicos, en relación con afloramientos lenticulares y arrosariados de anfibolitas que forman el cierre periclinal de un anticlinorio complejo de eje N-S. La mineralización está constituida fundamentalmente por pirrolina y calcopirita diseminadas, y su origen más probable es volcánico sedimentario.

El segundo (Fornás) aparece en un importante macizo de anfibolitas de grano fino. La mineralización se encuentra rellenando fracturas generalmente de dirección N 40°, y está formada por pirrotina masiva con calcopirita diseminada.

Otras zonas de la provincia en que aparecen indicios mineros o metalogénicos son: Capela, Cerdido, Moeche, Puentes de García Rodríguez, Ortigueira, Cedeira, Encesto, etc.

Este tipo de indicios son muy abundantes por toda la provincia, y correspondientes a diferentes minerales metálicos y no metálicos, como puede apreciarse en los mapas minero-metalogénicos y de rocas industriales, y su grado de conocimientos es muy variable. En este estudio se señalan sin mayores explicaciones puesto que no es esa la intención del mismo.

Otros indicios aparecen en:

- Estaño: en las áreas de Arteijo, Anzobre, Touro, Culleredo, Betanzos, Carballo-Malpica, Santa Comba, Noya, Trazo, Enfesta, Lousame, Vimianzo, Dumbría, Laracha y Boiro.
- Titanio: en las áreas de Cedeira, Sada, Puente-Ceso, Coristanco, Carballo, Laracha, Mugía, Corcubión, Vimianzo, Zas, Tordoya, Valle-Dudra, Buján, Arteijo, Touro y El Pino.
- Wolframio: en las áreas de Sadoz, Puenteceoso, Carballo, Malpica, Santa Comba, Noya, Boiro, Lousane, Larache, Enfesta, Camariñas y Betanzos.
- Oro y Arsénico: en las áreas de Serrantes, Valdoviño, Monfero, Cabañas, Santa Comba, Zas, Ontes, Coristanco, Carral, Puente Aranga, Curtis y Sobrado.

- Hierro: en las áreas de Ortigueira, Valdoviño, Norón, Monfero, Moeche, Puentes de García Rodríguez, Vivero (Silvarosa), Miño, Fene, Mañón, Malpica de Bergant, Tordoya, Brión, Lousame, Santiago de Compostela, Boiro, Cambre, Montero, Curtis y Sobrado.
- Cromo y Niquel: en las áreas de Cedeira, Santa María, Ortigueira, Ontes, Muros y Sobrado.
- Plomo: en las áreas de Ortigueira.
- Niobio y Tántalo: en las áreas de Carballo, Puerto del Son y Noya.
- Talco: en las áreas de Moeche, Somozas y Sobrado.
- Asbesto: en las áreas de Villamayor y Sobrado.
- Piroxenos: en las áreas de Santiago y Encesta.
- Andalucita: en las áreas de El Pino.
- Feldespatos: en las áreas de Vianzo, Ames, Santa Comba, Mazarico, Dadro y Santiso.
- Caolín: en las áreas de Narón, Cervo, Cabañas, Coruña, Neda, Padrón Ortigueira, Malpica de Bergant, Puenteceoso, Carballo,

Laracha, Camariñas, Vimianzo, Brión, Santiago, Puente del Son, Lage, Valga, Dumbria, Arteijo, Cambre, Sada, Aranga, Curtis, Ordines y Mesía.

- Cuarzo: en las áreas de Ortigueira, Mañón, Capela, San Saturnino, Enfesta, Betanzos, Irijoa, Aranga, Boqueijón.

En resumen, se puede augurar un buen porvenir para la minería de esta provincia, con mantenimiento del ritmo actual de producción, y aún aumentándolo, en la medida en que la solución a los impactos ambientales producidos por la combustión de los lignitos, la mejora de las calidades de los minerales no metálicos, profundización en el mercado y aumento del grado de elaboración de las rocas ornamentales, y mejora de los precios de los minerales metálicos, así lo vayan exigiendo.

## 6.- CARACTERISTICAS GENERALES DE LAS ESTRUCTURAS RESIDUALES MINERAS

En el Anejo nº 1 se presentan las características fundamentales de las estructuras residuales mineras o mineroindustriales, definidas extensamente en las correspondientes Fichas-Inventario del correspondiente a la provincia de La Coruña.

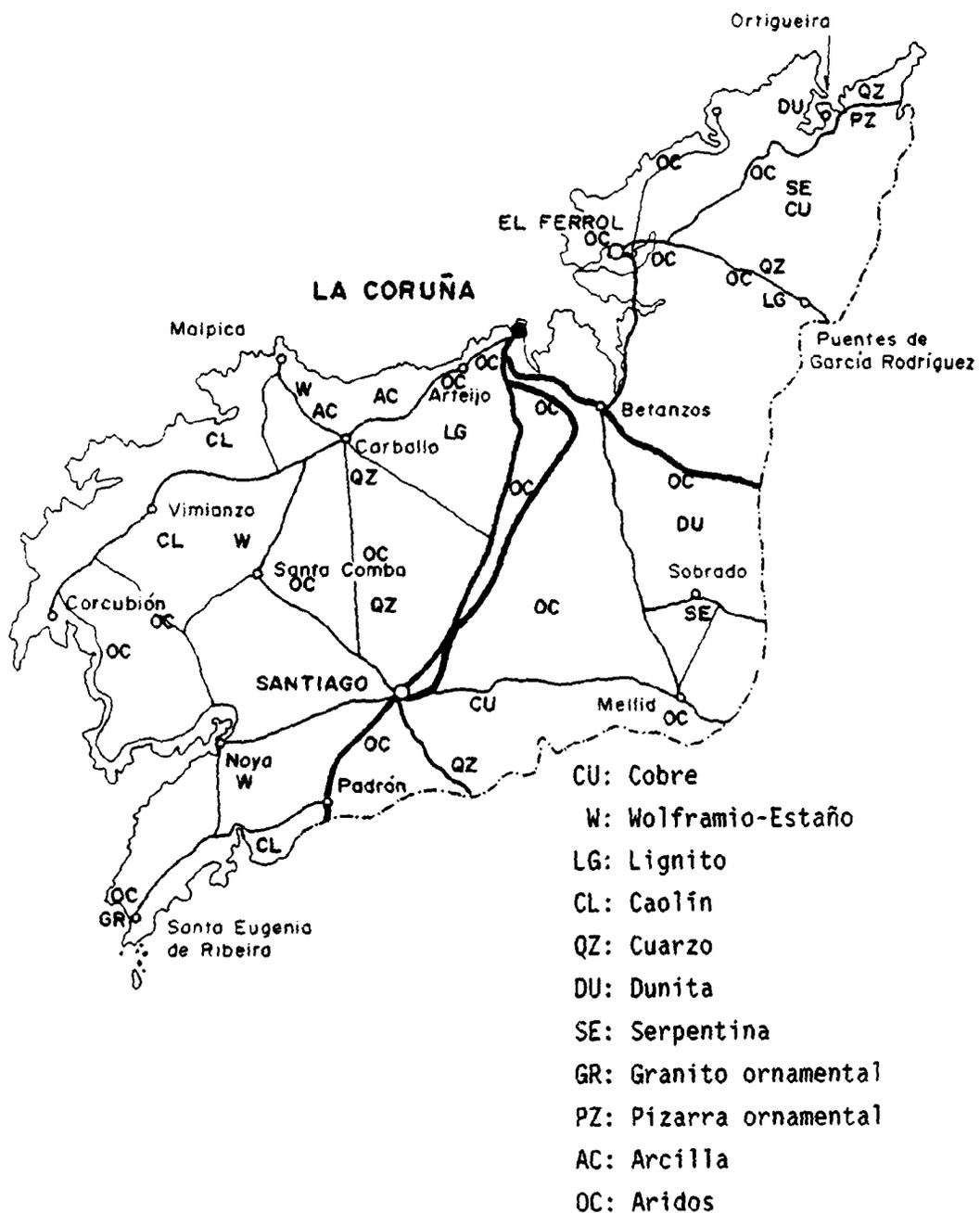
En este capítulo se analizarán los factores que las determinan como litología, color, volumen, altura, tipología, etc., así como la distribución geográfica por toda la provincia, en relación con los subsectores mineros que las producen.

### 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

#### 6.1.1.- Zona del Lignito Pardo

La producción de estos minerales está concentrada en dos



MAPA DE LA PROVINCIA DE LA CORUÑA

1:1.000.000

FIGURA Nº 7 : MINERIA RELEVANTE

puntos, localizados en Meirama y Puentes de García Rodríguez, y en ambos casos en forma de grandes explotaciones a cielo abierto, y prácticas de minería de transferencia (total o parcial) y restauración de escombreras.

La existencia de importantes reservas en ambos yacimientos, la existencia de central térmica a pie de mina en los dos también, el conocimiento geológico actual de las posibilidades sobre otros yacimientos en la provincia y, finalmente, la situación de este subsector minero y su probable evolución a medio plazo, permiten deducir que la minería de lignito pardo en esta provincia, y las características de las estructuras residuales derivadas de la misma (escombreras de desmonte y de cenizas y escorias de combustión), serán las analizadas en este informe en capítulo específico, y no harán sino crecer en las direcciones ya marcadas, sin crear nuevas estructuras.

#### 6.1.2.- Zona de la minería de Cobre

Totalmente paralizada en la actualidad, esta minería ha estado representada recientemente por un gran centro productor en las proximidades de Santiago de Compostela (Arinteiro y Fornás), con arranque a cielo abierto en varias cortas, y planta de tratamiento creadora de dos grandes balsas de finos. Por otra parte, y parado desde hace décadas, existe otro foco productor de minerales de cobre, en forma de pequeñas minas de interior con una

pequeña escombrera en la bocamina, y residuos de un pequeño lavadero, al este de la provincia, en los alrededores de Somozas y Moeche.

La situación de crisis permanente en el mercado internacional (con coyunturales reactivaciones) de este metal, así como las características de los yacimientos de esta provincia (pequeños y de baja ley), no permiten deducir una reactivación de esta minería, al menos a corto y medio plazo.

Los intentos de recuperación de las estructuras residuales del gran centro de Arinteiro, analizados en el capítulo específico, abundan en este sentido de considerar el centro como definitivamente cerrado a la producción de mineral de cobre.

Las problemáticas del control de estas estructuras son complejas, al menos en relación con las de este gran centro, por su gran volumen y contenido en minerales contaminantes. En cambio, las situadas en la zona de Somozas, conteniendo fundamentalmente la roca de caja (anfíbolita), están integrándose en su entorno por crecimiento de vegetación natural.

#### 6.1.3.- Zona de la minería de Caolín

Situada al oeste de la provincia, de norte (Lage) a sur (Rianxo), en la actualidad se reduce a un solo (pero importante)

centro productor en Vimianzo.

Este subsector minero ha sufrido un importante impulso en esta década en el país (y en esta provincia), dando la vuelta al mercado exterior y pasando de ser importantes importadores a exportadores. Ello es debido, fundamentalmente, a este centro productor en Vimianzo, y a otra en Guadalajara. Además, por la existencia de reservas y calidades, es de esperar que esta situación no solo se mantenga sino que mejore.

Estas circunstancias obligan a llamar la atención en este estudio sobre las estructuras residuales derivadas de esta minería, caracterizadas por su gran volumen y potencial impacto. Los materiales residuales son granulares (potencialmente inestables) y de intenso color blanco (impacto visual) y, además, en el proceso de tratamiento de mejorar la blancura del mineral se utiliza ácido sulfúrico, con la posibilidad de contaminación de aguas.

#### 6.1.4.- Zona de la minería de Cuarzo

Subsector importante en la provincia, con explotaciones de buenas dimensiones sobre diques hidrotermales al noreste (El Barquero) y al sur (Boqueijón), y sobre materiales disgregados en Carballo y alrededores de Puentes de García Rodríguez. Además,

existen indicios con actividad intermitente, en diversos puntos de la provincia.

Sus estructuras residuales contienen importante proporción de cuarzo con dimensiones granulares que, además del impacto visual (color blanco) son potencialmente inestables.

Esta minería puede mantenerse en su situación actual y, por tanto, produciendo estructuras residuales de las características de las analizadas en este estudio.

#### 6.1.5.- Zona de la minería de Dunita

En la actualidad reducido a un solo centro productor al noreste, en las proximidades de Cariño, y otro recientemente abandonado en los alrededores de Curtis (al este).

Aunque su empleo como árido está siendo desplazado por otras rocas de iguales características como tales, y mejor situadas respecto a los puntos de consumo, en otras aplicaciones más específicas puede tener un buen porvenir.

Sus estructuras residuales tienen las características de las correspondientes a las instalaciones de áridos: balsas (o mixtas) de finos de lavado, y escombreras de mixtos (con finos) y montones de stocks de variada granulometría. Las estructuras

que es necesario controlar son las que contienen los finos, fácilmente erosionables por aguas de lluvia.

#### 6.1.6.- Zona de la minería de las Rocas ornamentales

En esta provincia se producen pizarras en la zona de Ortigueira, serpentinias en las de Sobrado y Moeche, y se han parado recientemente un par de pequeñas explotaciones de granitos al suroeste (Santa Eugenia).

Las de mejores perspectivas son las primeras pues este subsector, apoyado en la exportación, ha experimentado un fuerte crecimiento que todavía no ha cesado. Los granitos difícilmente podrán competir con los explotados en otras provincias gallegas a los que se parecen, y las serpentinias tienen un mercado muy reducido.

Se llama la atención, por tanto, sobre las estructuras residuales producidas en las canteras de pizarras, con importantes volúmenes de materiales de desmonte (pizarras y esquistos), de alta y lajosa granulometría y situadas en una zona de topografía accidentada, con lo que invaden cauces intermitentes y mantienen taludes potencialmente inestables.

#### 6.1.7.- Zona de la minería de los Aridos

La producción de estas rocas está muy repartida por la provincia, y se reparte entre explotaciones sobre macizos rocosos (granito, anfibolitas, esquistos y neises), y sobre materiales disgregados cuyos clastos son fundamentalmente de cuarzo.

En ellas se producen finos de lavado de gravas, muy pocos de desmonte, y fracciones más o menos clasificadas e irregular comercialización. Los materiales más peligrosos son los finos, por su facilidad de erosión por aguas de lluvia.

Este subsector tiene bastante inercia y sufre en estos momentos un importante impulso.

## 6.2.- RESUMEN ESTADISTICO

CUADRO Nº 4 : ESTRUCTURAS INVENTARIADAS

MINERIA	Estructuras con ficha	Estructuras sin ficha	TOTAL
Cobre	12	0	12
Wolframio-Estaño	16	12	28
Oro	-	1	1
Lignito	7	-	7
Caolín	12	2	14
Cuarzo	18	5	23
Feldespató	-	1	1
Dunita	6	-	6
Serpentina	11	2	13
Granito Ornamental	1	1	2
Pizarra ornamental	2	3	5
Arcilla	6	3	9
Aridos	60	35	95
	151	65	216

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.

81.

CUADRO Nº 5

6.2.1.- Por tipo de minería, estructura y estado

Minería	ESTRUCTURA			E S T A D O		
	Escombrera	Balsa	Mixta	Activa	Parada	Abandon.
Cobre	9	2	1	-	-	12
Sn-W	12	2	2	3	4	9
Lignito	7	-	-	4	-	3
Caolín	11	1	-	5	3	4
Cuarzo	14	1	3	12	5	1
Dunita	5	-	1	2	-	4
Serpentina	10	1	-	5	-	6
Granito Or.	1	-	-	-	1	-
Pizarra Or.	2	-	-	2	-	-
Arcilla	6	-	-	4	2	-
Aridos	54	3	3	52	4	4
T O T A L	131	10	10	89	19	43

6.2.2.- Por tipo de ESTRUCTURA

	<u>Nº Estructuras</u>	<u>(%)</u>
Escombreras	131	86,8
Balsas	10	6,6
Mixtas	10	6,6
	<u>151</u>	<u>100,0</u>

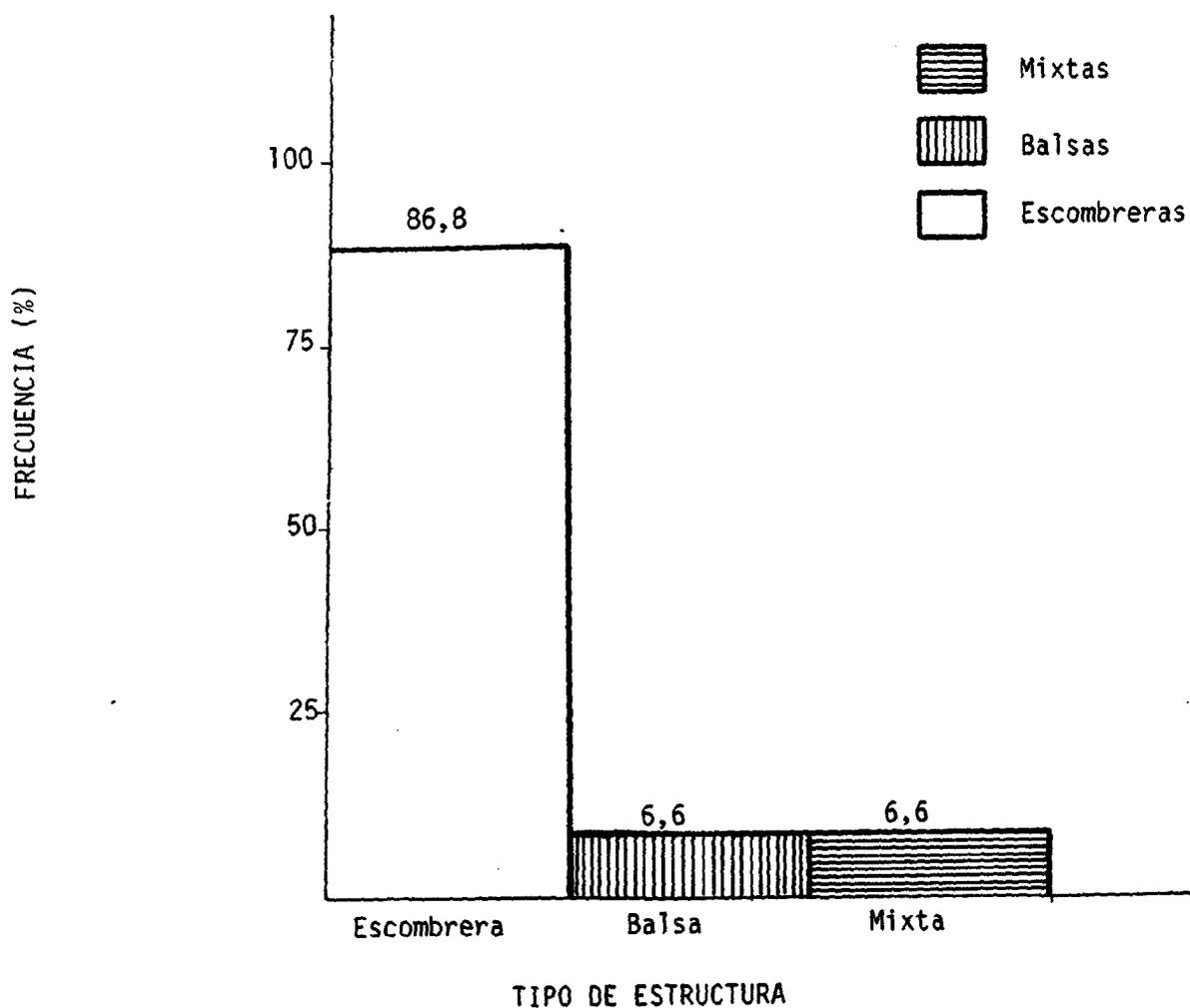


FIGURA Nº 8

6.2.3.- Por SITUACION

83.

	Escombreras	Balsas	Mixtas	Total	%
Activas	78	5	7	89	58,9
Paradas	15	1	2	19	12,6
Abandonadas	38	4	1	43	28,5
	131	10	10	151	100

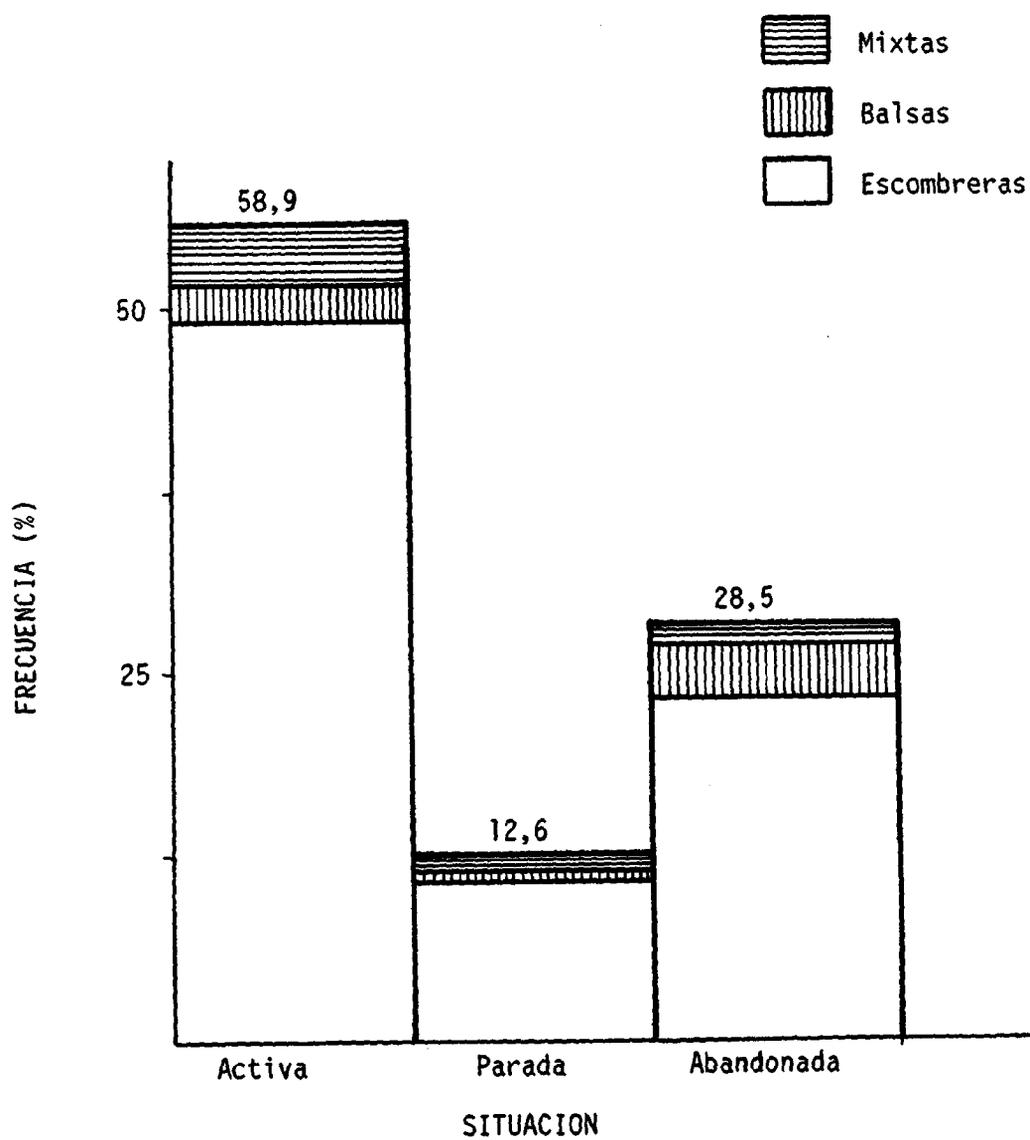


FIGURA Nº 9

	Escombreras	Balsas	Mixtas	Total	%
Ladera	56	3	5	64	42,4
Llanura	26	4	1	31	20,5
Vaguada	3	1	1	5	3,3
Ladera-Llanura	45	2	3	50	33,1
Ladera-Vaguada	1	-	-	1	0,7
	131	10	10	151	100

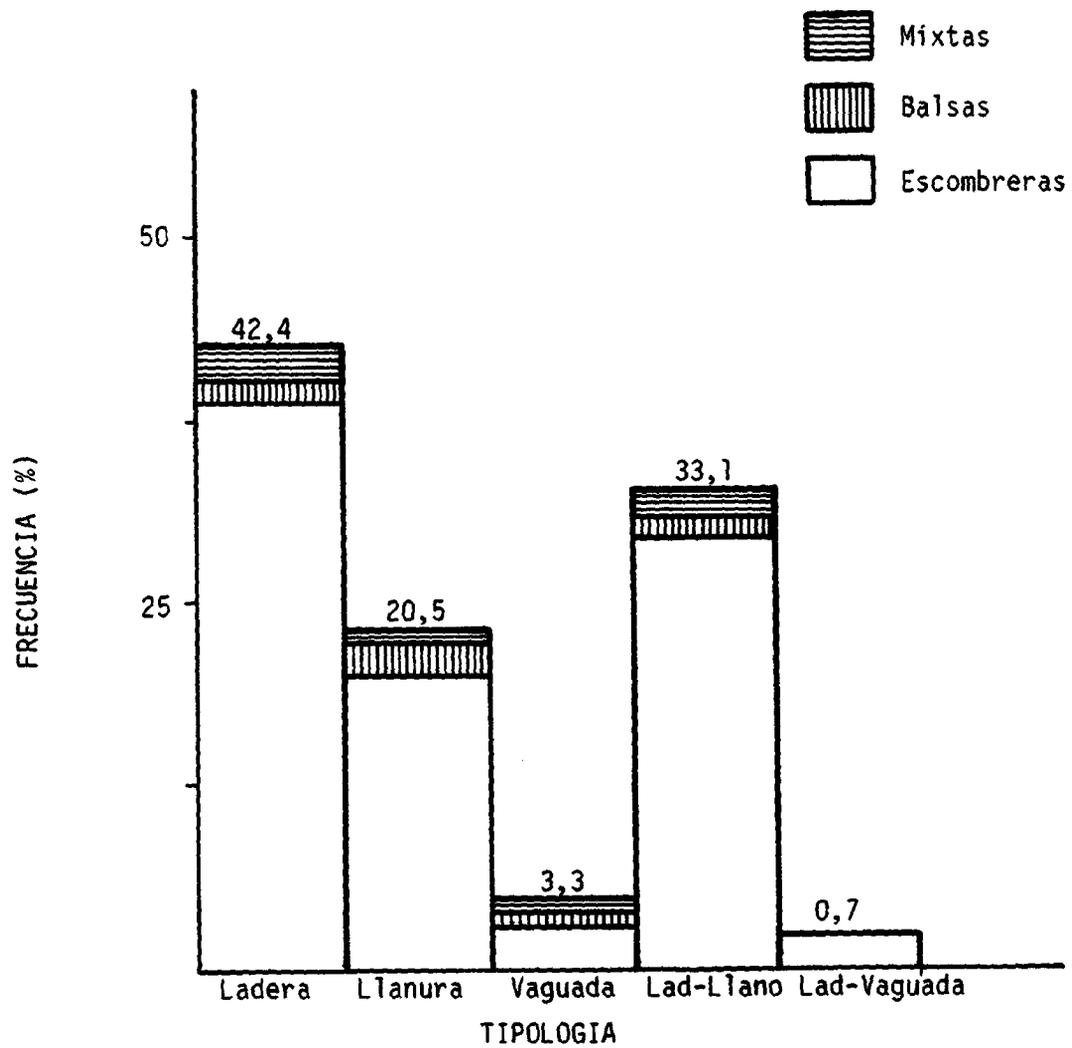


FIGURA N° 10

	Escombreras	Balsas	Mixtas	Total	%
< 5000	49	-	1	50	33,1
5000 - 10.000	34	1	3	38	25,2
10.001- 20.000	9	1	3	13	8,6
20.001- 50.000	16	1	2	19	12,6
> 50.000	23	7	1	31	20,5
	131	10	10	151	100,0

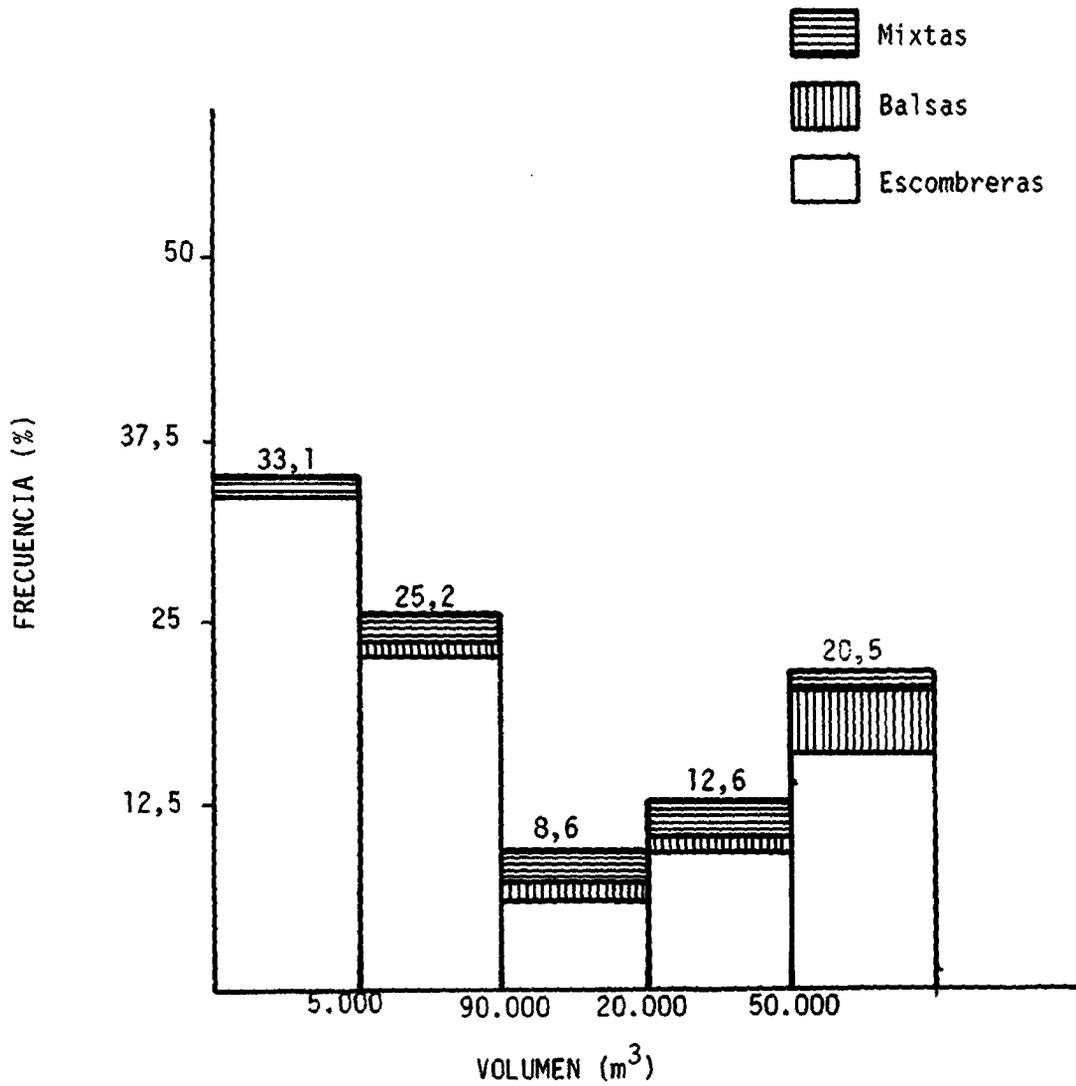


FIGURA N° 11

6.2.6.- Por ALTURA (m)

	Escombreras	Balsas	Mixtas	Total	%
< 5	45	-	2	47	31,2
5 - 10	45	6	6	57	37,7
11 - 20	16	4	1	21	13,9
21 - 30	12	-	1	13	8,6
> 30	13	-	-	13	8,6
	131	10	10	151	100,0

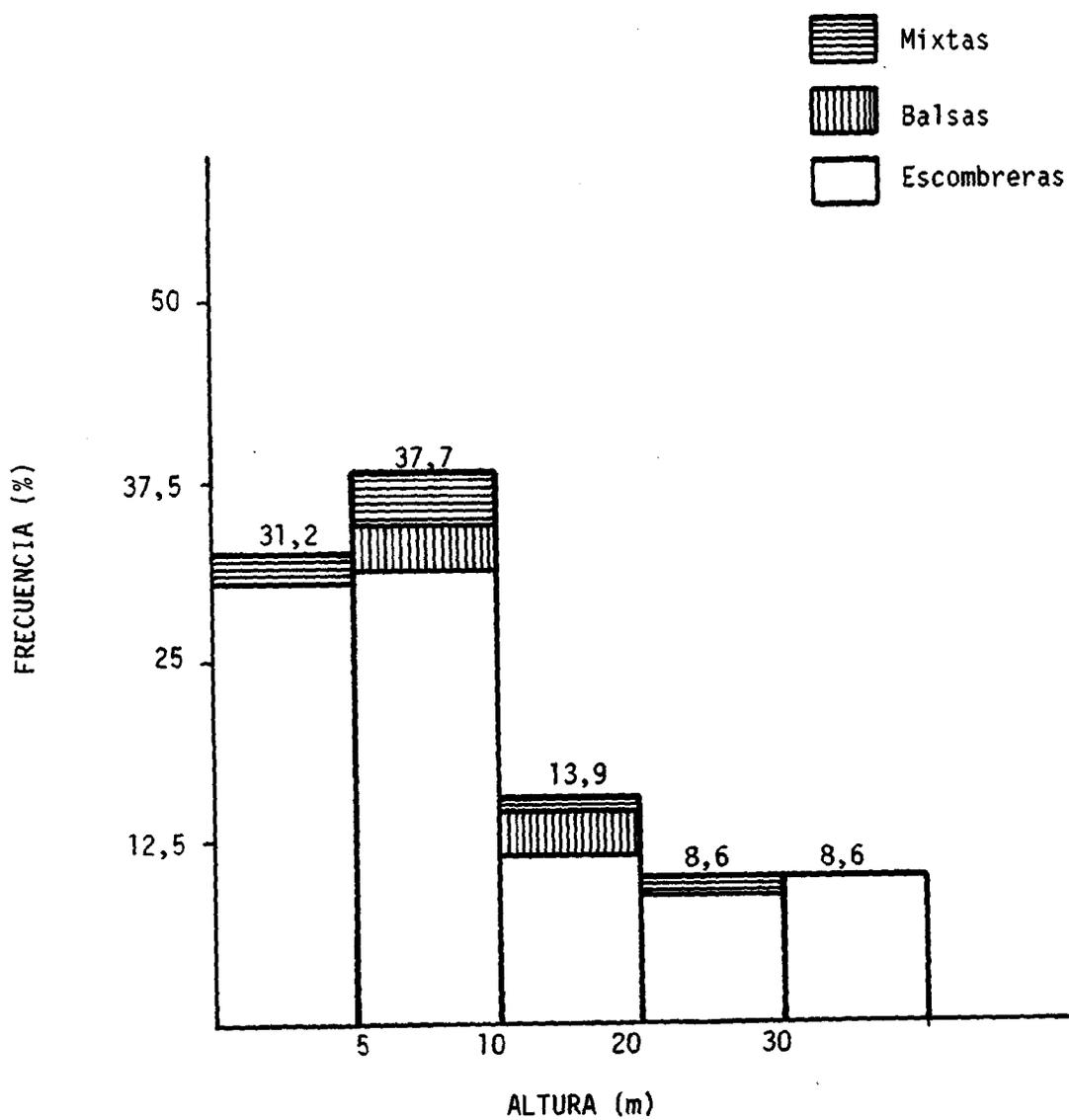


FIGURA N° 12

6.2.7.- Por el sistema de VERTIDO

	Escombreras	Balsas	Mixtas	Total	%
Pala	26	-	-	26	17,2
Volquete	21	-	-	21	13,9
Vagón	2	-	-	2	1,3
Tubería	-	10	10	20	13,4
Cinta	4	-	-	4	2,6
Pala y Volquete	78	-	-	78	51,6
	131	10	10	151	100,0

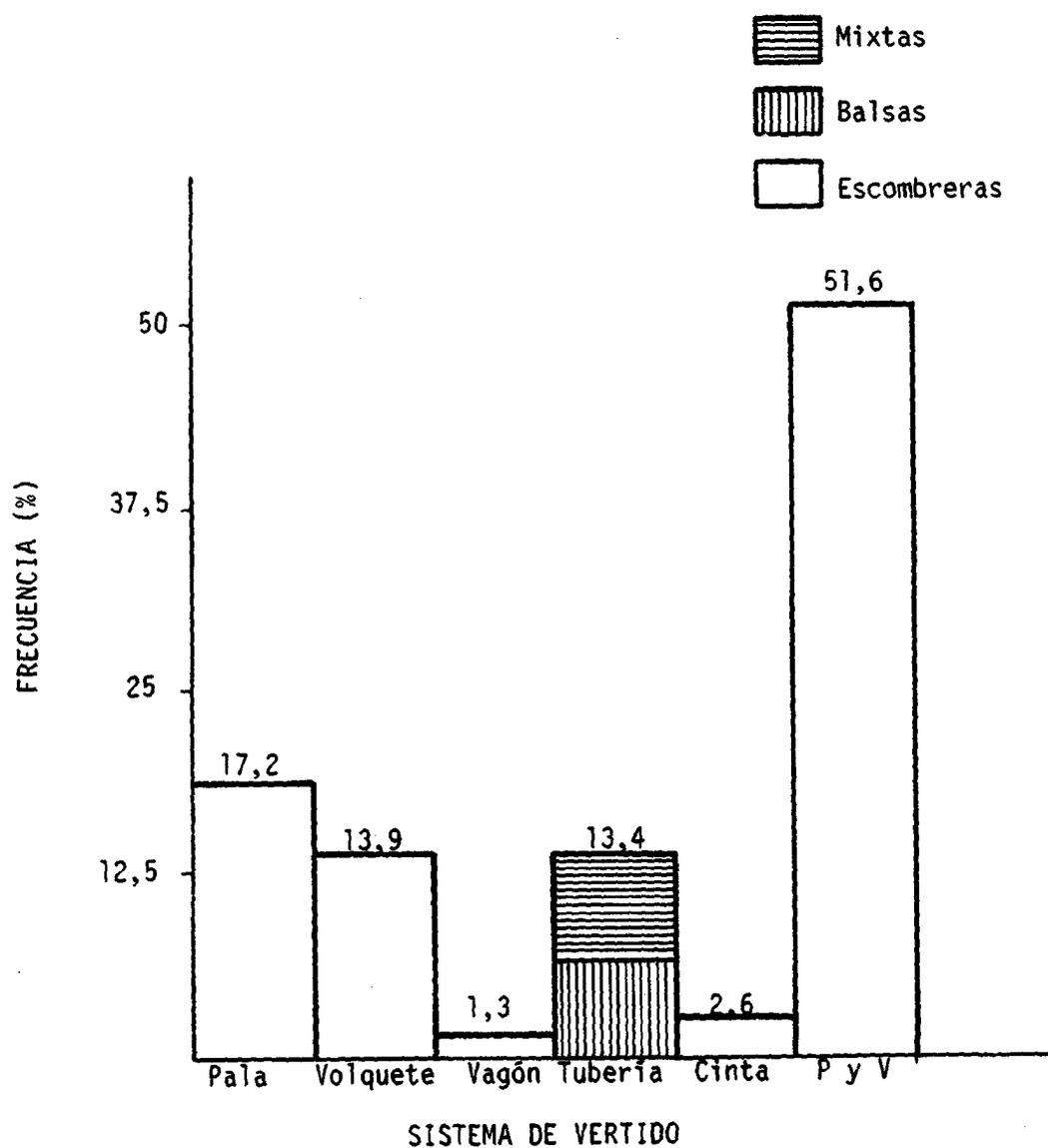


FIGURA Nº 13

### 5.3.- 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 facies 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, será:

- Lignito. En las dos grandes explotaciones de la provincia,

las monteras y los estratos estériles intercalados entre las capas de carbón, están formadas por materiales detríticos no consolidados constituidos por arcillas, arenas y gravas, y estas son de composición fundamentalmente cuarzosa. Estos serán, pues, los materiales que formarán las escombreras en su mayor parte.

Además, en cada caso son arrancados materiales de las rocas de caja, necesario para la estabilidad de los taludes de corta porque haya cabalgamientos sobre el criadero. Estos materiales son: en Meirama, granitos y esquistos, y en Puentes, pizarras.

Finalmente, y por estar situadas las centrales térmicas a pie de mina, en ambas escombreras de desmonte se vierten las cenizas y escorias de las mismas.

Con esta variedad litológica (y granulométrica), y el enorme volumen de residuos, lo importante es la selección de los materiales que formen la superficie (alrededor de 1 m de potencia), así como el perfilado de los taludes, puesto que de estos factores dependerá la aparición de una buena cubierta vegetal que integre en el entorno y reduzca la erosión. Para estas superficies se seleccionan las fracciones arcillosas no carbonosas, con mayor o menor contenido en arenas y gravas, e incluso las cenizas y escorias, debidamente cubiertas con una pequeña capa final (10 - 20 cm) de tierra vegetal.

- Cobre. Los minerales de cobre que han sido objeto de laboreo en esta provincia están asociados a anfibolitas (procedentes de metamorfismo de rocas plutónicas básicas), y ellas son las que forman las escombreras. Lo mismo las grandes originadas en las explotaciones a cielo abierto en Arinteiro y Fornás, como las pequeñas producidas en las minas de interior en la zona de Somozas.

La diferencia entre las dos zonas, además del volumen de residuos, es la granulometría, de mucho mayor tamaño en las primeras, lo que condiciona la posible restauración natural. Como se puede apreciar en las segundas, en las que la vegetación espontánea (favorecida por las excepcionales condiciones climáticas) casi impide su visión, y son más apreciables por su morfología que por el color.

- Estaño-Wolframio. En las explotaciones de estos metales se producen, por un lado, las rocas de caja (en pequeñas cortas y minas de interior), y por otro, la ganga que acompaña a los minerales útiles, que suele ser cuarzo. Las rocas de caja son granitos, neises o esquistos.

La granulometría también es diferente entre la de las escombreras (tamaños grandes en las de interior, y muy grandes en las de cortas), y la de las balsas (tamaños finos, tipo arena).

- Caolín. En las explotaciones de este mineral, sobre yacimientos primarios en esta provincia, la ganga está formada por arenas de cuarzo y feldespato y finos de mica, procedentes todos ellos de la alteración hidrotermal de los granitos de donde proceden (caolinización). La roca de caja es, naturalmente, granito, e intercalados en la masa de todo-uno, aparecen cantos de granito más o menos alterado que se suman a los residuos.

De todas formas, en la gran explotación de esta provincia, además del caolín, se intentan aprovechar las arenas (aunque sea como árido) y también la mica (debidamente separada del resto de los finos), quedando en las escombreras definitivas las fracciones mixtas, de desmonte y de los contactos con la caja, así como mineral muy contaminado (con hierro, que le dá tono rojizo oscuro).

- Cuarzo. Las explotaciones de esta provincia están sobre diques de gran potencia, y sobre depósitos detríticos (aluviones y coluviones). Naturalmente, en las primeras apenas se toca la roca de caja (pizarras o esquistos), por lo que los residuos son las fracciones más contaminadas (a favor de las fracturas) que lo inutilizan para su empleo en ferroaleaciones.

En las segundas, con el mineral rodeado de una abundante matriz arcillosa, debe ser tamizado y lavado, produciéndose

importantes volúmenes de residuos arcillosos. Prototipo de esta explotación puede ser la situada en Carballo, de la que se presenta fotografía de una de sus escombreras, en la que puede apreciarse la abundancia de finos rodeando cantos de variada granulometría (hasta 20 cm), cuya composición es casi exclusivamente cuarzo. (Foto nº 1).

- Pizarra ornamental. Las explotaciones de esta roca están en una sola zona, en el monte Rande (Ortigueira) y hay una de buenas dimensiones y otras más pequeñas, de actividad intermitente,



FOTO Nº 1.- Escombrera de cuarzo sobre materiales disgregados en Carballo.

y orientadas a la obtención de aleros para tejados para consumo local. En ellas se buscan las capas de menor fracturación y grano fino y uniforme, aptas para separación de láminas finas (menores de 1 cm) para cubiertas.

Los estratos útiles forman parte de un paquete muy plegado en el que predominan las pizarras, más o menos esquistas. Para llegar a dichos estratos son necesarios importantes desmontes y, aún en ellos, los bloques válidos son una pequeña parte (alrededor de un 10%) de la capa desmontada. Todo ello produce una gran cantidad



FOTO N° 2.- Escombrera de pizarras ornamentales en Monte Rande (Ortigueira).

de residuos pizarrosos, con granulometría heterométrica, desde muy finos (producidos en las labores de desmonte), hasta muy grande (producidos en el arranque y corte de los bloques).

En la foto n° 2 puede apreciarse un detalle de estos materiales.

- Aridos. En la minería de las rocas cuyo único tratamiento es la trituración y clasificación, y consumo a reducida distancia de la mina, se producen siempre residuos que provienen de los desmontes previos (muy escasos), de lavado de las gravas, y fracciones con granulometrías más o menos mezcladas de difícil comercialización.

Se han incluido en este grupo las explotaciones de dunita y serpentina pues, respecto a la creación de estructuras residuales, son muy parecidas.

Es evidente que la litología de los residuos es la propia del macizo rocoso y del mineral tratado.

### 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 adecuada implantación, o se han protegido las superficies expuestas a la acción de los vientos y de las lluvias.

Otro factor de contaminación o de impacto es el producido por el Color de las estructuras, muchas veces fuertemente contrastante con el verde normal en zonas vegetadas, o los amarillentos, pardos, ocre, etc., de las zonas menos vegetadas.



- FOTO N° 3.- Arenas lavadas y minerales en la mina de caolín en Vimianzo.

En la provincia de La Coruña, intensamente vegetada y por tanto, con un color en el paisaje en todos los tonos del verde, es muy fácil producir un impacto por contraste cromático.

La minería, por ello, no puede dejar de producir dichos impactos derivados de los colores de las rocas y minerales en su estado fresco (no meteorizado). Los casos más fuertes serán debidos a los minerales con colores más intensos y de tonos extremos, muy blancos y muy oscuros.



FOTO N° 4.- Arenas de lavadero y estériles de labores preparatorias en la mina de wolframio-estaño en San Finx.

En la foto n° 3 se puede apreciar el color intensamente blanco de las estructuras residuales y mineral, en la explotación de caolín en Vimianzo.

La escombrera más alta (a la derecha) es la de arenas que, aunque está formada fundamentalmente por cuarzo, cada grano está rodeado de una película de caolín que lo blanquea. La estructura de la izquierda contiene el todo-uno, y en primer término, una pequeña escombrera de desmonte.



FOTO N° 5.- Corta y escombrera de estériles y mixtos en la explotación de Cu-Fe en Fornás.

En la foto nº 4 se puede apreciar el contraste de color entre las arenas del lavadero de wolframio en San Finx, y el entorno. Estas arenas son fundamentalmente de cuarzo y, por tanto, estériles para la vegetación, por lo que es muy difícil su recuperación en este sentido.

En la foto nº 5 se observa un contraste en sentido contrario. Corresponde al centro minero de Fornás (abandonado), donde se explotaba cobre (y hierro) diseminados en anfibolitas. Tanto por el color de la roca estéril, como por el del mineral (con alto contenido en hierro), sus tonos oscuros son fuertemente impactantes con el entorno.

Se puede apreciar el color de los taludes de la corta (a la izquierda), y el de los materiales residuales, con pequeñas diferencias de tonalidad, dentro de la gama de los oscuros.

### 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 el cuadro nº 5 se ha reflejado la situación de la minería de la provincia de La Coruña en este sentido. Se han inventariado, y explicado en sus fichas, 131 escombreras, 10 balsas y 10 mixtas. En el mismo cuadro se expresa la minería a que corresponde cada estructura, así como la situación (activa, parada o abandonada) en que se encuentran en el momento de realizar este estudio.

Se puede resumir la situación de la siguiente forma: predominio de las escombreras; 7 balsas (o mixtas) producidas en la minería metálica (cobre y wolframio), y 13 en las de las variadas rocas industriales explotadas.

A pesar del predominio del número de escombreras, el resto de estructuras prueba el relativamente alto grado de tratamiento de los minerales en esta provincia, así como la variedad de la minería.

### Estado

En la figura nº 9 se ha representado el grado de actividad

de la minería de esta provincia, a través de la situación de sus estructuras residuales: hay 89 (58,9%), activas; 19 (12,6%), paradas y 43 (28,5%), abandonadas. Se puede decir que, en general, las activas corresponden a las mineras de lignito y rocas industriales, y las demás a la minería metálica y a algunas rocas industriales con un pasado más floreciente como dunita, cuarzo, serpentina, etc.

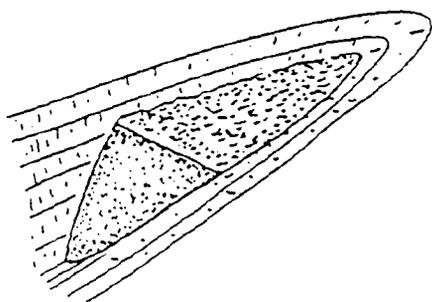
En el cuadro anteriormente mencionado (nº 5) está reflejada la distribución por tipos de minería.

### Tipología

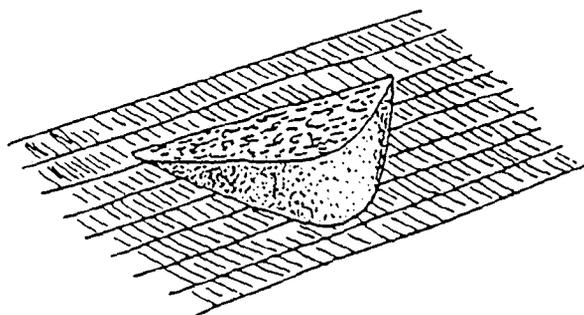
La tipología de las estructuras mineras es un factor fundamental condicionante de su estabilidad, así como de su posible impacto ambiental, por su visibilidad y contaminación de acuíferos superficiales.

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

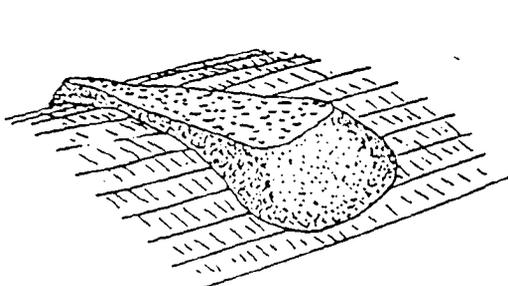
Los tipos que se presentan en la provincia de La Coruña son los que se indican en la figura nº : 64 (42,4%), en Ladera; 31 (20,5%), en Llanura; 5 (3,3%), en Vaguada; 50 (33,1%), en Ladera-Llanura y solo 1 (0,7%), en Ladera-Vaguada.



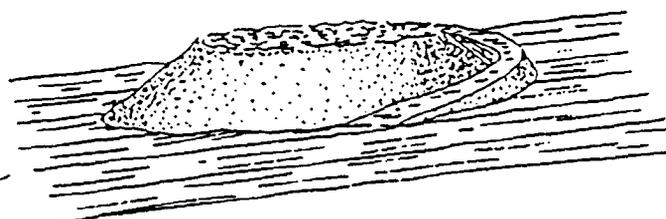
EN VAGUADA



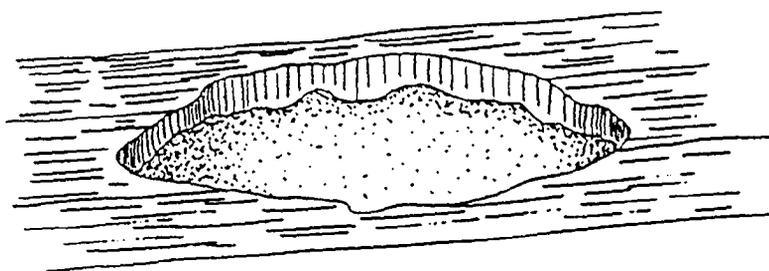
EN LADERA



EN DIVISORIA



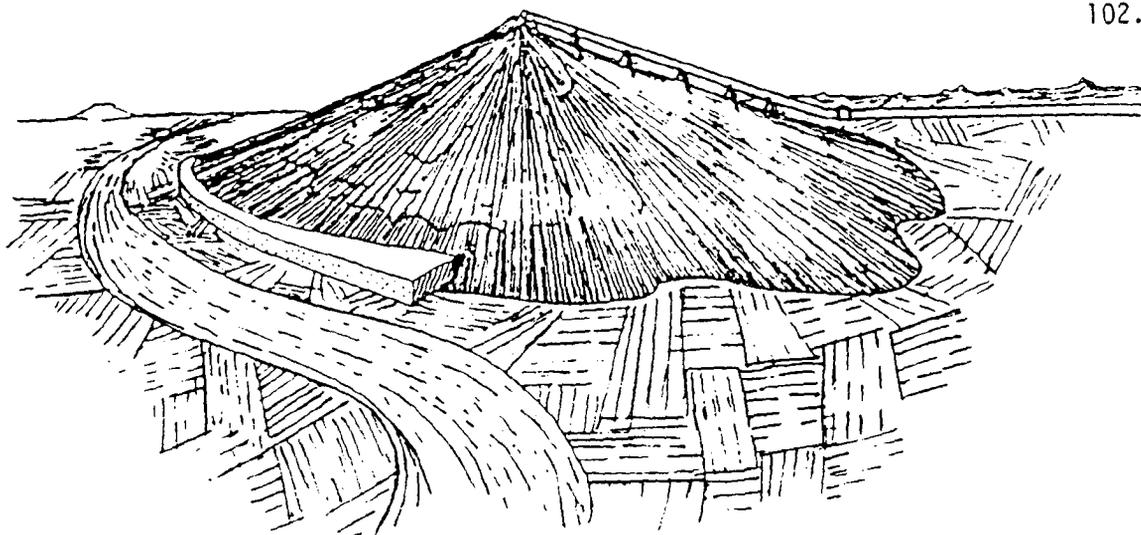
EN LLANO



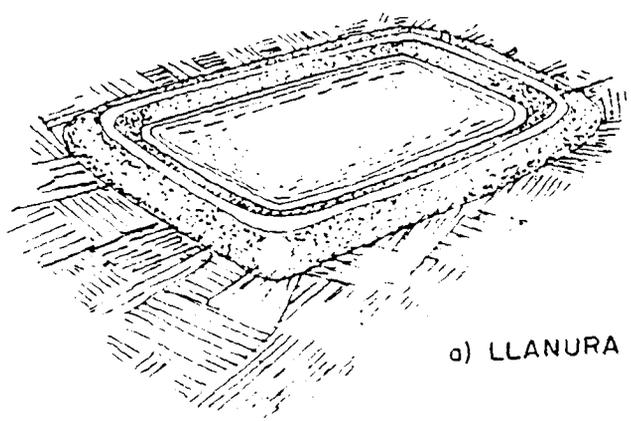
RELLENO DE CORTA

FIGURA Nº 14: TIPOLOGIA DE ESCOMBRERAS

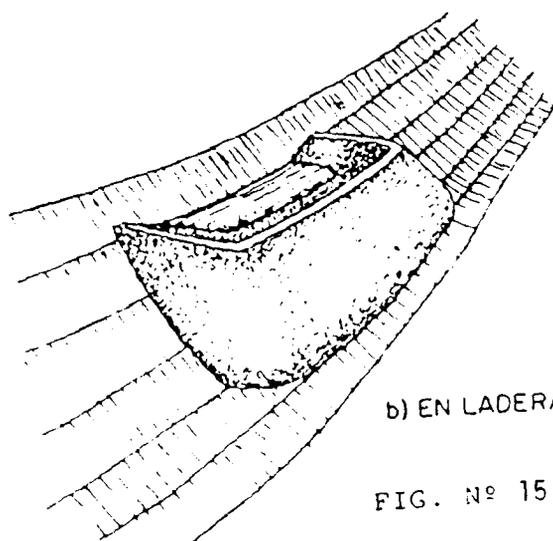
FUENTE: IGME. Manual de escombreras y presas de residuos mineros.1986.



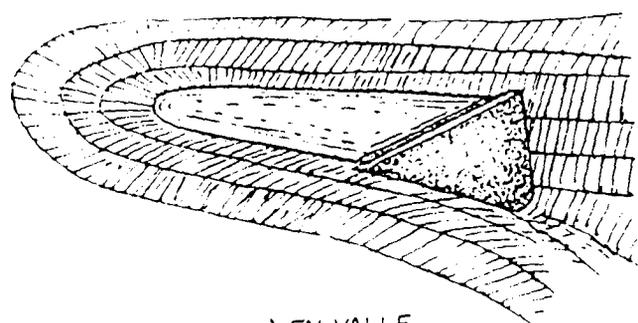
DESCARGA ESPESADA



a) LLANURA



b) EN LADERA



c) EN VALLE

FIG. Nº 15: TIPOLOGIA DE BALSAS

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

Entre el tipo "ladera" y el mixto "ladera-llanura" constituyen el 75,5% del total, lo que es consecuencia la topografía accidentada de esta provincia y es un factor negativo para la misma.

### 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.

El diagrama de frecuencias de volúmenes se presenta en la figura nº 11. En él se puede observar que aunque más de la mitad, 88 (58,3%), tienen menos de 10.000 m<sup>3</sup>, 19 (12,6%) tienen entre 20 y 50.000 m<sup>3</sup>, y 31 (20,5%), más de 50.000 m<sup>3</sup>.

Pero, aunque en esta figura no se puede matizar más, se puede decir que entre estas últimas están las escombreras más grandes del país. Las escombreras de lignito son muy grandes, y también lo son bastante las de cobre, wolframio y caolín.

### 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.

En la figura n° 12 se representa el diagrama de frecuencias de alturas e, igualmente que pasa con el volumen, con cuyo parámetro la altura está relacionada (junto con la topografía), la situación es parecida: 104 (68,9%) tienen menos de 10 m de altura, pero hay 13 (8,6%) entre 20 y 30 metros y otras 13 (8,6%) con más de 30 metros.

#### 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<sup>3</sup>), 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.

La distribución de frecuencias de sistemas de vertido está reflejada en la figura n° 13.

Se comprueba que no predomina ningún sistema, como consecuencia de la variedad de la minería practicada.

Se utilizan las cintas transportadoras en las grandes minas de lignito (en las que también se emplean volquetes); tuberías en las estructuras que almacenan finos; palas cargadoras en las pequeñas explotaciones en que la escombrera está al lado de frente; palas y volquetes, en las de tipo medio y, vagonetas, en las pequeñas minas de interior en que la escombrera está en la bocamina.

## 7.- CONDICIONES DE ESTABILIDAD

La justificación principal 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 La Coruña, 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

Los signos de inestabilidad más frecuentemente observados en las estructuras inventariadas en la provincia de La Coruña están condicionados por dos factores fundamentales: el primero es la alta pluviosidad de la provincia, y el segundo la predominación de granulometrías finas, tanto por proceder de las minerías como arcillas, caolín, lignitos, etc., en que son normales para el mineral y el estéril, como porque la mayoría de las demás corresponden a las estructuras que recogen los finos de lavado o de clasificación, de minerales (wolframio) o de rocas para áridos.

La combinación de estos dos factores es la causa de la mayor parte de las inestabilidades apreciadas, en forma de erosiones y cárcavas en las superficies de las estructuras residuales, produciendo arrastres, disoluciones y pequeños deslizamientos debidos a los taludes inestables, en un proceso lento, pero continuo, de destrucción de la estructura, y contaminación de las superficies del terreno aguas abajo y de las aguas, tanto superficiales como subterráneas.

En la minería del lignito, en que se manejan materiales detríticos predominantemente finos (arcillas, arenas y gravas), se producen, al ser vertidos en escombrera con alto contenido en agua, taludes por encima del estable, por lo que dan lugar a deslizamientos (de tipo circular) que deben ser cuidadosamente controlados puesto que los volúmenes de estos materiales son enormes. Afortunadamente, en las dos explotaciones de esta provincia se realiza dicho control, por el procedimiento de suavizar mecánicamente los taludes hasta 12-20° en orden a la estabilización del mismo y a reducir los efectos de la erosión por aguas de lluvia.



FOTO N° 6.- Deslizamiento en escombrera de cuarzo en Carballo.

Se han apreciado también este tipo de inestabilidades (deslizamiento circular) en los materiales detríticos de la explotación de cuarzo en Carballo, en una de cuyas escombreras de combinación de granulometría desfavorable (arcillas, arenas y gravas), saturación en agua y altura relativamente considerable, se ha producido tal deslizamiento. (Foto nº 6).

En las estructuras relacionadas con la minería de Wolframio-Estaño, sobretodo en las balsas y mixtas, es especialmente relevante el tipo de erosión lenta y constante de las superficies, producido



FOTO Nº 7.- Cárcavas (y vegetación natural) en la balsa de arenas de Monteneme.



FOTO N° 8.- Erosiones y socavación mecánica por recuperación en la bal-  
sa de arenas en Monteneme.



FOTO N° 9.- Erosiones y cárcavas en escombrera con finos y mixtos, en  
cantera de granito para áridos. Ficha (6-4)-3-3.

por las aguas de lluvia, agravado en los casos en que se encuentran ubicadas próximas a un cauce permanente que, además, produce la erosión de su pie y suma la inestabilidad.

En la foto nº 10, correspondiente a la escombrera exterior de la explotación de lignito en Meirama, pueden apreciarse fenómenos de inestabilidad locales, del tipo de erosión de taludes, presentes en un punto con pendiente superior a las de los taludes finales modernos (a la izquierda). Pueden apreciarse también los diferentes resultados de la restauración sobre las superficies. Al fondo, las chimeneas de la caldera y la torre de refrigeración de la Central Térmica.



FOTO Nº 10.- Escombrera exterior en LIMEISA

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° 8 , 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.

CUADRO N° 6: SIGNOS DE INESTABILIDAD

MINERIA	EROSIONES Y CARCAVAS			SOCAVACION DE PIE			DESLIZAMIENTOS			SOCAVACION MECANICA		
	<10%	10-50%	> 50%	< 10%	10-50%	> 50%	< 10%	10-50%	> 50%	< 10%	10-50%	> 50%
Cobre	X						X				X	
Wolframio-Estaño			X		X			X				X
Lignito	X							X				
Caolín		X					X			X		
Cuarzo	X										X	
Dunita		X									X	
Serpentina	X									X		
Granito ornamental										X		
Pizarra ornamental	X							X				
Arcilla			X				X					X
Aridos		X					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,

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 las estructuras en términos visuales por los elementos básicos de color, forma, línea, textura, escala y espacio.



FOTO N° 12.- Explotación de cuarzo en Barquero vista desde Cariño.

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.

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.



FOTO Nº 13.- Escombrera de arenas lavadas en la explotación de caolín en Vimianzo.

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 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.



FOTO Nº 14.- Escombrera en la explotación de cuarzo en Carballo. Detalle de contraste de color con el entorno, y de labores de restauración (cubrición de los taludes con una capa de tierra vegetal).

## CUADRO Nº 7

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 liberable, expresado en Cr) .....	1,5	0,35
Acido cianhídrico (expresado en Cn)	0,01	0,05
Fluoruros (expresado en Fl) .....	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 <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) .....		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.

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
Niquel (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	0,05	0,05
Estaño (mg/l)	(H)	10	10	10
Cobre (mg/l)	(H)	10	0,5	0,2
Cinc (mg/l)	(H)	20	10	3
Toxicos 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
Idem	(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
Pescuicidas (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 previsibles de la corriente en la zona afectada por el vertido.

Si un determinado parámetro tuviese definidos sus objetivos de calidad en el medio receptor, se admitirá 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 como Imhoff en dos horas.

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

(E) Determinación al dicromato potásico.

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

(G) En lagos o embalses la temperatura del vertido no superará los 30° C.

(H) La apreciación del color se estima sobre 10 centímetros de muestra turbida.

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

(J) La suma de las fracciones concentración real/límite caudal 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 eutróficos.

(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

$$\text{NO}_x < 20 \text{ ppm}$$

$$\text{SO}_2 < 0,002 \text{ } \mu\text{g/l}$$

$$\text{C}_2\text{H}_4 < 2 \text{ ppm}$$

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
  - . Modificación de acuíferos
  - . Acidificación de las aguas
  - . Contaminación con cationes pesados
  - . Contaminación con aguas amoniacales
  - . 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 ( $SO_2$ ,  $NO_2$ ,  $V_2O_5$ ,  $As_2O_3$ ,  $CO...$ )
  
- 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

$\alpha$ : es un factor de alteración de la capacidad portante

$\beta$ : es un factor de resistencia del cimiento de implantación (suelo o roca)

$\theta$ : es un factor topográfico o de pendiente.

$\eta$  : es un factor relativo al entorno humano afectado

$\delta$  : 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	0,2	0,2	0,1	<0,1

2º) El factor  $\alpha$  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 ( $\beta$ ) 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 a	1,5 a	3,0 a	>
	0,5 m	1,5 m	3,0 m	8,0 m	8,0 m
Coluvial granular	1	0,95	0,90	0,85	0,80
Coluvial de Transición	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  $\theta$  se ha evaluado en razón de la inclinación del yacente, según la siguiente tabla:

	TOPOGRAFIA DE IMPLANTACION	VALOR DE $\theta$
TERRAPLEN	inclinación $< 1^\circ$	1
	inclinación entre $1^\circ$ y $5^\circ$ ( $< 8\%$ )	0,95
	inclinación entre $5^\circ$ y $14^\circ$ (8 a 25%)	0,90
LADERA	inclinación entre $14^\circ$ y $26^\circ$ (25 a 50%)	0,70
	inclinación superior a $26^\circ$ ( $> 50\%$ )	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 <math>\eta</math></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 <math>\delta</math></u>
. Nula	0
. Ligera	0,2
. Modificación parcial de la esorrentia de una zona	0,3

<u>ALTERACION DE LA RED</u>	<u>VALOR DE <math>\delta</math></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><math>Q_e</math></u>	<u>El emplazamiento se considera:</u>
1 a 0,90 .....	Óptimo 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 3 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 La Coruña.

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		
(2-6)-8-1	0,4	0,3	0,7	1	0,9	0,9	1,2	0,2	0,74	Adecuado	0,52	Adecuado
(2-7)-7-1	0,4	0,3	0,7	1	0,9	0,95	1,6	0,2	0,75	"	0,52	"
(3-5)-7-1	0,3	0,3	0,6	0,7	0,7	0,9	1,3	0,2	0,35	Tolerable	0,21	Mediocre
" (7-2)	0,3	0,3	0,6	0,7	0,7	0,9	1,3	0,2	0,35	"	0,21	"
" (7-3)	0,5	0,2	0,7	1	0,9	0,95	2	0	0,72	Adecuado	0,50	Adecuado
" (8-1)	0,3	0,3	0,6	0,7	0,7	0,95	1,7	0,2	0,32	Tolerable	0,19	Mediocre
(3-6)-4-1	0,4	0,3	0,7	1	0,9	0,9	1,6	0,2	0,68	Adecuado	0,48	Tolerable
" (6-1)	0,4	0,3	0,7	1	0,7	0,95	1,3	0,3	0,51	Tolerable	0,36	"
" (6-2)	0,4	0,3	0,7	1	0,7	0,95	1,3	0,3	0,51	"	0,36	"
" (6-3)	0,4	0,3	0,7	1	0,7	0,95	1,3	0,3	0,51	"	0,36	"
" (6-4)	0,3	0,2	0,5	0,7	0,7	0,95	1,3	0,3	0,36	"	0,18	Mediocre
" (6-5)	0,3	0,2	0,5	0,7	0,7	0,95	1,3	0,3	0,36	"	0,18	"
" (6-6)	0,4	0,3	0,7	1	0,7	0,95	1,3	0,3	0,51	Adecuado	0,36	Tolerable
(3-7)-3-1	0,4	0,3	0,7	1	0,9	0,9	1,2	0,2	0,74	"	0,52	Adecuado
" (5-1)	0,4	0,4	0,8	1	0,9	0,9	1,2	0,2	0,74	"	0,59	"
" (7-1)	0,4	0,3	0,7	1	0,7	0,9	1,6	0,2	0,44	Tolerable	0,31	Tolerable

CUADRO N°: 8

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	$\alpha$	$\beta$	$\theta$	$\gamma$	$\delta$	SIN FACTOR ECOLOGICO	CON FACTOR ECOLOGICO		
(3-6)-7-2	0,4	0,3	0,7	1	0,7	0,9	1,6	0,2	0,44	Tolerable	0,31	Tolerable
(3-9)-6-1	0,4	0,4	0,8	1	0,9	0,9	1,3	0,2	0,73	Adecuado	0,58	Adecuado
" (6-2)	0,3	0,3	0,6	1	0,7	0,9	1,6	0,2	0,44	Tolerable	0,26	Mediocre
(4-5)-1-1	0,4	0,3	0,7	1	0,9	0,9	1,3	0,2	0,73	Adecuado	0,51	Adecuado
" (1-2)	0,4	0,3	0,7	1	0,7	0,9	1,3	0,2	0,50	"	0,35	Tolerable
" (2-1)	0,3	0,2	0,5	1	0,7	0,7	1,3	0,2	0,34	Tolerable	0,17	Mediocre
" (2-2)	0,3	0,2	0,5	1	0,7	0,7	1,3	0,2	0,34	"	0,17	"
" (2-3)	0,3	0,2	0,5	1	0,7	0,9	1,3	0,2	0,50	"	0,25	"
" (2-4)	0,3	0,2	0,5	1	0,7	0,9	1,3	0,2	0,50	Adecuado	0,25	"
" (2-7)	0,3	0,2	0,5	1	0,7	0,7	1,3	0,2	0,34	Tolerable	0,17	"
" (2-8)	0,3	0,2	0,5	1	0,7	0,9	1,3	0,2	0,50	Adecuado	0,25	"
" (2-9)	0,4	0,2	0,6	1	0,7	0,9	1,3	0,2	0,50	"	0,30	Tolerable
" (2-13)	0,3	0,2	0,5	1	0,7	0,95	1,3	0,2	0,54	"	0,27	Mediocre
" (2-15)	0,3	0,2	0,5	1	0,7	0,9	1,3	0,2	0,50	Tolerable	0,25	"
" (2-16)	0,3	0,2	0,5	1	0,7	0,7	1,3	0,2	0,34	"	0,17	"
" (2-14)	0,4	0,2	0,6	1	0,7	0,9	1,6	0,2	0,44	"	0,26	"

CUADRO N°: 8

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	$\alpha$	$\beta$	$\theta$	$\gamma$	$\delta$	SIN FACTOR ECOLOGICO		CON FACTOR ECOLOGICO	
(4-5)-4-1	0,4	0,3	0,7	1	0,6	0,95	1,3	0,2	0,43	Tolerable	0,30	Tolerable
" (4-2)	0,4	0,3	0,7	1	0,6	0,95	1,3	0,2	0,43	"	0,30	"
" (4-3)	0,4	0,3	0,7	1	0,6	0,95	1,3	0,2	0,43	"	0,30	"
" (4-4)	0,3	0,3	0,6	1	0,6	0,95	1,3	0,2	0,43	"	0,26	Mediocre
" (4-5)	0,3	0,3	0,6	1	0,6	0,95	1,3	0,2	0,43	"	0,26	"
" (4-7)	0,4	0,3	0,7	1	0,7	0,7	1,3	0,3	0,32	"	0,22	"
" (4-8)	0,4	0,2	0,6	1	0,9	0,7	1,6	0,2	0,44	"	0,26	"
" (6-1)	0,4	0,3	0,7	0,7	0,6	0,95	1,1	0,2	0,34	"	0,24	"
" (7-1)	0,4	0,2	0,6	1	0,7	0,7	1,3	0,2	0,34	"	0,20	"
" (7-2)	0,4	0,2	0,6	1	0,7	0,7	1,3	0,3	0,32	"	0,19	"
" (7-3)	0,4	0,2	0,6	1	0,7	0,7	1,3	0,3	0,32	"	0,19	"
(4-6)-1-1	0,2	0,3	0,5	0,7	0,7	0,9	1,7	0,3	0,28	Mediocre	0,14	Malo
" (1-2)	0,2	0,3	0,5	0,7	0,7	0,9	1,7	0,3	0,28	"	0,14	"
" (1-3)	0,3	0,3	0,6	1	0,7	0,9	1,3	0,2	0,50	Adecuado	0,30	Tolerable
" (1-4)	0,4	0,3	0,7	1	0,9	0,7	1,3	0,2	0,50	"	0,35	"
" (1-10)	0,4	0,3	0,7	0,7	0,6	0,9	1,1	0,2	0,31	Tolerable	0,22	Mediocre

CODIGO	FACTOR ECOLOGICO			F. NIVEL FREATICO	F. RESISTENCIA CEMENTO	F. TOPOGRAFICO	F. ENTORNO HUMANO	F. RED DE DRENAJE	EVALUACION			
	Ca	P	I	$\alpha$	$\beta$	$\theta$	$\eta$	$\delta$	SIN FACTOR ECOLOGICO	CON FACTOR ECOLOGICO		
(4-5)-1-1)	0,4	0,3	0,7	0,7	0,6	0,9	1,1	0,2	0,31	Tolerable	0,22	Mediocre
" (6-1)	0,4	0,3	0,7	1	0,7	0,95	1,6	0,2	0,47	"	0,33	Tolerable
(4-6)-7-1	0,4	0,3	0,7	1	0,7	0,7	1,3	0,2	0,34	"	0,24	Mediocre
(4-7)-4-1	0,4	0,3	0,7	1	0,7	0,9	1,3	0,2	0,50	Adecuado	0,35	Tolerable
" (4-2)	0,4	0,4	0,8	1	0,9	0,7	1,1	0,2	0,55	"	0,44	"
" (4-3)	0,4	0,4	0,8	1	0,9	0,7	1,1	0,2	0,55	"	0,44	"
" (8-1)	0,4	0,3	0,7	1	0,9	0,95	2	0	0,72	"	0,50	Adecuado
(4-8)-1-1	0,2	0,3	0,5	0,5	0,7	0,7	1,7	0,5	0,11	Malo	0,06	Inaceptable
" (1-2)	0,3	0,3	0,6	1	0,5	0,7	1,3	0,2	0,21	Mediocre	0,13	Malo
" (3-1)	0,4	0,2	0,6	1	0,7	0,7	1,6	0,2	0,28	Mediocre	0,17	Mediocre
(4-9)-1-1	0,4	0,4	0,8	1	0,7	0,95	1,1	0,2	0,58	Adecuado	0,46	Tolerable
(5-3)-8-1	0,4	0,3	0,7	1	0,9	0,7	1,6	0,2	0,43	Tolerable	0,30	"
" (8-2)	0,4	0,3	0,7	1	0,9	0,7	1,6	0,2	0,43	"	0,30	"
" (8-3)	0,4	0,3	0,7	1	0,9	0,7	1,6	0,2	0,43	"	0,30	"
(5-4)-5-1	0,4	0,2	0,6	1	0,9	0,9	1,3	0,2	0,73	Adecuado	0,44	"
(5-5)-1-1	0,4	0,2	0,6	1	0,9	0,9	1,3	0,2	0,73	"	0,44	"

CUADRO N°: 8

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	$\alpha$	$\beta$	$\theta$	$\eta$	$\delta$	SIN FACTOR ECOLOGICO		CON FACTOR ECOLOGICO	
(5-5)-1-2	0,4	0,2	0,6	1	0,9	0,95	1,3	0,2	0,73	Adecuado	0,44	Tolerable
" (1-3)	0,4	0,2	0,6	1	0,9	0,9	1,3	0,2	0,73	"	0,44	"
" (3-1)	0,3	0,3	0,6	0,7	0,7	0,8	1,3	0,3	0,27	Mediocre	0,16	Mediocre
" (3-2)	0,3	0,3	0,6	0,7	0,7	0,9	1,3	0,3	0,34	Tolerable	0,20	"
" (3-3)	0,3	0,3	0,6	0,7	0,7	0,95	1,3	0,3	0,36	"	0,22	"
" (5-1)	0,3	0,2	0,5	0,5	0,7	0,8	1,3	0,3	0,19	Mediocre	0,11	Malo
" (5-2)	0,4	0,2	0,6	1	0,9	0,7	1,6	0,2	0,44	Tolerable	0,26	Mediocre
" (6-1)	0,3	0,3	0,6	0,5	0,7	0,8	1,3	0,3	0,19	Mediocre	0,11	Malo
" (6-2)	0,3	0,4	0,7	0,7	0,7	0,7	1,3	0,2	0,24	"	0,17	Mediocre
(5-6)-2-1	0,4	0,3	0,7	1	0,7	0,7	1,2	0,2	0,37	Tolerable	0,26	"
" (2-2)	0,4	0,3	0,7	1	0,7	0,9	1,2	0,2	0,52	Adecuado	0,36	Tolerable
" (8-1)	0,3	0,3	0,6	0,7	0,5	0,95	1,1	0,2	0,26	Mediocre	0,16	Mediocre
" (8-2)	0,3	0,3	0,6	0,7	0,5	0,95	1,1	0,2	0,26	"	0,16	"
(5-7)-1-1	0,4	0,4	0,8	1	0,7	0,9	1,1	0,2	0,55	Adecuado	0,44	Tolerable
" (1-2)	0,4	0,3	0,7	1	0,9	0,9	2	0,2	0,63	"	0,44	"
" (3-1)	0,3	0,3	0,6	0,7	0,7	0,8	1,1	0,2	0,33	Tolerable	0,20	Mediocre

CODIGO	FACTOR ECOLOGICO			F. NIVEL FREATICO	F. RESISTENCIA CEMENTO	F. TOPOGRAFICO	F. EMORNO HUMANO	F. RED DE DRENAJE	EVALUACION			
	Ca	P	l	$\alpha$	$\beta$	$\theta$	$\gamma$	$\delta$	SIN FACTOR ECOLOGICO	CON FACTOR ECOLOGICO		
(5-7)-5-1	0,2	0,2	0,4	0,7	0,9	0,7	1,3	0,3	0,34	Tolerable	0,14	Malo
" (5-2)	0,2	0,2	0,4	0,7	0,9	0,7	1,3	0,3	0,34	"	0,14	Malo
" (5-3)	0,3	0,4	0,7	1	0,9	0,9	1,1	0,2	0,76	Adecuado	0,53	Adecuado
" (7-1)	0,2	0,2	0,4	1	0,7	0,7	1,3	0,3	0,32	Tolerable	0,13	Malo
" (7-2)	0,2	0,2	0,4	1	0,7	0,7	1,3	0,3	0,32	"	0,13	Malo
" (7-3)	0,2	0,2	0,4	1	0,9	0,7	1,3	0,3	0,48	"	0,19	Mediocre
" (7-4)	0,2	0,2	0,4	1	0,9	0,9	1,3	0,3	0,71	Tolerable	0,28	"
" (7-5)	0,2	0,2	0,4	1	0,9	0,7	1,3	0,3	0,34	"	0,14	Malo
" (7-6)	0,2	0,2	0,4	1	0,9	0,95	1,3	0,3	0,77	"	0,31	Tolerable
" (7-7)	0,2	0,2	0,4	1	0,9	0,7	1,3	0,3	0,34	"	0,14	Malo
(5-8)-2-1	0,4	0,2	0,6	1	0,9	0,7	1,2	0,2	0,52	Adecuado	0,31	Tolerable
" (2-2)	0,4	0,2	0,6	1	0,9	0,7	1,2	0,2	0,52	"	0,31	"
" (2-3)	0,4	0,2	0,6	1	0,9	0,7	1,2	0,2	0,52	"	0,31	"
" (2-4)	0,3	0,3	0,6	1	0,9	0,95	1,3	0,2	0,73	"	0,44	"
(6-2)4-1	0,4	0,4	0,8	1	0,9	0,9	1,1	0,2	0,76	"	0,61	Adecuado
" (8-1)	0,4	0,3	0,7	1	0,9	0,7	1,3	0,2	0,50	"	0,35	Tolerable

CUADRO N°: 8

EVALUACION DE LAS CONDICIONES DE IMPLANTACION

CODIGO	FACTOR ECOLOGICO			F. NIVEL FREATICO	F. RESISTENCIA CEMENTO	F. TOPOGRAFICO	F. INIORMO HUMANO	F. RED DE DRENAJE	EVALUACION			
	Ca	P	I	$\alpha$	$\beta$	$\theta$	$\gamma$	$\delta$	SIN FACTOR ECOLOGICO	COM FACTOR ECOLOGICO		
(6-2)-8-2	0,3	0,3	0,6	0,7	0,7	0,7	1,4	0,3	0,21	Mediocre	0,13	Malo
" (8-3)	0,4	0,3	0,7	1	0,9	0,7	1,1	0,2	0,55	Adecuado	0,38	Tolerable
" (8-4)	0,4	0,4	0,8	1	0,9	0,9	1,1	0,2	0,76	"	0,61	Adecuado
(6-3)-1-1	0,4	0,3	0,7	1	0,9	0,95	1,6	0	0,77	"	0,54	"
" (1-2)	0,4	0,3	0,7	1	0,9	0,95	1,6	0	0,77	"	0,54	"
" (5-1)	0,4	0,3	0,7	1	0,9	0,95	1,6	0	0,77	"	0,54	"
" (6-1)	0,4	0,2	0,6	0,7	0,7	0,9	1,4	0,2	0,24	Mediocre	0,14	Malo
" (7-1)	0,3	0,3	0,6	1	0,7	0,7	1,6	0	0,32	Tolerable	0,19	Mediocre
" (7-2)	0,4	0,4	0,8	1	0,7	0,7	1,6	0	0,32	"	0,25	"
" (7-3)	0,4	0,4	0,8	1	0,7	0,7	1,1	0,2	0,40	"	0,32	Tolerable
" (7-4)	0,3	0,4	0,7	1	0,7	0,7	1,1	0	0,46	"	0,32	"
" (7-5)	0,3	0,4	0,7	1	0,7	0,7	1,1	0	0,46	"	0,32	"
" (7-6)	0,4	0,3	0,7	1	0,7	0,7	1,3	0,2	0,34	"	0,24	Mediocre
" (7-7)	0,4	0,3	0,7	1	0,7	0,7	1,3	0,2	0,34	"	0,24	"
" (7-8)	0,4	0,3	0,7	0,7	0,7	0,7	1,3	0,2	0,24	Mediocre	0,17	"
" (7-9)	0,4	0,4	0,8	1	0,7	0,7	1,1	0,2	0,40	Tolerable	0,32	Tolerable

CODIGO	FACTOR ECOLOGICO			F. NIVEL FREATICO	F. RESISTENCIA CIMENTO	F. TOPOGRAFICO	F. ENTORNO HUMANO	F. RED DE DRENAJE	EVALUACION			
	Ca	P	I	$\alpha$	$\beta$	$\theta$	$\eta$	$\delta$	SIN FACTOR ECOLOGICO		CON FACTOR ECOLOGICO	
(6-3)-7-10	0,4	0,4	0,8	1	0,7	0,7	1,1	0,2	0,40	Tolerable	0,32	Tolerable
" (7-11)	0,4	0,3	0,7	1	0,7	0,9	1,1	0,2	0,55	Adecuado	0,38	"
(6-4)-1-1	0,3	0,2	0,5	0,7	0,7	0,7	1,4	0,2	0,22	Mediocre	0,11	Malo
" (1-2)	0,3	0,2	0,5	0,7	0,7	0,7	1,4	0,2	0,22	"	0,11	Malo
" (3-1)	0,3	0,3	0,6	1	0,7	0,7	1,3	0	0,40	Tolerable	0,24	Mediocre
" (3-2)	0,3	0,3	0,6	1	0,7	0,9	1,3	0,2	0,50	Adecuado	0,30	Tolerable
" (3-3)	0,3	0,3	0,6	1	0,7	0,7	1,3	0,2	0,34	Tolerable	0,20	Mediocre
" (3-4)	0,3	0,3	0,6	1	0,7	0,7	1,3	0,2	0,34	"	0,20	"
" (3-5)	0,3	0,3	0,6	1	0,7	0,7	1,3	0,2	0,34	"	0,20	"
" (3-6)	0,3	0,3	0,6	1	0,7	0,7	1,3	0,2	0,34	"	0,20	"
" (3-7)	0,4	0,3	0,7	1	0,9	0,9	1,6	0	0,71	Adecuado	0,50	Adecuado
" (3-8)	0,4	0,4	0,8	1	0,7	0,7	1,1	0	0,46	Tolerable	0,37	Tolerable
" (3-9)	0,3	0,3	0,6	1	0,7	0,7	1,3	0,3	0,32	"	0,19	Mediocre
" (3-10)	0,3	0,3	0,6	1	0,7	0,7	1,3	0,3	0,32	"	0,19	"
" (3-11)	0,4	0,3	0,7	1	0,7	0,7	1,3	0,3	0,32	"	0,22	"
" (3-12)	0,4	0,4	0,8	1	0,9	0,95	1,1	0	0,84	Adecuado	0,67	Adecuado

CUADRO N°: 8

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	l	$\alpha$	$\beta$	$\theta$	$\eta$	B	SIN FACTOR ECOLOGICO		CON FACTOR ECOLOGICO	
(6-4)-4-1	0,3	0,3	0,6	0,5	0,7	0,8	1,3	0,5	0,18	Mediocre	0,11	Malo
" (4-2)	0,3	0,3	0,6	0,7	0,7	0,95	1,7	0,2	0,32	Tolerable	0,19	Mediocre
" (4-3)	0,3	0,4	0,7	0,7	0,7	0,7	1,3	0,2	0,24	Mediocre	0,17	"
" (4-4)	0,3	0,4	0,7	1	0,7	0,7	1,3	0,2	0,34	Tolerable	0,24	"
" (4-5)	0,4	0,4	0,8	1	0,7	0,9	1,1	0,2	0,55	Adecuado	0,44	Tolerable
(6-5)-5-1	0,4	0,4	0,8	1	0,9	0,95	1,1	0,2	0,81	"	0,65	Adecuado
" (6-1)	0,4	0,3	0,7	1	0,9	0,95	1,3	0,2	0,73	"	0,51	"
(6-6)-2-1	0,4	0,3	0,7	1	0,9	0,9	1,1	0,2	0,76	"	0,53	"
" (2-2)	0,4	0,3	0,7	1	0,9	0,9	1,1	0,2	0,76	"	0,53	"
" (7-1)	0,3	0,3	0,6	0,7	0,9	0,9	1,4	0,2	0,50	"	0,30	Tolerable
" (7-2)	0,3	0,3	0,6	0,7	0,9	0,7	1,4	0,2	0,24	Mediocre	0,15	Mediocre
" (7-3)	0,4	0,3	0,7	1	0,9	0,9	1,1	0,2	0,76	Adecuado	0,53	Adecuado
" (7-4)	0,4	0,3	0,7	1	0,9	0,9	1,1	0,2	0,76	"	0,53	"
(6-7)-2-1	0,3	0,3	0,6	0,7	0,7	0,8	1,3	0,2	0,29	Mediocre	0,17	Mediocre
" (7-1)	0,3	0,3	0,6	0,7	0,9	0,7	1,3	0,2	0,35	Tolerable	0,21	"
" (7-2)	0,3	0,3	0,6	1	0,9	0,7	1,3	0,2	0,50	Adecuado	0,30	Tolerable

CUADRO N°: 8

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	
(6-7)-7-3	0,3	0,3	0,6	1	0,9	0,9	1,1	0,2	0,76	Adecuado	0,46	Tolerable
" (7-4)	0,3	0,3	0,6	1	0,9	0,9	1,1	0,2	0,76	"	0,46	"
(7-2)-2-1	0,3	0,3	0,6	1	0,7	0,9	1,3	0,2	0,50	"	0,30	"
" (2-2)	0,4	0,3	0,7	1	0,7	0,9	1,3	0,2	0,50	"	0,35	"
" (6-1)	0,3	0,3	0,6	1	0,7	0,7	1,4	0,4	0,28	Mediocre	0,17	Mediocre
" (6-2)	0,3	0,3	0,6	1	0,7	0,7	1,3	0,2	0,34	Tolerable	0,20	Mediocre
(7-3)-1-1	0,4	0,3	0,7	1	0,7	0,7	1,1	0,2	0,40	"	0,28	"

## 8.4.- CONCLUSIONES

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

Condiciones de implantación	Sin factor ecológico		Con factor ecológico	
	Nº Estruct.	(%)	Nº Estruct.	(%)
Adecuado	57	37,7	22	14,5
Tolerable	73	48,3	51	33,8
Mediocre	20	13,3	61	40,4
Malo	1	0,7	16	10,6
Inaceptable	-	-	1	0,7
	<u>151</u>	<u>100,0</u>	<u>151</u>	<u>100,0</u>

Evidentemente, la introducción de coeficientes correctores debidos a deterioros del paisaje y a contaminación de aguas superficiales o subterráneas, aplicados al conjunto de las demás condiciones de implantación, produce unos resultados más negativos y en una medida difícil de objetivar pero resalta, cualitativamente, las malas condiciones de implantación de muchas de las estructuras de esta provincia.

Las causas de estos impactos son variadas y en algunos casos se suman en una misma estructura. Podemos resumirlas de la siguiente forma:

- La alta pluviosidad, repartida durante casi todo el año, que da lugar a una escorrentía permanente y a una vegetación frondosa. El color predominante es el verde.
  
- La desafortunada ubicación de muchas explotaciones (y sus estructuras residuales) que, si así como algunas están condicionadas por la de los criaderos (lignito, wolframio, caolín, cobre, etc.), hay otras (fundamentalmente las de áridos) cuya ubicación podría ser mejor seleccionada. Un caso intermedio podría ser el de las explotaciones de cuarzo sobre diques formando las crestas de montañas (debido a su mayor resistencia a la erosión forman relieve positivo sobre su entorno), con la desafortunada circunstancia del color intensamente blanco del mineral fresco.

Estas dos causas fundamentales producen, por combinación de circunstancias negativas, la casuística más variada que podría imaginarse, produciéndose, en algunos casos, resultados especialmente negativos. Se producen:

- . Ubicación de explotaciones de áridos muy próximas a centros de población (Arteixo) y/o vías de comunicación importantes.
  
- . Explotaciones de cuarzo en lugares elevados y muy visibles desde bastante distancia.

- . Escombreras y/o balsas cuyas superficies están mal protegidas contra la erosión por aguas de lluvia, y sin diques para recogerla a su pie, o con un curso permanente que la recoge y hasta erosiona directamente el pie. Estas circunstancias se dan en las estructuras residuales relacionadas con la minería más reciente sobre wolframio y estaño.
  
- . Estructuras conteniendo minerales solubles y contaminantes, de gran volumen y con color impactante (oscuro). Es el caso de las relacionadas con la minería del cobre en las proximidades de Santiago, en las que se suman los impactos sobre las aguas y el visual.
  
- . Estructuras conteniendo minerales con fuerte impacto visual, por su volumen y por el color intensamente contrastante, como es el caso de las de caolín.
  
- . Explotaciones con grandes volúmenes de movimiento de tierras en las que, además de modificar la topografía del terreno, manejan minerales impactantes, como es el caso de las de lignito en las que, a pesar de llevar a cabo importantes obras de restauración en las escombreras, es más difícil de evitar la contaminación de las aguas.

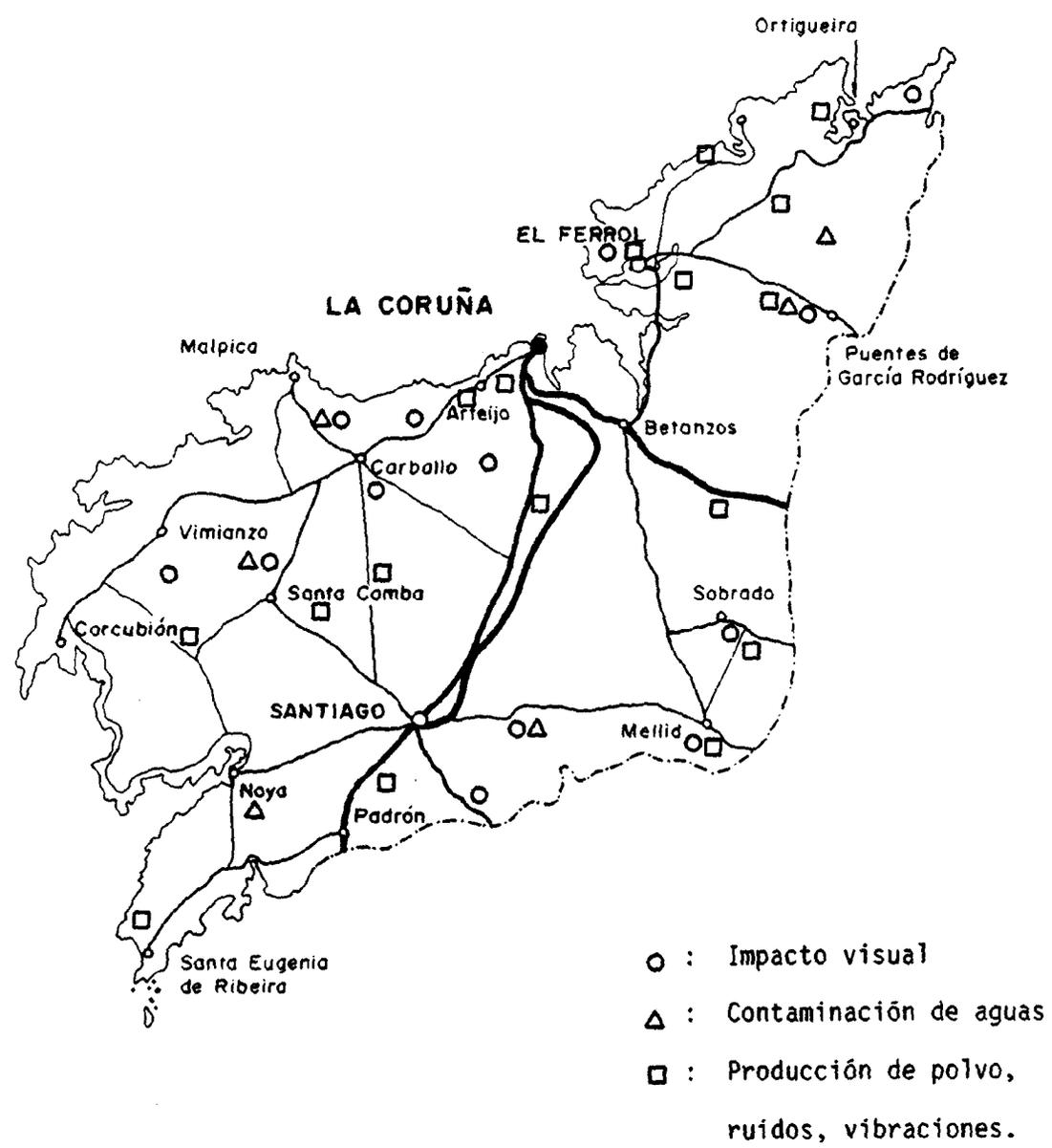
De todas formas se recuerda que los medios empleados en la recabación de datos de campo tan importantes como las condiciones

geológicas e hidrogeológicas exactas del substrato y recubrimiento, y los parámetros geomecánicos de las 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 substrato, granulometría desfavorable y volumen almacenado importante, se recomienda implícitamente 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.

En el cuadro siguiente, nº 9 , se intenta dar una visión global de la situación de las correspondientes a la minería de La Coruña 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.



MAPA DE LA PROVINCIA DE LA CORUÑA  
1:1.000.000

FIGURA Nº 16 : IMPACTOS MAS RELEVANTES

CUADRO N° 9: TIPOS DE IMPACTO

MINERIA	IMPACTO VISUAL			CONTAMINACION AGUAS			PRODUCCION DE POLVO RUIDOS, VIBRACIONES		
	< 10%	10-50%	> 50%	< 10%	10-50%	> 50%	< 10%	10-50%	> 50%
Cobre			X			X			
Wolframio-Estaño		X				X			
Lignito	X				X				X
Caolín			X		X				X
Cuarzo			X						X
Dunita		X		X				X	
Serpentina	X			X			X		
Granito ornamental	X								
Pizarra ornamental	X			X					
Arcilla	X								
Aridos		X		X					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

En la provincia de La Coruña, en la actualidad, se recuperan materiales residuales en casi todos los subsectores mineros. La gran excepción es la minería del lignito, en la que lo que se recupera es la superficie de la estructura, agrícola y forestalmente, después de adecuadas prácticas de restauración.

Las buenas características litológicas y granulométricas de una buena parte de las escombreras, y hasta de las balsas (al menos las de la minería del wolframio), junto a una gran demanda coyuntural de todo tipo de áridos para aglomerados, hormigones y formación de las sucesivas capas de pistas y carreteras, han dado lugar a la situación de que algunos centros mineros importantes estén dedicados en la actualidad, exclusivamente, a la recuperación de las balsas y escombreras para su aplicación como áridos.

- Este es el caso de la explotación de cobre en Arinteiro, en la que se está cubriendo la superficie de las balsas con tierra vegetal para su recuperación forestal, y se están

recuperando las escombreras (formadas por anfibolitas con granulometría grande), triturando y clasificando en las mismas instalaciones en que anteriormente se llegaba hasta la molienda y flotación del mineral de cobre.

- En otra explotación importante de la provincia, en la de caolín en Vimianzo, está ocurriendo algo parecido. En diciembre pasado (1988) estaban trasladando 500.000 m<sup>3</sup> de arenas (de la mayor escombrera de la mina), a la playa de Riazor en la capital. Por otra parte, el aprovechamiento sistemático de las arenas resaltantes del lavado del caolín como árido es normal, como en todas las explotaciones de este tipo.



FOTO N° 15.- Recuperación de las arenas del lavadero de wolframio en Monteneme, para áridos.

- Otro subsector en que se practica la recuperación de estructuras residuales de forma generalizada es el del wolframio, pues en la actualidad, en las tres explotaciones de cierta importancia con actividad reciente, Santa Comba, Monteneme y San Finx, se recuperan para áridos las escombreras, y hasta las balsas.

La granulometría de los finos almacenados en las balsas es suficientemente alto, como para su utilización directa en hormigones (los empleados en las capas exteriores de enlucido). Los materiales gruesos de escombreras (neises y granitos) se seleccionan, trituran y clasifican, en plantas construidas expresamente para tal fin.

- En otra explotación abandonada de dunita, en la zona de Ortigueira, también se está recuperando una escombrera conteniendo gravas de diferente granulometría, para la formación de la capa superior de una pista en construcción, y se emplean sistemáticamente en el mantenimiento de las pistas de los alrededores, reponiendo las erosiones producidas por fuertes lluvias.
- En general se puede decir que la mayor parte de las estructuras residuales producidas en las explotaciones de áridos, sobre granitos, cuarzo y anfibolitas, tienen recuperación, pues, aparte de los finos producidos en la trituración (pues las

monteras son mínimas y los macizos rocosos masivos), el resto son fracciones gruesas válidas con retratamiento.

## 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, en 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 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. Este es el caso de las dos grandes explotaciones de lignito de la provincia.

Tanto en Puentes de García Rodríguez como en Meirama se han practicado y practican adecuadas técnicas de restauración de escombreras, combinando los ensayos con diferentes tipos de

materiales para las superficies (tierra vegetal, muy escasa, arcillas, pizarras que no sean muy carbonosas, cenizas y escorias de la térmica, margas, etc.), con taludes suaves y amplias bermas. De esta forma, a la vez que se prepara un suelo adecuado para la vida vegetal, se reducen los efectos de la erosión por las aguas de lluvia.

Hay que señalar que no se han escatimado esfuerzos para conseguir estos resultados que se pueden apreciar en las fotos adjuntas, y que se continúan ensayando cuales (de los materiales con que se trabaja en la mina), en qué proporción y con qué potencia se construyen las capas superficiales, previamente a su siembra,



FOTO N° 16.- Cultivo de plantas arbóreas sobre una berma en la gran escombrera de Puentes.



FOTO N° 17.- Resultado de cultivo de plantas herbáceas sobre talud de la misma escombrera.

así como el tipo de planta, herbácea, arbustiva o arborea, autóctona o importada, con que formar la cubierta vegetal. En muchos casos, y sobre importantes superficies, se han realizado varios intentos sucesivos de formación de suelo y cubierta vegetal, hasta conseguir resultados correctos.

Igualmente, se han suavizado al máximo los taludes (entre  $12^\circ$  y  $20^\circ$ ), y se han construido bermas de gran anchura (hasta 100m), con vistas a su aprovechamiento agrícola o como pastizal. Estas superficies definitivas de las escombreras, junto a sus correspondientes canales y cunetas de drenaje, debidamente protegidos contra la erosión por aguas de lluvia, constituyen un buen ejemplo de restauración de escombreras en minería.

Finalmente, se menciona como posible caso de aprovechamiento de superficie minera el de las cortas del complejo minero de Arinteiro y Bama, en las proximidades de Santiago de Compostela.

Aunque en el momento de realizar este estudio todavía no se ha practicado nada, se está estudiando por parte de las autoridades regionales competentes, su utilización como vertedero de residuos industriales, con lo que, de paso que se controlan los impactos ambientales de unos (huecos mineros) y otros (residuos industriales), se crea un precedente en este sentido muy importante, puesto que esta problemática, en el futuro, no hará sino crecer en importancia social.



FOTO Nº 18.- Aprovechamiento de plaza de cantera de granito como suelo industrial, en las proximidades de la capital. (5-4)-5-1.

## 10.- CONSIDERACIONES ESPECIALES EN CASOS SINGULARES

En la minería de la provincia de La Coruña destacan muy especialmente, tanto por el volumen de producción como por la importancia de las escombreras consecuentes, las dos explotaciones a cielo abierto de lignito pardo: en Meirama, realizada por LIMEISA, y en Puentes de García Rodríguez, por ENDESA. En ambos casos el uso del carbón arrancado es la combustión en la correspondiente Central Térmica situada a pie de mina, de forma que las escorias y cenizas se arrojan a la escombrera de mina, mezclándolas con los estériles de la misma.

### a) Meirama

Las características geológicas y reservas de este yacimiento han sido descritas en el capítulo nº 5 dedicado a la Minería en este estudio.

La excavación de los materiales terciarios (lignito y arcillas) se lleva a cabo con excavadoras de rodete. La de los esquistos y granitos necesita voladura previa.

Existen dos grandes escombreras: la exterior, situada a

unos 3,5 Km de la explotación (e inmediata a la Térmica), recoge los materiales detríticos arrancados con las rotopalas y esquistos triturados para su transporte con cinta, además de las cenizas y escorias de la Central; en la interior, sobre la propia corta, en transferencia, se vierten arcillas, esquistos y granitos, transportados con volquetes.

En la figura nº 17 se representa esta última, en donde se aprecia la superficie ya restaurada, cuyos resultados se aprecian mejor en la foto nº 19, en la cual se puede comprobar

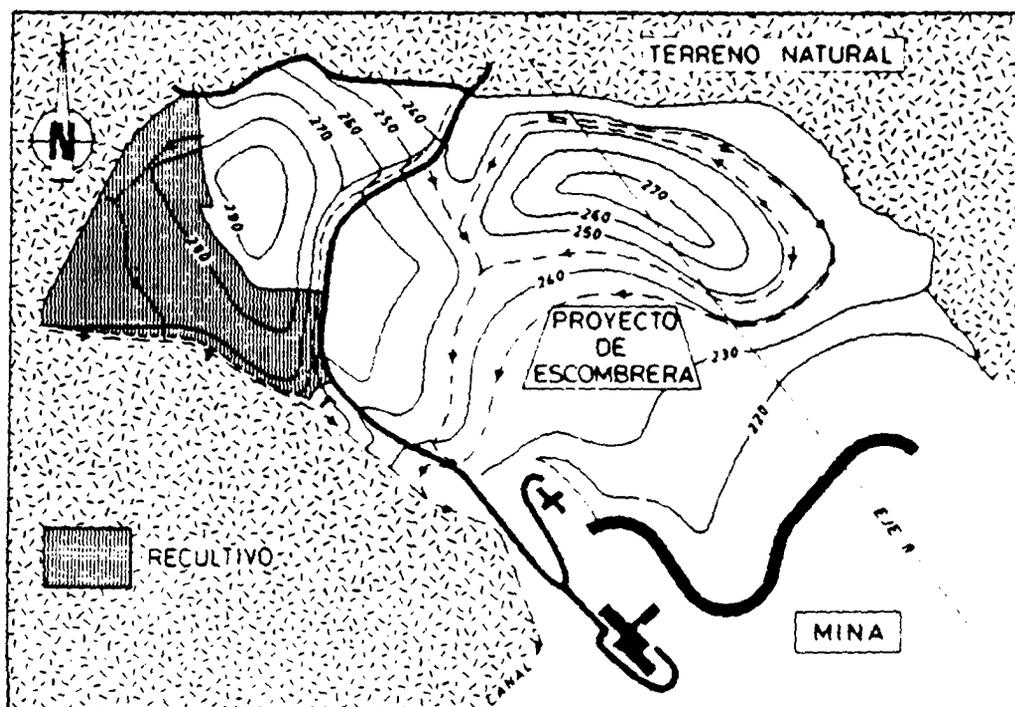


Fig. 17.- Escombrera interior

la eficacia de las técnicas de preparación de superficies practicada y la siembra realizada, junto al clima lluvioso de la zona.

La precipitación anual en la cuenca hidrográfica de Meirama oscila entre 1.062 mm y 1.977 mm, con un valor medio de 1.512 mm/año. El número de días con lluvia al año supera el 70%, y los meses más lluviosos son los que van de octubre a febrero. Las precipitaciones bajas, menos de 100 mm al mes se producen de mayo a agosto.



FOTO N° 19.- Superficie de la escombrera exterior de LIMEISA.

En la foto n° 20 se aprecia una vista general de la corta, con el canal de cintura de la margen derecha en primer plano, y la escombrera interior en lo alto de la foto. En la parte central se aprecian las cintas que transportan el estéril y el mineral a la escombrera exterior y al parque de carbones de la Central Térmica, respectivamente, que están a la izquierda de la foto.

Este canal, de 5,5 km de longitud y sección trapezoidal hormigonada, comienza con una capacidad de  $15 \text{ m}^3/\text{seg}$  y termina con capacidad de  $55 \text{ m}^3/\text{sg}$ . El de la margen izquierda, de 3,5



FOTO N° 20.- Vista general de la explotación de LIMEISA.

km de longitud tiene tres emisarios en su parte inicial, y finaliza con una sección para 25 m<sup>3</sup>/sg. Entre ambos rodean el hueco de la explotación, recogiendo el agua de escorrentía de las cuencas adyacentes interceptadas, reduciendo las necesidades de bombeo desde fondo de corta, y evitando la contaminación física y química de las aguas interceptadas.

b) Puentes de García Rodríguez

Este yacimiento también ha sido descrito en el capítulo nº 5 dedicado a la Minería de esta provincia.

El desmante de materiales cuaternarios y terciarios, así como el arranque de mineral, se realiza con rotopalas con sus correspondientes cintas ripaples, y otras fijas que transportan el estéril a la única escombrera de transferencia, y el carbón al parque de la Central Térmica y a otro pequeño parque entre la mina y la escombrera.

Además, se arrancan pizarras de un hastial del yacimiento (cabalgadas sobre el mismo), en donde se han presentado inestabilidades en el talud de corta, descargando el empuje sobre el mismo, y de paso se acumulan al pie de otro talud estéril, estabilizándolo. Estas pizarras son voladas y transportadas a esta pequeña escombrera interior con volquetes.

En la foto adjunta, se presenta una vista panorámica de la gran escombrera que recoge los estériles de la mina, así como las cenizas de la térmica inmediata. A la izquierda se puede apreciar dicha Central, y en la parte inferior izquierda está la corta. A la derecha, en lo alto de la escombrera, una apiladora descarga los materiales estériles sobre los taludes, que después serán perfilados y restaurados.

En la figura n° 18 se presenta el plano actualizado de la escombrera, donde pueden apreciarse la suavidad de los taludes y la amplitud de las bermas construidas, así como la organización del drenaje con canales perimetrales que recogerán la escorrentía de una red de cunetas construida entre taludes de banco y berma correspondiente.



FOTO N° 22.- Detalle de construcción de superficie.



FOTO N° 21.- Vista general de la escombrera de Puentes de Garcia Rodriguez.

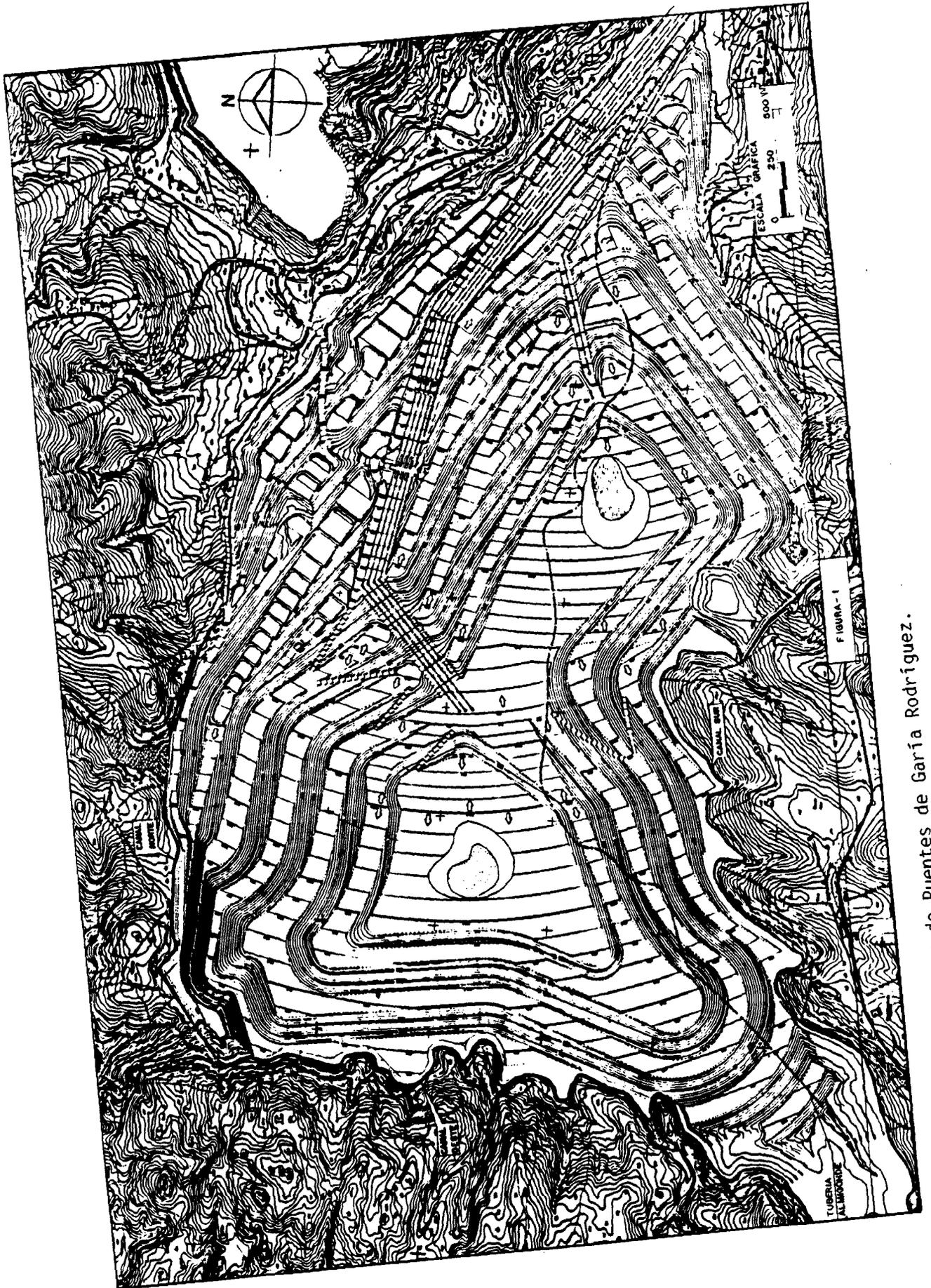


FIGURA Nº 18.- Escobrería de Puentes de Garía Rodríguez.



- FOTO Nº 23.- Detalle de drenaje.

En la foto nº 22 se puede apreciar el cuidado con que se practica la restauración de la escombrera. A la derecha se vé la superficie de una berma en la que se está extendiendo tierra vegetal y estiercol para preparar la siembra posterior. El talud de la izquierda todavía no está terminado, pero se aprecia su poca pendiente.

La superficie de la berma está construida con pendiente hacia la izquierda, para recoger la escorrentía en una cuneta que recorre el contacto entre talud y berma, atraviesa por debajo de la pista en una tubería de hormigón, y desemboca en la cuneta

general construida entre bancos.

En la foto nº 23 se aprecia un detalle de la construcción de esta cuneta general, con lámina impermeable protegida con piedras. De vez en cuando, un paso para vehículos por encima de la cuneta.

En esta foto también pueden apreciarse los buenos resultados de la restauración en los taludes presentes, la suavidad de su pendiente y el buen estado de la pista que recorre la escombrera.



FOTO Nº 24.- Detalle de labores de restauración.

La foto n° 24 corresponde a otro detalle de las labores de restauración practicadas en la escombrera. El material más oscuro que aparece apilado en sección trapezoidal, es tierra vegetal que aquí se transporta desde los desmontes iniciales en el avance de la corta, y se reserva para formar la capa más exterior de todas las superficies finales.

Finalmente, en la foto n° 25 se aprecia la construcción de la superficie final de una berma, extendiendo una capa de materiales de interés agrícola y otra final de tierra vegetal.

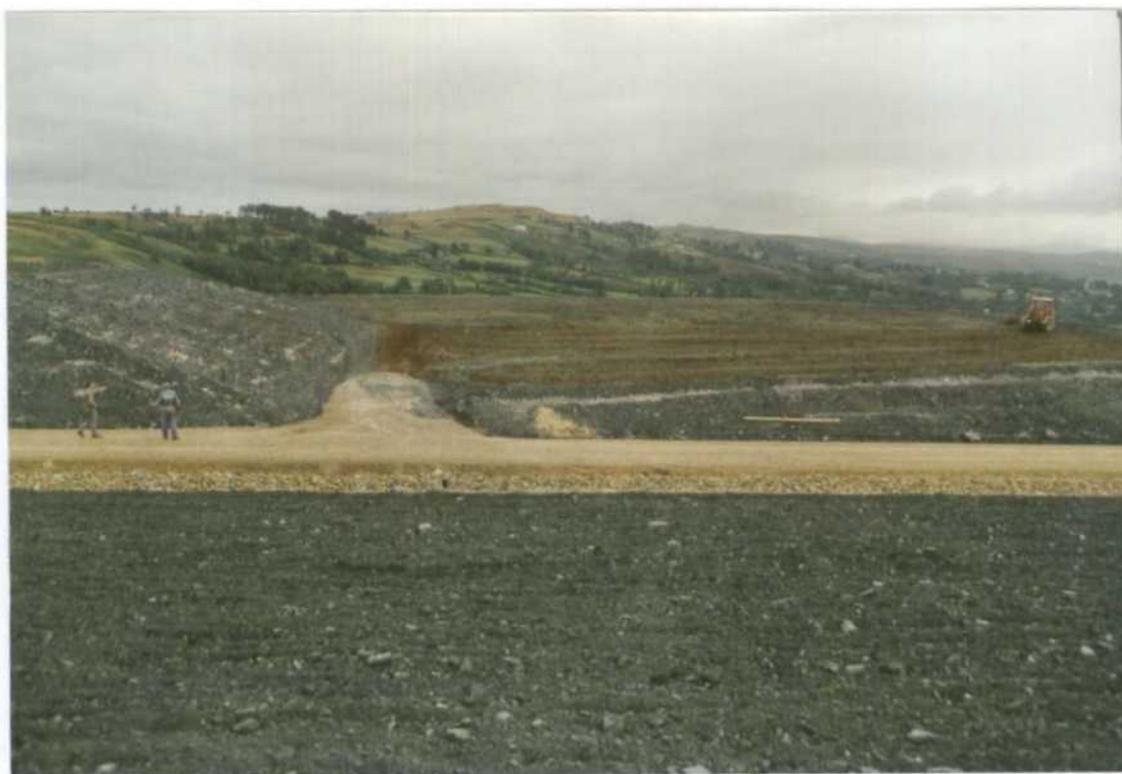


FOTO N° 25.- Detalle de construcción de superficie final de berma.

Para esta superficie no son válidas las pizarras y arcillas carbonosas, cuya contaminación las esteriliza para la vida vegetal, y en cambio si han dado buenos resultados los ensayos con mezclas de alto contenido en cenizas y escorias, cuya rápida meteorización ha permitido el crecimiento de vegetación y estabilización del talud contra la erosión.

Una vez preparadas las superficies definitivas como se ha explicado, la vegetación (de todo tipo, herbácea, arbustiva y arbórea) crece rápidamente, puesto que la climatología es favorable, como ya se mencionó en el capítulo correspondiente.

Con estas prácticas de restauración se protegen los taludes contra la erosión en esta enorme escombrera, en la que las inestabilidades están en las proximidades de la corta y en relación con las labores en la misma ya que al arrancar enormes volúmenes de materiales de la cubeta rellena (que constituye el yacimiento), se producen empujes laterales por descompresión que inestabilizan los taludes de corta, cuyo control supone hoy día una preocupación importante en la explotación. Pero, en fin, la inestabilidad está originada por la corta, y la escombrera sufre sus consecuencias, no las produce.

## 11.- PROPUESTAS DE ACTUACION

Analizadas en capítulos específicos las condiciones de estabilidad y de implantación, respecto de la posible producción de impactos ambientales sobre su entorno, de las estructuras residuales mineras o mineroindustriales de la provincia de La Coruña, a continuación se expresan las recomendaciones de este estudio en orden al control de inestabilidades, a la suavización de impactos y al establecimiento de criterios generales para ubicación, diseño y control de este tipo de estructuras.

Se señala previamente que los dos factores fundamentales que condicionan la situación de las estructuras residuales de esta provincia son: minería variada, con explotaciones medias y grandes y con grado de tratamiento medio, por un lado, y climatología determinada por una alta pluviosidad casi uniformemente repartida durante todo el año, por otro.

Con estos antecedentes, las recomendaciones que se expresan, para cada tipo de minería en que se han observado problemas geotécnicos o ambientales, son:

### Minería de Cobre

Las explotaciones recientemente paradas en Arinteiro y Fornás han dejado estructuras residuales cuyo control se recomienda.

El conjunto consiste en varias cortas, dos balsas y unas 10 escombreras, todo ello de dimensiones grandes.

En la actualidad se están recuperando las escombreras como áridos, y se trata de controlar la contaminación de las aguas superficiales tratando (elevando el PH) las que atraviesan los muros de las balsas, o bombeándolas otra vez a su cola. También se ha iniciado la cubrición de la superficie de las balsas con tierra vegetal (o los materiales mejores que se encuentran en los alrededores), y se han ensayado diferentes cultivos con vistas a la integración en el entorno.

Por otra parte es de recordar el color oscuro de los residuos de escombreras, debido tanto a la roca madre como al mineral, así como su esterilidad para la vida vegetal.

Por todo ello, se recomienda:

- Respecto de las balsas, impermeabilizarlas para evitar

las filtraciones actuales a través de sus muros, puesto que en caso contrario, la alternativa es tratar dichas surgencias continuamente (lo que es inviable, dado que parece ser que la explotación se quiere abandonar). El mejor modo podría ser cubrir todas sus superficies con una capa de materiales poco permeables y de valor agronómico, de suficiente potencia, organizar un buen drenaje y plantar matorral espeso (del tipo del fojo que es planta autóctona), que la cubra en su totalidad.

El problema es complejo como para ser tratado tan rápidamente, pero está ahí y merecería ser estudiado con mayor detenimiento.

- Respecto de las escombreras, cuyo volumen es aún mayor y sin problemas de estabilidad, tratar de cubrirlas sería una utopía.

Consideramos prioritario, ya que es muy difícil evitar el impacto visual, controlar la contaminación de aguas superficiales producida por las aguas de lluvia que, lixivian el mineral contenido y van a parar a los cauces de la zona. Es sabido que los sulfuros se oxidan con facilidad a sulfatos solubles que arrastra el agua de lluvia.

Para ello, debería estudiarse el drenaje actual, así como las escombreras con mayor contenido en mineral, y construir diques impermeables en la desembocadura de este drenaje sobre los cauces de la zona, de aguas permanentes e intermitentes.

El trabajo de meteorización de los taludes de cortas y escombreras, y de sus superficies, para suavizar el impacto visual, será lento, pero las condiciones meteorológicas de esta provincia son buenas.

#### Minería de Wolframio - Estaño

Aunque de gran tradición y con multitud de indicios metalogénicos y mineros por toda la parte occidental de la provincia, han quedado estructuras residuales con mayores o menores problemáticas geotécnicas o ambientales, en tres centros: Monteneme, Santa Comba y San Finx. Los dos primeros orientados en la actualidad a la recuperación de sus escombreras y balsas, y el último en actividad (por minería de interior).

En todos ellos se observa lo mismo: fuertes erosiones y cárcavas a favor de la fina granulometría de las balsas, y también en las escombreras, sobretudo en las procedentes de pequeñas cortas (Monteneme), en las que el contenido en finos es importante, como lo prueba la vegetación natural que ha aparecido sobre ellas.

Son especialmente inadecuadas las ubicaciones de las balsas de finos de lavadero en Santa Comba y San Finx, muy próximas a un cauce permanente que socava su pie, inestabilizándolas y contaminando sus aguas.

Por ello, se recomienda:

- Respecto de las balsas, proteger su muro contra la erosión por aguas de lluvia, y aislarlas de los cauces de la zona. Intentar plantaciones de arbustos (tipo tojo) sobre sus superficies, pues como se aprecia muy bien en Monteneme, prosperan con facilidad.
  
- Respecto de las escombreras, y dando por supuesto la escasa actividad química de sus materiales (mucho menor que en las de cobre), así como la buena proporción de finos presentes, debe ser prioritario intentar su integración en el entorno por creación, de una cubierta vegetal suficiente que, al mismo tiempo que reduce el impacto visual, estabiliza sus superficies reduciendo la erosión.

Probablemente, el resultado será mejor con plantas herbáceas o arbustivas que arbóreas, y mejor todavía si son autóctonas.

### Minería de Caolín

Otra actividad con tradición en Galicia, presenta ahora la particularidad de una explotación importante orientada hacia la obtención de un producto de mayor calidad, como es el caolín papelero, necesariamente más blanco que el cerámico y, por ello, con necesidad de practicarle un tratamiento químico más complejo que el tradicional (que es un simple lavado). Además, el volumen de producción de mineral, de residuos (más o menos valiosos) y de escombreras, es más parecido al de una mina metálica tradicional de tipo medio-grande.

También hay que tener en cuenta que los materiales residuales que se manejan en el centro son granulares, arenas, gravas, cantos, bloques, etc., que no son buenos para construcción de diques, al menos como único material.

Teniendo en cuenta estas circunstancias, se recomienda:

- Sobre las balsas de finos, construir y controlar muros estabilizados, con taludes protegidos contra la erosión por rocas tamaño escollera, o por una cubierta vegetal suficiente, así como con un sistema de drenaje eficaz y controlado.

Evitar la contaminación de los cauces de la zona con sus drenajes o surgencias.

Utilizar en lo posible cortas abandonadas como balsas de finos, y restaurar sus superficies una vez colmatadas.

- Sobre las escombreras, continuar la política iniciada en el gran centro de la provincia, de cubrir superficies y taludes con tierra vegetal (obtenida de los desmontes previos), y plantar, rápidamente y con suficiente densidad, vegetación autóctona del tipo más adecuado para formar una cubierta vegetal, que suavice el impacto visual (no se olvide que el caolín es intensamente blanco), y estabilice los taludes impidiendo su erosión.

#### Minería de Cuarzo

La minería de cuarzo, desde el punto de vista de este estudio, presenta dos factores negativos que inciden, uno sobre el impacto visual, y el otro sobre las condiciones de estabilidad de las escombreras. Estos factores son: la explotación de diques que forman el espinazo de montañas (debido a su mayor existencia a la erosión han quedado formando relieve positivo), y la de aluviones con un gran contenido en finos arcillosos, lo que obliga a generar importantes escombreras de materiales de difícil estabilidad.

- El primer caso se presenta en las explotaciones de El Barquero (al nordeste) y en Boqueijón (al Sur), y el segundo, especialmente en Carballo.

Para las primeras, productoras fundamentalmente de impacto visual, debido tanto a las superficies de los frentes como a las de las escombreras, es difícil suavizarlo mientras no se encuentre otro dique con una ubicación menos impactante. Además, los residuos (casi exclusivamente cuarzo, ligeramente contaminado por óxidos de hierro y arcillas) son poco adecuados para prácticas de vegetación.

En la explotación de Carballo ("Santa Lucia"), en la que se pueden observar fuertes erosiones y cárcavas, así como al menos un deslizamiento de cierta consideración sobre un talud de escombrera, sería conveniente seguir una política más decidida de restauración (que ya se ha iniciado, cubriendo con tierra vegetal las superficies y plantando pinos), así como suavizar los taludes y construir bermas, de forma que el talud general de escombrera se acerque al estable (muy bajo, porque los materiales son arcillas y una buena proporción de arenas, gravas y cantos).

Probablemente los efectos de protección de taludes se consigan más rápidamente con vegetación herbácea o arbustiva.

### Minería de Pizarra Ornamental

Aunque existe una sola explotación de consideración, esta roca es muy importante en la actualidad en toda la comunidad y, además, presenta unas particularidades de potencial inestabilidad que deben ser controladas.

Se mueven importantes volúmenes de estériles de granulometría heterométrica (desde muy finos a muy grandes), con los que se consiguen taludes de vertido muy altos y, además, se vierten sobre una ladera con fuerte pendiente, a cuyo pie pasa un cauce intermitente que ha sido invadido por los escombros.

Esta situación produce deslizamientos frecuentes (que podrían afectar a las máquinas que se encuentren cerca del borde de vertido), y taponamiento del cauce (afortunadamente con poca cuenca aguas arriba).

Por ello, se recomienda estudiar la cuenca afectada y, posiblemente, construir un canal de drenaje que atraviese la escombrera, para evitar que se formen embalsamientos que podrían ser más peligrosos.

### Minería de los Aridos

Estas explotaciones, muy repartidas por toda la provincia,

son productoras de impactos debidos mucho más a las propias actividades de arranque y tratamiento (trituración y clasificación), que a las estructuras residuales. La producción de polvo, ruidos y vibraciones (de voladuras y de las máquinas), son comunes a todas ellas, y la única forma de suavizar los impactos es, fundamentalmente, seleccionar cuidadosamente el lugar de instalación. También actuar con equipos adecuados contra el polvo, el ruido y las vibraciones.

Hay muchas canteras abandonadas en los alrededores de la capital en las que se vé que serían inviables en la actualidad, por la proximidad a carreteras, casas y edificios industriales. Pero todavía quedan algunas con estas características cuya ubicación es molesta, y hasta peligrosa (por la posibilidad de proyecciones de voladuras).

En general se puede decir sobre estas instalaciones que seria conveniente que existieran menos (y más grandes), mejor ubicadas y con equipos reductores de sus impactos.

Se recomienda también restaurar las instalaciones abandonadas, desmontando infraestructuras metálicas y de hormigón, y cubriendo las superficies con materiales finos (a ser posible tierra vegetal), con el fin de que la vegetación suavice su impacto. En algunos casos podría ser útil plantar barreras visuales protegiendo los ángulos de mayor visibilidad.

## 12.- RESUMEN Y CONCLUSIONES

Se ha realizado el Inventario de Balsas y Escombreras mineras de la provincia de La Coruña, con la metodología desarrollada y revisada recientemente por el IGME (en la actualidad ITGE), 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 mineras 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 podrían resumir los resultados de este trabajo en los siguientes puntos:

- La minería, en general, constituye un subsector económico de relativa importancia para la provincia, la región y el país. Las sustancias minerales en explotación han sufrido una variación en los últimos 20 años, deslizando el mayor peso específico producido. Anteriormente por la minería metálica (cobre, wolframio, estaño y titanio), hacia el mayor peso actual de la producción de minerales energéticos (lignitos pardos).
- La producción de minerales metálicos, ha tenido un pasado reciente brillante en los subsectores de cobre (Arinteiro, Fornás y otros puntos de menor importancia en la zona de Moeche), wolframio y estaño (con tres centros importantes en Monteneme, Santa Comba y San Fiux, y multitud de pequeños

indicios en toda la parte occidental de la provincia, y titanio, en esta misma zona y en forma de diseminaciones en aluviones sobre valles, de mayor o menor desarrollo, y en la actualidad totalmente integradas sus estructuras residuales en el entorno, cubiertas por espesa vegetación.

En la actualidad, en los centros importantes, se procede a la recuperación de los materiales residuales de balsas y escombreras para su empleo como áridos, y solamente continúa en actividad el centro de San Flux, con una reducida producción de wolframio, estaño y cobre, por minería de interior.

Las perspectivas de desarrollo de este subsector, analizadas en capítulo específico, por las características de estos yacimientos y coyuntura del mercado internacional, al menos a corto y medio plazo, no parecen muy optimistas.

- La producción de minerales energéticos, en cambio, ha sufrido un proceso contrario, se ha pasado desde una producción muy reducida (en la misma explotación actual de Puentes de García Rodríguez), a otra masiva (aproximadamente la mitad de la producción en toneladas de todos los carbones del país, en dos grandes centros productores situados en Puentes y Meirama. En ambos casos se trata de lignitos pardos orientados a su combustión en centrales termoeléctricas situadas a pie de mina.

El futuro también es optimista, puesto que a pesar de la reducción de producción experimentada en la actualidad, por la competencia de la energía eléctrica procedente de los combustibles nucleares e hidroeléctrica, la situación parece haberse estabilizado y, probablemente, los posibles incrementos de consumo de los próximos años deban ser cubiertos (al menos en parte) con estos yacimientos, cuya producción (y consumo) está totalmente preparada.

- La producción de rocas industriales es un capítulo importante para la minería del país en algunos de los productos. En la actualidad está orientada hacia las rocas: cuarzo, caolín, dunita, serpentina y pizarras ornamentales.

Las perspectivas de mantenimiento, y aún de desarrollo, son buenas para todas ellas, destacando el impulso tremendo experimentado en la producción de caolín (orientada en buena parte hacia la exportación), basado en un tratamiento adecuado del mineral, para su empleo en la industria papelera. En la actualidad se está recuperando también la mica presente en el todo-uno, con lo que el aprovechamiento es casi integral, pues se obtienen arenas y gravas (de cuarzo), caolín y mica.

- La producción de arcillas cerámicas y áridos orientada siempre a un mercado local, sufre pequeñas oscilaciones dependiendo de la coyuntura económica y, por tanto, no es de esperar

- que experimente importantes variaciones. En estos momentos, y confirmando este criterio, se produce un incremento relativamente importante a favor de las obras de infraestructura que se realizan en toda la región (al menos en lo que se refiere a los áridos).
- Se ha elaborado un Listado (Anejo nº 2) con un total de 216 estructuras, con sus datos más significativos, como son identificación, situación, volumen y litología, de las cuales, 151, 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).
  - Las estructuras inventariadas están repartidas por todas las minerías presentes, destacando (por el número de estructuras presente, que no por la importancia de cada una) las relacionadas con la producción de áridos, que son 60 (39,8%). También las relacionadas con el cuarzo, que son 18 (11,9%); wolframio-estaño, 16 (10,6%); caolín, 12 (7,9%); cobre, 12 (7,9%); serpentina, 11 (7,3%) y lignito, 7 (4,6%). Estas últimas se destacan por su volumen, pues entre ellas están las estructuras residuales mineras más grandes del país (la gran escombrera de Puentes).
  - Los tipos presentes son: ESCOMBRERA, 131 (86,8%); BALSAS,

- 10 (6,6%), y MIXTAS, 10 (6,6%). La existencia de estas estructuras diferentes que las escombreras prueba la realización de tratamiento de los minerales, a pie de mina, en un grado más importante que en la mayoría de las provincias.
- Por su situación, se pueden agrupar en: ACTIVAS, 89 (58,9%); PARADAS, 19 (12,6%), y ABANDONADAS, 43 (28,5%).
  - Por su tipología predominan las situadas sobre LADERA, 64 (42,4%), ya que si a éstas les sumamos el tipo mixto LADERA-LLANURA, 50 (33,1%), constituyen el 75,5% del total. Esta situación está condicionada por la topografía accidentada de la provincia, especialmente en las zonas mineras.
  - Por el volumen almacenado, predominan las correspondientes a la minería más frecuente (áridos), que produce estructuras pequeñas, y así 50 (33,1%), tienen menos de 5.000 m<sup>3</sup>, y 88 (58,3%), menos de 10.000 m<sup>3</sup>. Pero no se debe olvidar que 31 (20,5%), tienen más de 50.000 m<sup>3</sup>, y muchas de éstas tienen mucho más que cincuenta mil metros cúbicos, por lo que, en general y en relación al resto de la región y del país, se puede decir que las estructuras residuales mineras de esta provincia son grandes.
  - Por la altura, y como corresponde al volumen, están repartidas, con predominación de las bajas, pues 104 (68,9%), tienen

menos de 10 m, pero también hay 13 (8,6%) con entre 21 y 30 m, y otras 13 (8,6%), con más de 30 m de altura.

- El sistema de vertido empleado más frecuentemente es PALA y VOLQUETE, 78 (51,6%), pero también se emplea la TUBERIA, 20 (13,4%) en las balsas y mixtas, CINTA, 4 (2,6%), en las grandes explotaciones, VOLQUETE, 21 (13,9%), también en grandes explotaciones en que la escombrera es bastante grande y está alejada del frente de arranque, etc.
  
- Se han analizado las condiciones CLIMATICAS de la provincia, por su incidencia sobre la estabilidad e impactos ambientales producidos por las estructuras residuales mineras, y se puede decir que son contradictorias pues, si por un lado son negativas en el sentido de que la alta pluviosidad produce erosiones, empujes hidrostáticos, contaminación de aguas, etc., por otro son positivas en el sentido de que en cuanto los materiales tienen la menor posibilidad de admitir vida vegetal, ésta aparece cubriendo las superficies, protegiéndolas contra la erosión y suavizando los impactos ambientales debidos a las mismas.
  
- Las condiciones SISMICAS de la provincia, muy importantes para la estabilidad de este tipo de estructuras, son buenas. Está situada bajo la influencia de las isolíneas de riesgo sísmico V y VI, lo que quiere decir que, según la Norma

Sismorresistente PDS-1. 1974, el riesgo es MEDIO y BAJO, siendo el mayor hacia el norte. Esto quiere decir que no será necesario tomar medidas especiales de seguridad, en su diseño y construcción, al menos por este concepto.

- Se han analizado las condiciones de ESTABILIDAD de las estructuras, destacando la presencia frecuente de erosiones y cárcavas sobre sus superficies, así como socavaciones de pie, debidas a la acción de las abundantes lluvias. Asimismo podemos destacar otras inestabilidades como deslizamientos (de mayor o menor consideración), con origen igualmente en la presencia abundante de aguas sobre materiales de granulometría fina y media, o relacionados con inestabilidades propias de la explotación, es decir con movimientos de los taludes de corta en cuyas proximidades esté construida la estructura.
- Las modalidades de IMPACTO AMBIENTAL detectadas en esta provincia son: impacto visual, producido por las estructuras con contenidos en minerales con colores fuertemente contrastantes, potenciado por una situación muy visible, destacando, por su color blanco, las de cuarzo y caolín, y por el oscuro, las de cobre; contaminación de aguas, debido a la disolución y arrastres de finos, en las de lignito, cobre, wolframio y caolín; y producción de polvo, ruidos y vibraciones, debido 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 su desarrollo sobre la creación de estructuras residuales, así como las características de estas.
  
- Se han analizado las condiciones socioeconómicas de la provincia, y la importancia del subsector minero en el desarrollo de la misma, constatando su realidad.
  
- Finalmente, se realizan unas propuestas de actuación en los casos singulares en que por la intensidad de la incidencia, real o potencial, 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. Guía 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. Inventario Nacional de Balsas y Escombreras Mineras de Galicia. Madrid, 1976.
  
- \* IGME. Mapa geológico de España 1:200.000. Síntesis de la cartografía existente. Hojas Nº 1 (La Coruña), 7 (Santiago de Compostela), 8 (Lugo).  
Madrid.
  
- \* IGME. Mapas metalogenéticos 1:200.000. Hojas Nº 1, 7 y 8. Madrid.
  
- \* IGME. Mapas de rocas industriales 1:200.000. Hojas Nº 1,7 y 8. Madrid.
  
- I.N.E. Censos de Población.
  
- I.N.E. Encuestas de Población Activa (E.P.A).
  
- 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.

(\* IGME: en la actualidad ITGE)

- MINISTERIO DE TRANSPORTES, TURISMO Y COMUNICACIONES.

Atlas climático de España. Madrid 1.983.

- PRESIDENCIA DEL GOBIERNO

Norma sismorresistente PDS-1 (1974). Madrid.

PLANO DE SITUACION



- 2-1
- 2-2
- 2-3
- 2-4
- 2-5
- 2-6
- 2-7
- 2-8
- 2-9
- 2-10
- 2-11
- 2-12
- 2-13
- 3-1
- 4-1
- 4-2
- 4-3
- 4-4
- 4-5
- ◆ 7-1
- ◆ 7-2
- ◆ 7-3

**LEYENDA**

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

Instituto Tecnológico Geomínero de España

PROYECTO	INVENTARIO DE BALSAS Y ESCOBRERAS MINERAS					CLAVE
<b>LA CORUÑA</b>						PLANO N.º <b>1</b>
DIBUJADO	FECHA	COMPROBADO	AUTOR	ESCALA	CONSEJERO	
	1.988		A. Martínez	1:200.000	SOLIMIER	