



Instituto Tecnológico  
GeoMinero de España

**INVENTARIO NACIONAL DE BALSAS  
Y  
ESCOMBRERAS**

**PONTEVEDRA**

**TOMO 1  
MEMORIA**



MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA

01037  
AÑO 1989

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>º</sup> Pernía Llera

Ingeniero de Minas

Director del Estudio.

D. Eduardo Fernández Abiega

Ingeniero Técnico de Minas.

Por SOCIMEP

D. Eduardo González García

Ingeniero de Minas

D. Juan Ruiz Fonticiella

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 Consellería de Industria, Comercio y Turismo, así como a las personas responsables de las Empresas Mineras visitadas, que han hecho posible la realización de este Estudio.

INVENTARIO NACIONAL DE BALSAS Y ESCOMBRERAS

PONTEVEDRA

MEMORIA

# INVENTARIO NACIONAL DE BALSAS Y ESCOMBRERAS

## PONTEVEDRA

### I N D I C E

	<u>Págs.</u>
A) MEMORIA	
1. INTRODUCCION Y ANTECEDENTES .....	1
1.1. OBJETIVOS DEL PROYECTO .....	3
1.2. METODOLOGIA .....	5
1.3. INFORME FINAL .....	18
2. MARCO FISICO .....	31
2.1. EL TERRITORIO .....	31
2.2. EL RELIEVE .....	32
2.3. HIDROGRAFIA .....	37
2.4. EL CLIMA .....	39
2.5. SISMOLOGIA .....	47
3. MARCO SOCIOECONOMICO .....	50
3.1. POBLACION .....	51
3.2. ESTRUCTURA ECONOMICA .....	51
4. SINTESIS GEOLOGICA .....	53
4.1. RASGOS GENERALES .....	53
4.2. ESTRATIGRAFIA .....	55

	<u>Págs.</u>
4.3. TECTONICA .....	58
4.4. ROCAS IGNEAS .....	60
5. ANALISIS DE LA ACTIVIDAD MINERA .....	64
5.1. MINERIA ACTUAL .....	64
5.2. POSIBILIDADES MINERAS .....	66
6. CARACTERISTICAS GENERALES DE LAS ESTRUCTURAS .....	73
6.1. ZONACION .....	73
6.2. RESUMEN ESTADISTICO .....	88
6.3. CARACTERISTICAS GENERALES .....	95
7. CONDICIONES DE ESTABILIDAD .....	104
7.1. FORMAS Y CAUSAS DE INESTABILIDAD .....	105
8. ANALISIS DEL IMPACTO AMBIENTAL .....	107
8.1. CRITERIOS GENERALES .....	107
8.2. EVALUACION GLOBAL DEL IMPACTO .....	108
8.3. EVALUACION DE LAS CONDICIONES DE IMPLANTACION DE ESCOMBRERAS Y BALSAS .....	115
8.4. CONCLUSIONES .....	127
9. REUTILIZACION DE ESTRUCTURAS .....	130
9.1. UTILIDAD DE LOS RESIDUOS ALMACENADOS .....	131
9.2. UTILIDAD DEL ESPACIO FISICO OCUPADO .....	133
10. CONSIDERACIONES ESPECIALES EN CASOS SINGULARES .....	136
10.1. LAS EXPLOTACIONES DE GRANITO DE LA ZONA DE PORRIÑO	137

	<u>Págs.</u>
11. PROPUESTAS DE ACTUACION .....	144
12. RESUMEN Y CONCLUSIONES .....	149
13. BIBLIOGRAFIA .....	155

B) ANEJOS

1. LISTADO

2. FICHAS

# INVENTARIO NACIONAL DE BALSAS Y ESCOMBRERAS

## PONTEVEDRA

---

### MEMORIA

#### 1.- INTRODUCCION Y ANTECEDENTES

El presente trabajo ha sido planteado como continuación de la serie iniciada por el 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

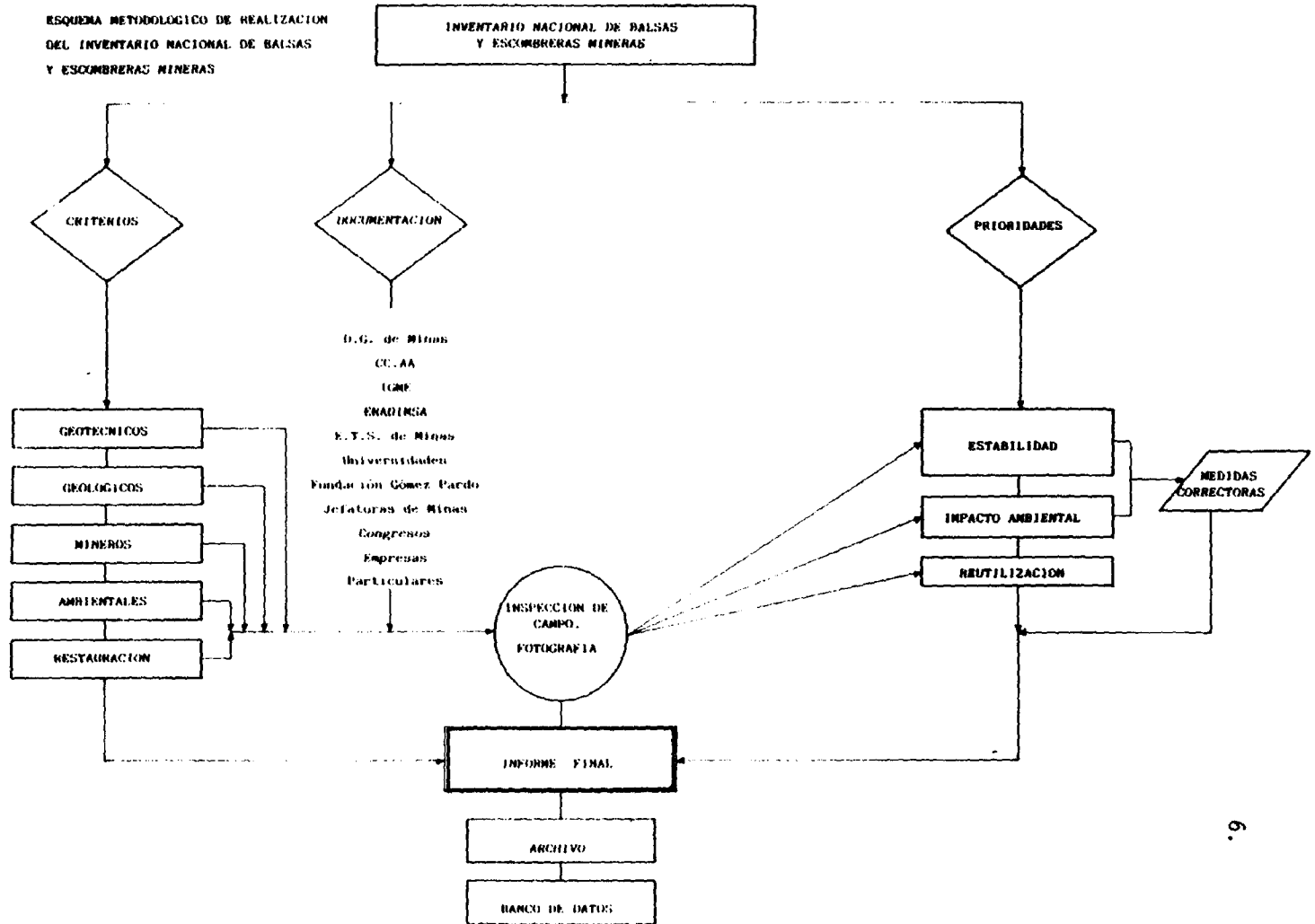
En la página siguiente se presenta el Esquema Metodológico de Realización del Inventario Nacional de Balsas y Escombreras Mineras, en que se resume la metodología del trabajo.

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 METODOLÓGICO DE REALIZACIÓN  
DEL INVENTARIO NACIONAL DE BALSAS  
Y ESCOMBREBRAS 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**

20.

T ESTRUCTURA ②

ESTADO ③

AÑO INICIAL ④		PROPIETARIO EMPRESA ⑦	
AÑO FINAL ⑤		DENOMINACION ⑧	
AÑOS DE INVENT ⑥		MUNICIPIO ⑩	
MINERIA TIPO ⑫		COORDENADAS U. T. M.	
ZONA MINERA ⑬		HUSO ⑮	
MENA ⑭		LONGITUD (m) ⑰ ⑱	
		ANCHURA (m) ⑲ ⑳	
		ALTURA (m) ㉑ ㉒	
		TIPO DE TERRENO ㉓	
		TALUDES (%) ㉔	
		VOLUMEN (m³) ㉕	
		VERTIDOS (m³/año) ㉖	
		TIPOLOGIA ㉗	
IMPLANTACION EMPLAZAMIENTO ㉘		SUSTRATO NATURALEZA ㉙	
PRE TERRENO ㉚		ESTRUC ㉛	
AGUAS EXT ㉜		FRACTURACION ㉝	
TRATAMIENTO ㉞		PERMEAB ㉟	
V. PRECIPIT ㊱		GRADO DE SISMIC ㊲	
		RECUBRIMIENTO NATURALEZA ㊳	
		POTENCIA m ㊴	
		RESISTENCIA ㊵	
		PERMEAB ㊶	
ESCOMBRERAS TIPO DE ESCOMB ㊷		TAMANO ㊸	
BALSAS DIQUE INICIAL NATURALEZA ㊹		FORMA ㊺	
BALSAS LODOS NATURALEZA ㊻		ALTERAB ㊼	
		SEGREG ㊽	
		COMPACTAD IN SITU ㊾	
		SISTEMA RECREC ㊿	
		MURO SUCESIVO ㉀	
		NATURALEZA ㉁	
		ANCHO ㉂	
		CONSOLID ㉃	
SISTEMA DE VERTIDO ㉄		DRENAJE ㉅	
VELOCIDAD DE ASCENSO (cm/año) ㉆		RECUPERACION DE AGUA ㉇	
PUNTO DE VERTIDO ㉈		SOBRENADANTE ㉉	
TRATAMIENTO ㉊		DEPURACION ㉋	
ESTABILIDAD ㉌		COSTRAS ㉍	
		PROBLEMAS OBSERVADOS ㉎	
		GRIET DESLIZ LOC DESLIZ GEN SUBS SURC EROS SUP CARC SOCAY PIE ASENT SOCAY MECAN	
IMPACTO AMBIENTAL ㉏		RECUPERACION ㉐	
ZONA DE AFECTACION ㉑		DESTINO ㉒	
ACIDENTES AÑOS ㉓		LEY ㉔	
		VALIDAD OTROS USOS ㉕	
		ABANDONO Y USO ACTUAL	
		PROTECCIONES ㉖	
		USO ACTUAL ㉗	

OBSERVACIONES

Evaluación minera

Evaluación ambiental

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: Deseccación: **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
Feldespatos	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 <u>te</u> , pulido, etc.)	I

## 2.- MARCO FISICO

### 2.1.- EL TERRITORIO

Dentro de la macrorregión gallega la provincia de Pontevedra es meridional y marítima y la de menor extensión, con 4.391,32 kilómetros cuadrados. (Solamente supera en superficie a las dos provincias canarias y las tres vascongadas). Pero si su extensión es el 0,88 por 100 de la de España, su población, en 1.975, representaba el 2,34 por 100 del total nacional.

Al establecer la delimitación de esta provincia se siguió el criterio de los llamados límites "naturales". De esta forma, al N. el río Ulla, el tercero de los ríos gallegos por su longitud, establece la línea divisoria entre las provincias de Pontevedra y La Coruña y al E. un gran arco serrano (Monte Farelo, Sierra del Faro) con Lugo y con Orense (arco de gran convexidad hacia el O. en las Sierras de Suido y del Faro del Avión). Al S. la delimita el Miño, y al O. el Atlántico que penetra profundamente en la provincia a través de la filigrana costera de las Rías Bajas.

Sus 240 kilómetros de costa, desde la desembocadura del Ulla a la del Miño, le confieren un carácter marcadamente marítimo,

con un kilómetro de costa por cada 18 kilómetros cuadrados de superficie, carácter que se afianza más todavía si se tiene en cuenta que todo su límite N. se corresponde con la provincia de La Coruña, la más marítima de todas las peninsulares (un kilómetro de costa por cada 10 Km<sup>2</sup>) y, por lo tanto, de humedad ambiental muy elevada.

## 2.2 .- EL RELIEVE

Por su proximidad al mar y el alejamiento de las altas montañas de Galicia, en la provincia de Pontevedra no se encuentran altitudes muy elevadas. La cota más alta se alcanza en la Sierra del Faro (1.177 m). El 38 por 100 del territorio está a menos de 200 metros sobre el nivel del mar; el 21 entre los 200 y 400 metros; la misma proporción de 400 a 600; un 17 por 100 de 600 a 800 metros, y sólo excede esta altitud un 3 por 100. Se trata, no obstante, de una altitud bastante elevada si se tiene en cuenta la proximidad de todas sus tierras al mar.

A primera vista, en la topografía de la provincia de Pontevedra destacan varias franjas longitudinales. Desde el meridiano de La Estrada y Puente Caldelas, al E. la altitud supera los 500 metros. Y las tierras "altas" tienen mayor extensión hacia el N. en relación con la gran convexidad del arco montañoso que constituye límite entre las provincias de Orense, Lugo y Pontevedra. Al O. de estas montañas se ciñen las tierras o piedemontes con una altitud en torno a los 400 metros, descendiendo hacia el litoral y muy digitadas

por numerosos valles. Valles de escasa entidad pero bastante encajados.

Continuando el descenso se encuentran las tierras bajas de la depresión meridiana Padrón-Tuy y, cerca del litoral, la llanura propiamente dicha de la que, no obstante, emergen montes y sierras de cierta altitud, en torno a los 600 metros, como el Xiabre y el Xesteiras en la ría de Arosa, y al S. los montes Bayucas, Cådebo, Acebal y Castrove que separan las rías de Arosa y Pontevedra. Los de Figueirido, coto de Domayo, Morrazo y Ermelo se alzan en la península de Morrazo; al S. de la ría de Vigo Galiñeiro (699 m), y en La guardia Santa Tecla (343 m).

Esta topografía -con pendientes muy acusadas, en muchos casos superiores al 50 por 100- es la expresión de un relieve muy disecado como consecuencia de los movimientos póstumos de la tectónica peninsular que rejuvenecieron el perfil de los ríos, pequeños pero muy numerosos y de abundante caudal, que alcanzaron la capacidad de erosión suficiente para disecar -fragmentar- el relieve, dando un paisaje muy compartimentado. Dentro de él se pueden distinguir las siguientes unidades:

a) Las sierras del E., que se corresponden con el sector meridional de las montañas interiores de Galicia. Establecen la divisoria entre los afluentes del Miño y una larga serie de pequeños ríos que vierte al Atlántico, algunos de los cuales (Lérez, Oitavén,



Verdugo) terminan en los amplios entrantes marítimos de las Rías Bajas. Son las sierras citadas del Farelo (951 m), Faro (1.177 m), Suido (1.066 m) y Faro de Avión (1.153 m). Estas montañas constituyen la llamada dorsal montañosa de la Galicia occidental y son relieves residuales pertenecientes a una superficie de erosión inframiocena en la que la tectónica reciente inició una flexión anticlinal transformada posteriormente en "horst" basculado hacia el N.

Al NE, una superficie de erosión desde las sierras del Faro y el Farelo se inclina hacia el O. y abarca, aproximadamente, la comarca de Lalín. De ella sobresalen dos sistemas montañosos que descienden en altitud hacia el Ulla.

Sobre el primero -montes del Carrio y Da Pena de Francia- se encajan los ríos que vierten al Deza. El segundo tiene un núcleo central que forma la "Terra de Montes", verdadero nudo orográfico de la provincia y divisoria de aguas entre el Deza y otros ríos como el Umia, Lérez, Oitavén, etc.

De la "Terra de Montes" parten tres alineaciones divergentes. La primera llega a enlazar con el Monte Xiabre al NO. de Caldas de Reyes, la segunda es la de las elevaciones (entre ellas el Castrove) que separan la ría de Arosa de la de Pontevedra, y la tercera, la del Testeiro (que delimita las provincias de Pontevedra y Orense) enlaza después, en dirección SO., con otros montes para

continuar por la península del Morrazo.

De la Sierra del Faro de Avión parten los montes en los que se encajan pequeños tributarios del Miño formando las "bocarribeiras" del Miño pontevedrés.

Los montes que descienden hacia el ulla inician otro cordal de E. a O.: Acibeiro, San Bieito, San Sebastián y el cordal del Xesteiras que termina con el Xiabre en la ría de Arosa y delimita las cuencas de los ríos Ulla y Umia.

En todo este sector no hay vestigios sedimentarios y por la naturaleza heterogénea del granito, la roca predominante, la erosión diferencial ha contribuido, en gran manera, a resaltar estas sierras que consideramos.

b) La fosa meridiana de Padrón a Tuy es el rasgo más destacable del relieve prelitoral, entre el vértice de máxima penetración de las Rías Bajas y la citada dorsal montañosa. Constituye un corredor de unos 150 kilómetros, con una anchura media de 2, que facilita las comunicaciones en la región más rica y densamente poblada de Galicia. Si se trata de una fosa tectónica o simplemente de una línea de falla ensanchada por la erosión de la milonita, como suponen Birot y Nonn, es una cuestión todavía no resuelta. Lo más probable es que sea, en unos sectores determinados, una fosa y, en otros, una línea de falla o una serie alineada de fallas. La fractura

es, sin duda, anterior a la superficie de erosión eógena. Pero la incógnita mayor está en descifrar si es herciniana o alpina de fase pirenaica. En todo caso fue rejuvenecida en el mioceno por los movimientos de deformación a los que ya se ha aludido. Otra importante grieta tectónica discurre paralela a la depresión. Desde el S. de Santiago pasa por Cuntis, Mondariz-Balneario y el valle inferior del Tea hasta Salvatierra de Miño, y está jalonada de manantiales de aguas termales.

c) Entre la fosa meridiana prelitoral y la costa las llanuras propiamente dichas tienen escasa extensión. El litoral, el más recortado de la Península Ibérica, ofrece la belleza paisajística que ha otorgado merecida fama a las Rías Bajas gallegas. Estas plantean interesantes problemas, como el de su origen y el de la diversidad de tipos. Las rías de Pontevedra y Vigo tienen una amplitud y un contorno independientes de los pequeños ríos que no justifican la profundidad de las rías (el Lérez, 38 km, y su ría, la de Pontevedra, 20). Estas rías responden, indudablemente, según Nonn, a un origen doble en el que desempeñaron un importante papel la tectónica y la erosión. Sobre las fallas de dirección SO-NE, perpendiculares a los afloramientos del zócalo, la erosión fue ensanchando la línea de falla haciendo retroceder los escarpes. La ría de Arosa es una cubeta de alteración terciaria (bajo un paleoclima mioceno subtropical húmedo y, por lo tanto, muy "agresivo") sumergida posteriormente.

### 2.3.- HIDROGRAFIA

La red fluvial de la provincia de Pontevedra abarca tres cuencas o vertientes de distinta entidad: la de los afluentes de la margen izquierda del Ulla (Arnego, Deza, Liñares); la de los derrames que se dirigen al bajo Miño (Deva, Tea, Louro y Tamuxe), y la de los ríos que van directamente al Atlántico, algunos de los cuales terminan en amplias rías (Lérez, Verdugo, Oitavén, Miñor...).

Sirven de límites provinciales N. y S. los dos ríos más grandes y caudalosos, los únicos que nacen fuera de la provincia. El Miño, como es sabido la gran arteria fluvial de Galicia (340 km. de longitud), constituye el límite meridional de Pontevedra y frontera con Portugal. Le sigue, a distancia, el Ulla (115 km.), límite entre Pontevedra y La Coruña.

Por todo el territorio hay numerosísimos cursos de agua pequeños, algunos insignificantes, pero de caudal permanente, aun en años de máximo estiaje, como consecuencia de la energía del relieve y el elevado volumen de las precipitaciones. Por esta razón, los ríos de Pontevedra, como los de toda Galicia, se encuentran entre los de mayor módulo relativo de la Península. Su régimen responde al tipo pluvial neto, el característico de los ríos oceánicos de Europa occidental, de escaso recorrido, con un máximo invernal y un mínimo estival simples, y una irregularidad interanual pequeña.

El Miño, sin embargo, desemboca en La Guardia por un magnífico estuario parcialmente colmatado por sus propios aluviones. Acerca de este distinto comportamiento de la costa meridional gallega no hay unidad de criterio. O no actuaron, como en otros casos, la tectónica -aunque se habla de una compleja fractura sismogénica- y la erosión diferencial o, por tratarse de un río caudaloso -la gran arteria fluvial de Galicia-, la considerable carga de materiales que arrastra ha rellenado en parte su desembocadura.

La existencia en este litoral de sectores rectilíneos, como el comprendido entre La Guardia y cabo Silleiro, con una plataforma de abrasión cuaternaria casi continua, se debe a fracturas cuaternarias paralelas a la línea de costa, según la teoría de Birot. O, por el contrario, siguiendo el parecer de Nonn, las fracturas se produjeron en las últimas fases de deformación miocénicas. Para este autor, el litoral, con su diversidad de formas, quedó fijado y estabilizado a finales del mioceno, registrándose únicamente en el cuaternario la transgresión flandriense subsiguiente a la deglaciación Würm.

## 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 Pontevedra está dominada por la variedad climática TEMPLADO-FRÍO-OCEÁNICO con estación seca.

Sus precipitaciones son 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° C. La amplitud térmica, muy moderada, en torno a los 10° C.

La temperatura media de ningún mes desciende de los 6° C. 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.

Los demás factores climatológicos con especial incidencia sobre las estructuras, como son la intensidad de los vientos dominantes, por su posible acción erosiva y contaminación de su entorno, y la frecuencia de heladas, cuya acción repetida puede inestabilizar los taludes por solifluxión, no son especialmente negativos en esta provincia.

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 VIGO  
1931-60 Lat. 42° 16'N Long. 8° 43'W Alt. 27 m

Mes	Temperatura °C					Humedad %	Precipitación			Insolación diaria
	Media		Abso.				Total mm	Máx. 24 h.	N° de días	
	Día	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.					
E	10.2	13.5	7.0	23.0	-2.5	75	171	83	16	3.5
F	10.6	14.1	7.2	30.0	-2.5	73	135	83	15	4.9
Mr	12.6	16.3	9.0	29.0	-1.0	72	158	78	15	4.9
Ab	14.3	18.3	10.2	31.5	3.5	69	93	71	12	7.6
My	15.5	19.4	11.6	32.5	4.0	72	101	52	14	8.1
Jn	18.3	22.4	14.2	35.0	8.0	71	50	45	8	9.5
Jl	19.9	24.2	15.5	39.0	11.0	72	26	37	6	10.6
Ag	19.9	24.3	15.6	37.0	9.5	72	43	58	8	9.1
S	18.8	22.8	14.7	35.5	9.0	74	65	83	10	6.9
O	16.3	20.1	12.5	30.0	5.5	73	124	156	12	5.8
N	13.2	16.6	9.7	26.5	2.5	75	188	127	16	4.3
D	10.8	14.1	7.6	22.5	-0.3	76	188	82	17	3.2
Año	15.0	18.8	11.2	39.0	-2.5	73	1.342	156	147	6.5

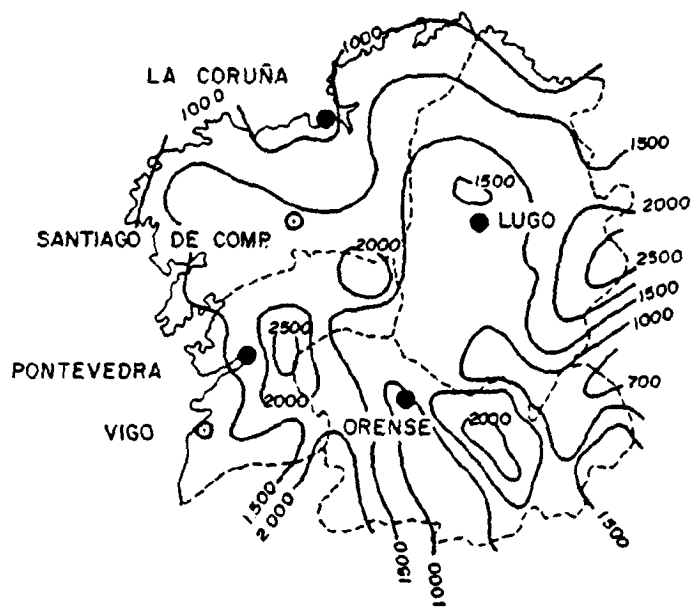
Valores medios, para un periodo de 30 años, de temperatura; precipitación, humedad e insolación.

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.					
E	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	3.8	26.8	-2.5	77	175	104	16	4.5
Ab	11.3	16.1	6.3	30.8	0.0	72	108	55	12	6.0
My	13.3	18.2	8.3	33.0	1.4	74	107	58	13	6.7
Jn	16.4	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	18.1	23.9	12.9	38.5	6.3	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	31.1	0.6	79	117	75	13	5.4
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	-1.6	83	178	60	17	3.9
Año	12.8	17.3	8.3	38.5	-8.5	76	1.417	154	152	5.9

FUENTE: IMN. Climatología de España y Portugal.

**PRECIPITACION MEDIA ANUAL**



Escala 1:3.000.000

1000 — Isoyeta del Valor Medio anual de precipi  
tación en (mm.)

FIGURA Nº 1

FUENTE: I.M.N. ATLAS CLIMATICO DE ESPAÑA

## EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL MEDIA ANUAL

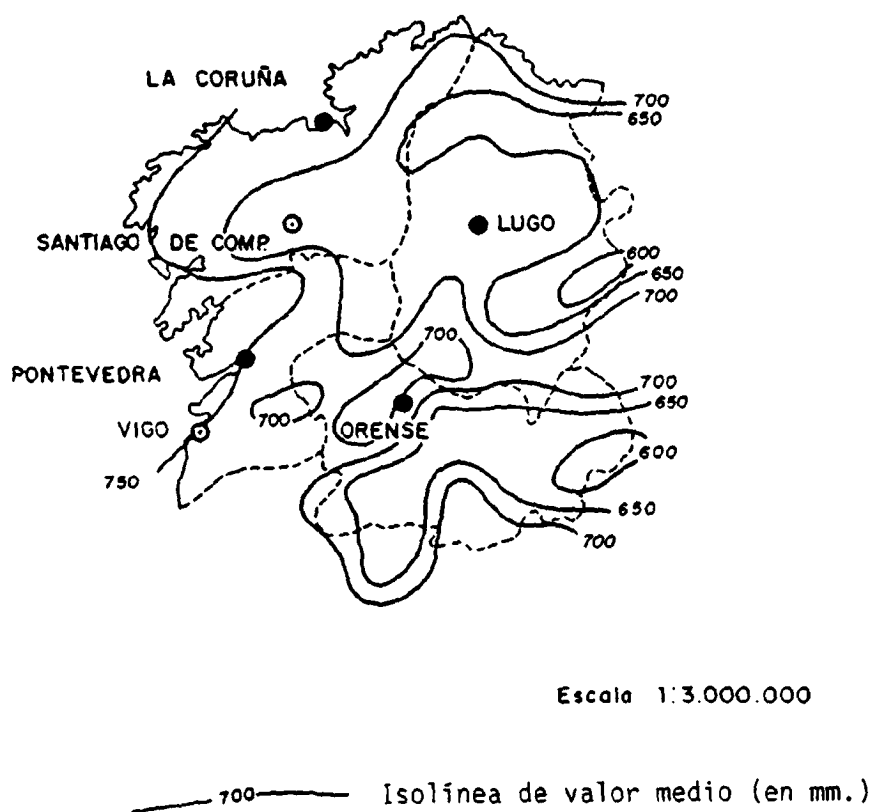
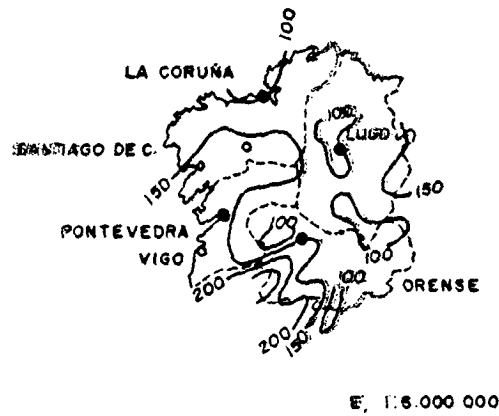


FIGURA Nº 2

FUENTE: I.M.N. ATLAS CLIMATICO DE ESPAÑA

PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS



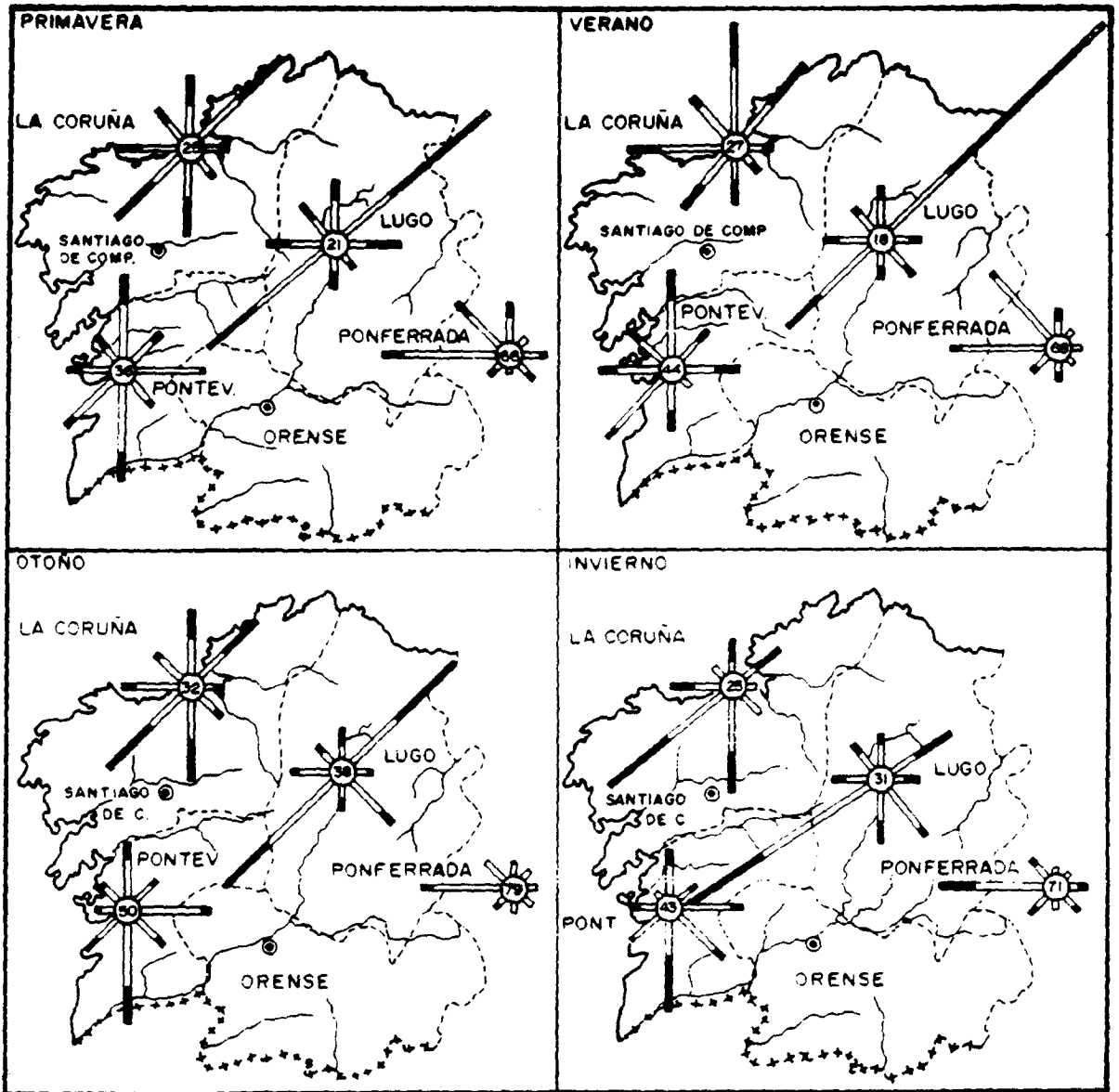
200 Isofínea de valor máximo (en mm.)

FIGURA Nº 3

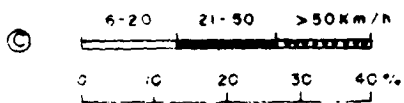
FUENTE: I.M.N. ATLAS CLIMATICO DE ESPAÑA

FRECUENCIA DE LA DIRECCION E INTERVALOS DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO 46.

PROVINCIA DE : PONTEVEDRA



E. 1 3000 000



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

FIGURA Nº 4

FUENTE: I.M.N. ATLAS CLIMATICO DE ESPAÑA

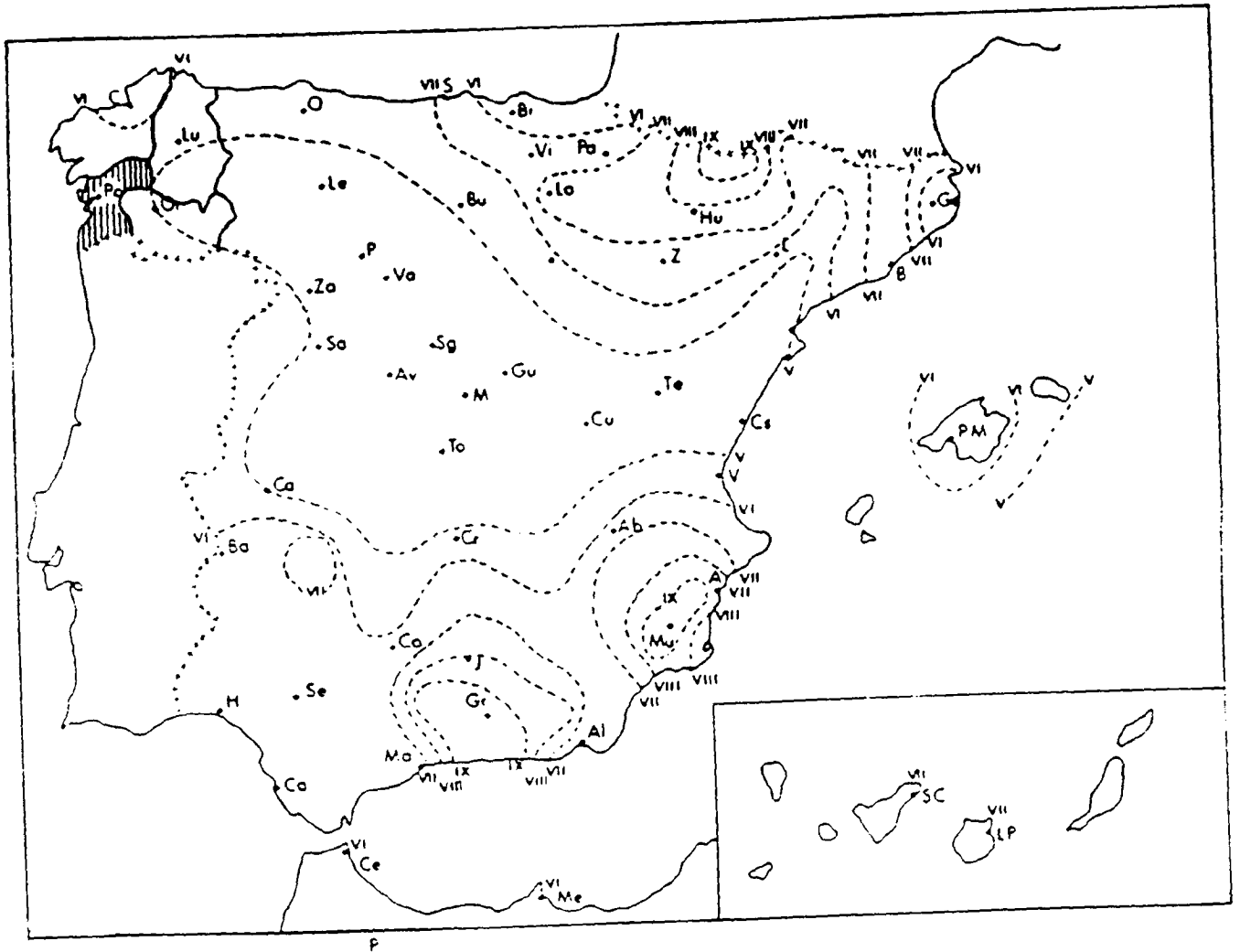
## 2.5.- SISMOLOGIA

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 Pontevedra ocupa una zona con riesgo sísmico de valor V, es decir con riesgo bajo. Esto quiere decir que, en el diseño y ubicación de estructuras residuales no es necesario tomar medidas especiales de seguridad por este concepto, aunque sí deberán tomarse en caso de poder ser afectadas por vibraciones procedentes de voladuras próximas.



### 3.- MARCO SOCIECONOMICO

#### 3.1.- POBLACION

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

<u>Año</u>	<u>Población</u>
1977	848.481
1979	865.960
1981	885.098
1983	892.719
1985	898.816

Como se vé, ha mantenido un ritmo lento, pero sostenido, de crecimiento. El aumento de población, en los 8 años del período considerado, ha sido del 6%, es decir, casi un 1% anual.

Por otro lado, el grado de población de esta provincia en relación con la región, 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  
(habitantes /Km<sup>2</sup> )

---

Pontevedra	200,8
Galicia	96,5
España	75,9
Barcelona	598,4
Madrid	597,5
Vizcaya	533,7

Es decir, que esta provincia está bastante poblada. Mucho más que la media del país y que su Comunidad Autónoma, aunque menos que las provincias más pobladas.

### 3.2.- ESTRUCTURA ECONOMICA

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

Superficie	4.477 Km <sup>2</sup>
Población residente	898.816 Hab.
Población activa	371.720 Hab.
Renta "per capita"	542.295 Pts.
Lugar que ocupa en la producción nacional	14

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

CUADRO N<sup>o</sup> 2 : Estructura de la producción, Valor Añadido Bruto (10<sup>6</sup> pts.) 52.

FUENTE: Renta Nacional 1.985. BANCO DE BILBAO

SECTOR	ESPAÑA	GALICIA	PONTEVEDRA	% Galicia	% España
Agricultura y Pesca	1.783.117	186.004	59.846	32,2	3,4
Industria	7.351.569	390.300	127.670	32,7	1,7
Construcción	1.555.170	121.557	41.896	34,5	2,7
Comercio y Servicios	17.098.947	940.069	312.376	33,2	1,8
TOTAL	27.788.803	1.637.930	541.788	33,1	1,9

Es decir que, en todos los sectores, la economía de la provincia de Pontevedra supone un tercio de la región mientras que en relación al conjunto del país tiene un peso aproximadamente equivalente a la media, destacando el sector primario en el que la sobrepasa ampliamente.

Dentro del sector industrial, la importancia relativa del subsector minero, en relación a la minería gallega y nacional, no es despreciable, y será objeto de análisis específico en el capítulo 5 de este estudio.

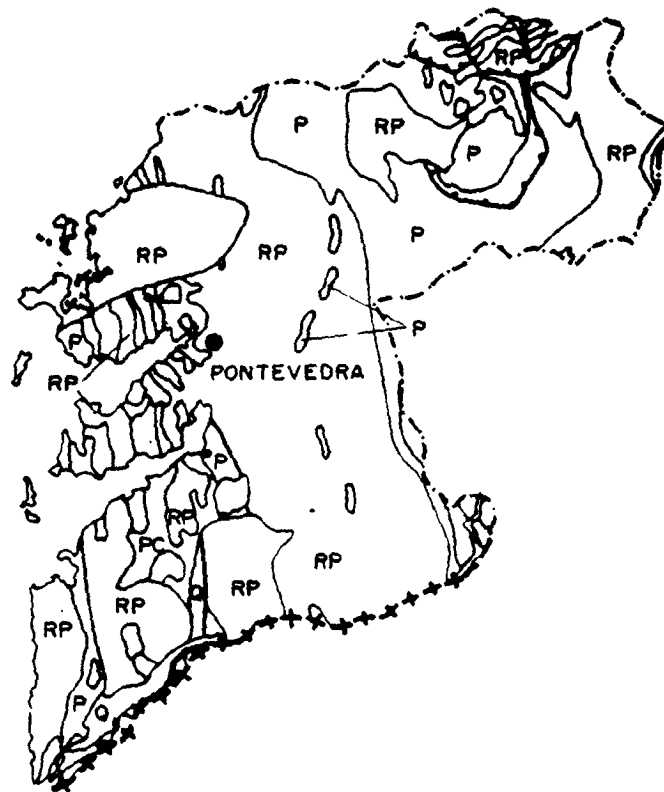
#### 4.- SINTESIS GEOLOGICA

##### 4.1.- RASGOS GENERALES

La provincia de Pontevedra está situada en el Macizo Hercínico de la Península Ibérica. Según la división del mismo realizada en el Mapa Tectónico de la Península Ibérica y Baleares por JULIVERT y otros (1.974), y la zonación realizada por MATTE en 1.968, con criterios no solo paleogeográficos sino también estructurales y sobre el metamorfismo presente, esta provincia está incluida, en su mayor parte, en la zona más occidental o zona V (GALICIA OCCIDENTAL), mientras que una buena parte de su lado nordeste, en los límites con las provincias de La Coruña y Lugo, forma parte de la zona IV (GALICIA CENTRAL TRAS OS MONTES).

Como se puede apreciar en el mapa geológico adjunto, los afloramientos de rocas ígneas (plutónicas ácidas en general) ocupan una buena parte de esta provincia, principalmente en su lado occidental, constituyendo la base de una importante industria local de aprovechamiento como roca ornamental.

Los afloramientos paleozoicos le siguen en importancia (por la superficie ocupada), predominando en las zonas norte y nordeste.



- Q - CUATERNARIO
- P - PALEOZOICO
- PC - PRECAMBRICO
- RP - ROCAS PLUTONICAS

MAPA GEOLOGICO DE LA PROVINCIA DE PONTEVEDRA 1:1.000.000

FIGURA Nº 6

El resto de la provincia está ocupado por materiales recientes, con algún desarrollo de terrazas y aluviones en los cauces de los ríos (especialmente en el Miño en su tramo final), depósitos costeros como marismas, playas, dunas, flechas litorales, etc., conos de deyección (formaciones de ladera) y suelos eluviales y coluviales.

#### 4.2 - ESTRATIGRAFIA

##### 4.2.1.- Precámbrico - Paleozoico

Desde el punto de vista litoestratigráfico, se podría dividir la provincia en dos zonas muy diferentes: una banda central, orientada de norte a sur, que forma parte del dominio estructural denominado de "Malpica-Tuy", y a ambos lados, el denominado "Dominio Migmatítico y de las rocas Cámbricas". A estos dominios se deberían agregar, al norte y al sur de la parte oriental, significativos afloramientos de "Granitoides tardios".

El primero de estos dominios (Vigo-Pontevedra-Noya) está compuesto por series metasedimentarias polimetamórficas, en relación espacial con rocas intrusivas, con un claro predominio de gneises con plagioclasa y biotita. Los micaesquistos y paragneises son de edad probable Precámbrico o PC-Cámbrico y conllevan eventuales lentejones de anfibolitas y diques de ortoanfibolitas de posible madurez diabásica en su origen.

Este primer dominio puede ser dividido, a su vez, en dos unidades: la de Vigo-Pontevedra, formada por gneises de plagioclasa y biotita, gneises de biotita, gneises de anfíbol y biotita, gneises de riebeckita, gneises radiactivos y anfíbolitas; y la de Noya, formada por esquistos y paragneises.

El segundo dominio ("Migmatítico y de las Rocas Graníticas") puede ser también dividido en otros tres complejos o unidades litológicas: el "Complejo Esquisto-Grauváquico", de edad dudosa entre Precámbrico superior y Cámbrico inferior, se reconoce, al menos, en los "esquistos y metaconglomerados de Santa Tecla", formación constituida por micaesquistos dorados, cuarzoesquistos oscuros y grauvacas, esquistos de dos micas y eventuales lentejones de rocas calcosilicatadas verdes muy oscuras; y en los "niveles calcosilicatados y/o anfíbolitas" (en la hoja de Pontevedra). El segundo complejo del segundo Dominio (Migmatítico), es el de "El Rosal-La Lanzada-Xuno" y se considera de edad Silúrico (o al menos Supra-Ordovícico). Está constituido por esquistos andalucíticos con intercalaciones de cuarcitas; cuarcitas, ampelitas y liditas (en la Sierra de Argallo-Monteferro), y niveles calcosilicatados y/o anfíbolitas, en Sanxenxo.

Finalmente, el tercer complejo del segundo Dominio (Migmatítico), es el de "Villagarcía-Cuntis", y está constituido por esquistos migmatíticos (Cuntis), ortogneises glandulares y los granitoides de Monte Xiabre.

En la zona nordeste se pueden destacar otras dos unidades estructurales con personalidad propia, como son las de "Lalín" y "Forcarey", constituidas por materiales caracterizados por la abundancia de rocas con plagioclasa entre los metasedimentos, la presencia de capas lenticulares de cuarcitas y anfibolitas, la existencia de ortogneises blastomiloníticos y la aparición de porfiroblastos de granate de tipo peculiar.

#### 4.2.2.- Formaciones recientes

Se presentan en esta provincia bajo diversas formas, con suficiente desarrollo vertical y horizontal, como:

- Terrazas y aluviones de los cauces más importantes como los de el Miño, Verdugo y Umia, formados por material granular (arenas y gravas) y lechos arcillosos (eventualmente caoliníferos) alternantes, de potencia y extensión lateral muy variables. Las del Miño son, con mucho, las más importantes.

Podríamos englobar en este capítulo también las formaciones de fondo de valle, suelos coluvio-aluviales y eluvio-aluviales.

Estos materiales tienen una gran importancia económica por cuanto son aprovechados para la obtención de gravas de construcción, especialmente en los aluviones del Miño y Louro.



- Sedimentos de marisma y de plataforma intertidal, situadas preferentemente en las cabeceras de las Rias de Vigo y Pontevedra, así como en las extensas ensenadas de El Grove y Carragal. Se trata de formaciones de pequeño espesor constituidas por limos orgánicos ricos en restos vegetales y animales, con eventuales pasadas de arena muy fina.

- Playas, dunas y flechas litorales. Son formaciones costeras, de acumulación, producidas por la acción combinada del oleaje marino y el viento. Están constituidas en general por arena fina blanca, con proporciones variables de polvo caolinico y cristales rodados melano-cráticos minoritarios.

- Conos de deyección. Son acumulaciones de ladera de composición, evidentemente, en relación con el substrato rocoso de su entorno.

- Suelos, en general, de naturaleza eluvio-coluvial, procedentes de la meteorización del sustrato y acumulación de materiales orgánicos, con mayor o menor desarrollo. Son materiales granulares con una importante fracción fina limo-arcillosa.

#### 4.3.- TECTONICA

La Orogenia Hercínica afectó a todos los terrenos desde el Precámbrico cristalino hasta el Carbonífero no metamórfico. Las

características generales de esta orogenia, en esta zona, son:

- Las estructuras se incurvan en arcos más o menos concéntricos, dando una virgación con convexidad oeste.

- El aumento de la deformación del metamorfismo y plutonismo hacia el O y SO, perpendicularmente a las estructuras, así como el combamiento general de pliegues y mantos hacia el centro del arco, permiten subdividir la cadena en zonas externas (orientales) e internas (occidentales).

- La cadena hercínica está colocada sobre un zócalo precámbrico de rocas sedimentarias plegadas, de rocas plutónicas y, sin duda, también de rocas metamórficas.

- Existe un paralelismo estrecho entre las estructuras hercínicas y las líneas isopacas e isopicas de terrenos paleozoicos.

- Existe la orogénesis precámbrica y la hercínica no ha habido plegamientos importantes, sino solamente movimientos epirogénicos, notables entre el Cámbrico y el Arenig, y entre el Ordovícico y Silúrico.

- La tectónica hercínica se caracteriza por la presencia de fases de plegamiento superpuestas, tanto en las zonas internas como en las externas. La primera fase es la más importante y origina

la estructura de la cadena. La segunda fase es menos importante. Se trata de una fase de ajustamiento que ha dado, sin embargo, en las internas, estructuras con planos axiales subverticales más o menos paralelos a los de la primera fase. La fase tardía no ha dado grandes estructuras, no variando la marcha adquirida durante las dos primeras fases de plegamiento.

- La primera fase de plegamiento está caracterizada por la presencia de pliegues tumbados y pliegues tumbados replegados. Los pliegues de la segunda son geométricos, tienen plano axial subvertical bien reconocible y repliegan las estructuras de la primera fase, y particularmente la esquistosidad primaria. La estructura más importante es el anticlinal "Ojlo de Sapo".

- El metamorfismo hercínico comenzó con la primera fase de plegamiento y se termina generalmente con la segunda. En su mayor parte es de tipo medio, pero de baja presión.

- La mayoría de los granitos hercínicos han sido emplazados en la segunda fase y después de ella.

#### 4.4.- ROCAS IGNEAS

Ya se ha señalado la extraordinaria importancia que tienen en esta provincia este tipo de rocas, por la superficie ocupada y su aprovechamiento económico actual como rocas ornamentales y

de construcción. Son, en general, granitoides hercínicos, con una buena representación de rocas filonianas (tanto ácidas como básicas), y unos pequeños afloramientos de rocas básicas (anfíbolitas) al sur de Lalín.

Entre los granitoides predominantes podemos hacer una primera clasificación en dos grupos: granitos de afinidad alcalina (leucogranitos en general), y granitos de afinidad calcoalcalina (granodioritas, granitos adamellíticos, etc.).

Los granitos de afinidad alcalina se pueden subdividir en:

- Granitos de dos micas, que son los más extendidos y entre los que podemos diferenciar los equigranulares de grano grueso a medio, granitos porfiroides, equigranulares de grano medio a fino y los inequigranulares de grano medio a grueso y granitos inhomogéneos.

- Granito de dos micas cataclástico.

- Granito de feldespato alcalino con grandes biotitas ("ala de mosca").

Los granitos de afinidad calcoalcalina, a su vez, pueden ser subdivididos en:

- Enclaves autolíticos, que son los precursores básicos de las granodioritas precoces, de composición variable entre cuarzo-diorítica y gabroidea.

- Granodioritas y granitos biotíticos precoces.

- Granitos moscovíticos y aplitas.

- Cuarzodiorita cordierítica, granodioritas y granitos asociados.

- Granito adamellitico.

- Granito y granodiorita biotítica de Caldas de Reyes.

- Granito y granodiorita biotítico-anfibólica de Caldas de Reyes.

- Granito y granodiorita de Porriño.

- Granito de Porriño inequigranular de grano grueso.

Las rocas plutónicas señaladas están acompañadas de un importante cortejo filoniano de carácter preferentemente ácido, aunque en las áreas más septentrionales también aparecen diques básicos y ultrabásicos.

Se presentan:

- Diques ácidos, desarrollados fundamentalmente durante los primeros estadios de los procesos migmáticos, y las etapas finales del emplazamiento de los granitos alcalinos. Contienen cuarzo, pegmatitas, aplopegmatitas y microgranitos.

- Pórfidos graníticos

- Doleritas

- Microdioritas y lamprófidos

- Cuarzodioritas, granodioritas y granitos con cordierita.

Se señala también, finalmente, la aparición de rocas básicas al sur de Lalín. Son rocas oscuras, verdosas, cuyos elementos más abundantes son anfíboles y plagioclasa, por lo que se pueden denominar anfibolitas.

## 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, reflejo de la actividad minera reciente, se hacen las siguientes observaciones:

- La minería de esta provincia es la de menor importancia, absoluta y relativa, dentro de la región gallega. Además, está orientada casi exclusivamente en una sola dirección: los granitos ornamentales.

En el año 1.984 (y sin incluir los datos correspondientes a hidrocarburos ni a uranio), la producción minera de Galicia era el 12,6 % del total nacional (por el valor de la producción), y el 7,9% (por el empleo generado). De esta producción regional, la provincia de Pontevedra fué responsable del 4%, considerando el valor de la producción, y del 9% del empleo minero de la región.

CUADRO Nº 3

PRODUCTO	Nº EXPLOTACIONES			EMPLERO			VALOR PRODUCCION (10 <sup>3</sup> Pts.)		
	1984	1985	1986	1984	1985	1986	1984	1985	1986
Caolín	3	3	3	10	7	7	65.359	25.453	29.332
Feldespató	2	1	-	5	2	-	4.620	750	-
Pizarra	1	1	2	5	5	12	15.200	38.500	60.711
Granito	82	85	95	439	501	579	1.192.369	1.889.286	2.230.407
Serpentina	3	3	4	46	49	54	127.700	104.720	157.775
Cuarcita	1	1	1	6	7	9	18.500	16.625	18.665
Arcilla	4	4	3	11	11	11	26.151	25.710	25.172
Basalto	1	1	1	10	10	10	30.785	30.400	35.500
Cuarzo	-	-	1	-	-	8	-	-	266.957
O.C.	12	8	9	69	47	47	137.818	126.630	178.310
<b>TOTAL</b>	<b>109</b>	<b>107</b>	<b>119</b>	<b>601</b>	<b>639</b>	<b>737</b>	<b>1.618.502</b>	<b>2.258.074</b>	<b>3.002.829</b>

FUENTE: Estadística Minera de España



- Como se deduce del desfase entre las participaciones relativas por el valor de la producción y del empleo, la minería de esta provincia es de las de empleo masivo de mano de obra, es decir, de reducidas dimensiones y poco mecanizada, además de escaso valor unitario de los minerales.

- Están totalmente ausentes las minerías sobre minerales energéticos y metálicos, a pesar de existir posibilidades sobre estos últimos.

- Se puede explicar la minería provincial más o menos así: producción destacada (tanto a nivel provincial, regional y nacional) de rocas ornamentales (granitos, pizarras y serpentinas), especialmente granitos; producción reducida de algunos minerales no metálicos (caolín, feldespato, cuarzo y cuarcitas), y otro tanto, al nivel de las necesidades locales, de rocas industriales relacionadas con el sector de la construcción (arcillas o caolines cerámicos, rocas para áridos, arenas y gravas, etc.).

## 5.2.- POSIBILIDADES MINERAS

Ya se había señalado la orientación casi monográfica, al menos con un cierto nivel, de la producción minera de esta provincia: granitos ornamentales.

Sin embargo, su geología es tan compleja y rica en posibilidades

mineras, tanto metálicas como no metálicas, como la del resto de las provincias gallegas. Se trata de terrenos antiguos sometidos a sucesivos fenómenos orogénicos y plutónicos, con afloramientos batolíticos de diferente quimismo, y sus correspondientes alteraciones y mineralizaciones de sus rocas de caja.

A pesar de todo, analizando la información conocida sobre los indicios mineros o metalogénicos, y la situación del mercado internacional de minerales (especialmente los metálicos), no parecen existir muchas posibilidades objetivas, al menos a corto o medio plazo, sobre este tipo de minería.

Por el contrario, como se puede ver en la evolución de los últimos años, y profundizando un poco en su estructura industrial, se puede concluir que las posibilidades en el subsector de las rocas ornamentales son muy importantes.

La cantidad, variedad y calidad (ausencia de elementos metálicos alterables y escasa fracturación), de afloramientos plutónicos, de ácidos a ultrabásicos, constituye la mejor base para la continuación indefinida, y aún para incrementar, de la situación actual de penetración en este mercado. La concentración en el área gallega (en las cuatro provincias) de la mayor parte de la producción de granitos ornamentales, aumentando y complementando la de esta provincia (que mantiene su papel preeminente), debe contribuir a la consolidación del subsector, por la facilidad de conocimiento de

sus problemas y posibles soluciones.

En el año 1.985, la producción de granitos ornamentales fué de 569.475 toneladas, por valor de 1.773 millones de pesetas, aunque considerando los valores de los productos en puerto en bruto (bloques) y elaborados, las cifras de ventas son mayores: se exportaron 287.437 toneladas en bruto por valor de 2.471 millones de pesetas, y 35.669 toneladas de elaborados por valor de 3.131 millones de pesetas.

En estas cifras acabadas de señalar, cuya responsabilidad coresponde en una buena medida a esta provincia, y mucho más al conjunto de la región gallega, se puede apreciar la fuerza y debilidad del subsector en estos momentos: el volumen de producción de materia prima en cantera (bloques paralelepípedicos) es grande y exportado en su mayor parte, pero el correspondiente a materiales elaborados es mucho más reducido. La importancia de esta diferencia está en que los precios unitarios son en cada caso, 8.600 y 88.000 pesetas por tonelada, es decir que su valor añadido se ve incrementado en un 1.000 por 100.

De estas diferencias de precios se aprovecha el país que lidera prácticamente desde siempre este subsector en el mercado internacional, Italia, cuyos conocimientos de este mercado y poderosa industria de elaboración y fabricación de quipos para la misma, le permiten comprar materia prima en bruto (Italia es el mayor comprador con mucha diferencia de los bloques producidos en esta provincia),

elaborarla y aprovechar la plusvalía.

Se señalan, a continuación, las variedades comerciales de granitos gallegos más conocidas en el mercado internacional, según el catálogo de estas rocas ornamentales confeccionado por el ITGE.

#### VARIEDADES DE GRANITOS GALLEGOS

<u>Nombre actual</u>	<u>Según Normas</u>	<u>Procedencia</u>
ALBERO	BLANCO ALBERO Medio	PONTEVEDRA
DANTE	ROSA DANTE Medio-P	PONTEVEDRA
GRIS GONDOMAR	GRIS CONDOMAR Fino	PONTEVEDRA
GRIS MONDARIZ	GRIS MONDARIZ Medio-P	PONTEVEDRA
GRIS MORRAZO	GRIS MORRAZO Medio-P	ORENSE
GRIS PERLA	GRIS PERLA Medio-P	PONTEVEDRA
ROSA PORRIÑO	ROSA PORRIÑO Medio	PONTEVEDRA
ROSAVEL	ROSA VEL Grueso-P	ORENSE
VERDE SANTIAGO	VERDE SANTIAGO Fino	LUGO
AUSTRAL RED	ROJO AUSTRAL Medio	LA CORUÑA
FRIOL	GRIS FRIOL Medio	LUGO
NEGRO CAMPO	NEGRO CAMPO Fino	PONTEVEDRA
PIEDRA	GRIS PIEDRA Fino	LUGO
PARGA	GRIS PARGA Medio	LUGO

Como se puede ver, la mayoría de las variedades empleadas (7 sobre un total de 14) se obtienen en la provincia de Pontevedra

y, matizando aún más, se puede decir que la producción está basada fundamentalmente en una de las variedades de esta provincia: el ROSA PORRIÑO. Esto se debe a que el mercado de estos productos funciona sobre bases estéticas subjetivas, y no sobre análisis químicos o pruebas de resistencia mecánicas, y esta variedad, sin que sea fácil explicar por qué, ha tenido mejor aceptación.

De este tipo de rocas no hay cubicaciones precisas, aunque las características masivas, y de gran continuidad lateral en muchos casos, de sus yacimientos, no hacen temer por la terminación de las reservas.

Sus problemáticas, para sostener la situación actual y, sobre todo, para mejorarla en lo posible, son de tipo comercial e industrial, para aprovechar mejor sus valores añadidos en las diferentes etapas de elaboración. Nunca serán de tipo minero.

#### Otros indicios mineros o metalogénicos

Como puede apreciarse en los correspondientes Mapas Metalogénicos y de Rocas Industriales, los indicios de este tipo son numerosos y variados, como corresponde a una geología tan compleja.

A continuación se señalan las áreas en que aparecen estos indicios, sin mayores detalles sobre su explotabilidad, aunque se puede decir que, en general, las posibilidades de reactivación

(especialmente en lo que se refiere a los minerales metálicos)  
son escasas.

ESTAÑO: Areas de Silleda, Lalín, Sangenjo, Bayona, Tomiño,  
Forcarey, Salvatierra de Miño.

WOLFRAMIO: Silleda, Carbia

URANIO: Porriño, Lalín, Mos

ORO: Lalín, El Rosal

LITIO: Lalín

ARSENICO: Lalín

CAOLIN: Porriño, Salceda de Caselas, Puenteareas, Puentecesures,  
Sangenjo, Tuy, La Guardia, Tomiño, Salvatierra de Miño

FELDESPATO: Gondomar, Porriño, Tomiño, Tuy, Salvatierra, Meis,  
Pontevedra, Cotobad

CUARZO: Tomiño, Mos, Arbo

ANDALUCITA: Estrada, Villa Cruces, Tomiño, El Rosal

MOLIBDENO: Silleda

GRAFITO: Sangenjo

HIERRO: Vilaboa, La Guardia, Sangenjo

MANGANESO: Nigran

BENTONITA: Gondomar

GRANITO: Porriño, Gondomar, Meis, Salceda de Caselas, El Grove, Sotomayor, Tuy

ARCILLAS: Puentecesures, Porriño, Tuy, Sangenjo, La Guardia, Tomiño, Orille, Mondariz

ARIDOS: Mondariz, Porriño, Meis, Villagarcía, Bayona, Salceda, Pontevedra, Vigo, Estrada, Villa de Cruces, Orille, Payo, Villanueva, Castrodonzo, Cotobad, Cerdedo

ARENAS: Catóira, Cambados, Pontevedra, Leiro Touriño

ILMENITA, MONACITA, CIRCON, RUTILO: Plataforma continental del área sur de Pontevedra

TANTALO Y NIOBIO: Zona de La Cañiza

NIQUEL, CROMO, COBRE, TITANIO: San Cidre y Vacariza

## 6.- CARACTERISTICAS GENERALES DE LAS ESTRUCTURAS

En este capítulo se analizan los parámetros generales de las estructuras residuales de la provincia de Pontevedra. En primer lugar se efectúa una división zonal geográfica cuyo objetivo primordial es proporcionar una idea de la situación de las estructuras en el marco provincial y del tipo de minería con que se relacionan. A continuación se hace un resumen estadístico a partir de los datos obtenidos en aquellas estructuras a las que se ha hecho ficha específica. Por último, se comentan las características tales como litología, color tipo de estructura, estado, tipología, volumen, altura y sistema de vertido.

### 6.1.- ZONACION

Se han distinguido las siguientes Zonas Geográficas:

#### 6.1.1.- Zona Norte (N)

Incluye aquellas estructuras situadas en la parte más oriental de la provincia, relacionadas con:



- Explotación de pizarras anfíbolíticas para áridos. Se trata de dos escombreras formadas por algunas tierras de desmonte y aquellos materiales que no pudieron emplearse en la construcción de la presa de Portodemouros, por no tener la granulometría adecuada.

- Explotaciones de serpentina para áridos. Las estructuras más características son varias balsas de decantación de finos de lavado, algunas de bastante extensión pero de poca profundidad al lado del río Deza (MIBASA, S.A.), y una escombrera formada por zahorras y finos de lavado relleno de una corta abandonada (CAMPOMARZO, S.A.).

- Minería de cuarzo. Dos escombreras de desmonte pertenecientes a la única explotación de este mineral.

- Minería de estaño. La explotación más importante corresponde al depósito de Fontao, (Grupo Minero Silleda - OBERON, S.A.), parada en el año 1974 si bien se mantiene la concesión.

Los residuos están constituidos por bloques de cuarzo con mineralizaciones de casiterita y wolframita acumulados en el fondo de la corta.

Otras dos subzonas con labores mineras abandonadas y antiguas, cuyos residuos aparecen dispersos son:

- . Montes de Testeiro (Coco y Coto de Zobra).
  - . Presqueiras. No quedan residuos, únicamente señales de antiguas labores mineras cubiertas de vegetación.
- Explotaciones de granitos para áridos. Los residuos originados son por un lado tierras de recubrimiento y por otro finos de lavado que se vierten una vez recogidos de los tanques o balsas de decantación, formando en uno de los casos una estructura mixta (5-8-5-2) al ser vertidos en estado muy fluido.
- Pizarras y esquistos para áridos. Dos canteras situadas a ambos lados de la carretera N-541, con tierras de recubrimiento y finos de lavado decantados en una balsa y vertidos posteriormente en una pequeña escombrera.
- Arcilla y cerámica. Se trata de la Cerámica de Sello cuyos residuos son escorias, ladrillos y arcillas que se vierten en los márgenes del hueco originado por la extracción de arcilla.

#### 6.1.2.- Zona de Mosteiro-Meis (M)

Comprende estructuras procedentes de la extracción de:

- Granito ornamental. Comercializado con el nombre de Gris Perla. Están formadas por bloques de granito junto con alguna proporción de tierras de recubrimiento. Las fotografías nº 1 y 2 mues-



FOTO Nº 1: Vista de las explotaciones de granito "Gris Perla" de la zona de Mosteiro-Meis desde la carretera N-531.



FOTO N° 2: (Continuación Foto N° 1).

tran el aspecto que presenta este grupo de explotaciones y sus estructuras residuales.

En algunas de ellas, sus materiales son aprovechados por pequeños canteros para obtener piezas pequeñas y para mampostería.

- Arenas graníticas (xabres). Los residuos aparecen dispersos por la zona donde tiene lugar la extracción, realizada de forma anárquica.



FOTO Nº 3.- Huevo producido por una explotación de arcilla. (Salgueira).

- Granito para áridos. En este caso, además de las escombreras formadas por granitos y tierras, éstas en mayor proporción que en las de granito ornamental, se dan los finos de lavado que dan lugar a alguna estructura mixta y balsas de decantación.

### 6.1.3.- Zona de El Grove (GR)

Comprende aquellas estructuras relacionadas con las explotaciones situadas en la península de El Grove y áreas adyacentes a la misma. Los tipos de minería son:

- Granito para mampostería y ornamental. Dejan muy poco volumen de residuos, sin embargo hay que considerar el impacto visual relativamente alto al estar todas ellas ubicadas en la península de El Grove, de gran atractivo turístico.

- Explotaciones de arcilla y cerámicas. Se caracterizan por los enormes huecos que producen, algunos de ellos ya abandonados y con agua y residuos en su interior como se muestra en la fotografía número 3. En el caso de no estar abandonados, la extracción tiene lugar durante las épocas de estiaje una vez bombeada el agua de su interior, produciéndose una acumulación de stocks suficiente para alimentar las fábricas de cerámica durante un período de hasta dos o tres años. En la fotografía número 4 aparece uno de estos stocks.



FOTO N<sup>o</sup> 4.- Almacenamiento de arcillas para una fábrica de cerámica (Fianteira)

#### 6.1.4.- Zona de Porriño (PO)

Se la puede considerar como la zona más importante de Pontevedra, tanto por su producción de rocas industriales y número de explotaciones, como por el volumen de residuos e impacto ambiental. Comprende las superficies de los municipios de Porriño, Mondariz, Salceda de Caselas, Gondomar, Mos y Puenteareas.

Las estructuras residuales proceden de los siguientes tipos de explotación:

- Granito ornamental. Este tipo de roca industrial se comercializa con los nombres de Dante (Porriño), Gris Gondomar, Gris Mondariz (Salceda de Caselas) y Rosa Porriño (Porriño). Petrológicamente son en su mayoría granodioritas de grano grueso con biotita y relacionadas con ellas existe una notable industria de rocas de ornamentación, ubicada principalmente en el SE de Porriño.

La fotografía nº 5 muestra el aspecto de una cantera de granito ornamental en los montes comunales de Mos.

Las escombreras están formadas principalmente por bloques de granito y algunas de ellas tienen un volumen importante. En algunos casos se aprovechan para la obtención de piezas para mampostería, adoquines, etc., por pequeños canteros, y obtención de áridos.

Los aserraderos dan lugar a pequeñas balsas donde se decantan las partículas que se originan en el corte y pulido de losas de granito.

- Granito para áridos. Las canteras más importantes se encuentran en el municipio de Puenteareas. Como ya se ha mencionado anteriormente, algunas plantas de tratamiento aprovechan los materiales de las escombreras relacionadas con la extracción de granito ornamental.





FOTO N° 5.- Cantera de granito en los montes comunales de Mos, relacionada con la escombrera (4-11-8-2)

- Arenas graníticas o xabres. Son alteraciones del granito en superficie, pudiendo llegar a sobrepasar en ocasiones los 10-12 m. de profundidad.

Dejan muy poco residuo pero las explotaciones afectan bastante al paisaje, encontrándose varios huecos parados o abandonados en los términos de Mos y Puenteareas.

- Arenas refractarias. El Valle de Porriño es el principal productor de la provincia de Pontevedra; es una extensa depresión rellena por arcillas miocenas, con notable porcentaje de caolín.

El volumen de residuos debido a las explotaciones es pequeño. Se deben considerar los grandes huecos debidos a las mismas, algunos de los cuales se llenan total o parcialmente de agua. En cambio, los volúmenes de stocks correspondientes a alguna cerámica parada y en vías de abandono son más importantes.

#### 6.1.5.- Zona de la Guardia - Tuy (GT)

Análogamente a la zona de Porriño, las estructuras residuales se relacionan con los siguientes tipos de minería:

- Granito ornamental. Este granito de color gris claro, se comercializa con el nombre de Albero. Los residuos son bloques de granito y una pequeña proporción de tierras de recubrimiento.

- Arcillas refractarias. Similares a las de Porriño con variable contenido en caolín. Los residuos más importantes se encuentran en el paraje turístico de Santa Tecla, correspondientes a cantera y cerámica ya abandonadas. El aspecto actual de la cantera puede verse en la fotografía nº 6.

- Aridos naturales. Son arenas y gravas aluviales procedentes de la erosión fluvial, principalmente de los macizos graníticos, que se explotan en el Valle del Miño. Dan lugar a huecos en el terreno que son utilizados en algún caso como balsa para decantar los finos de lavado.

#### 6.1.6.- Otros Centros

Son explotaciones o industrias de diversos tipos de minería, situadas en los municipios siguientes:

- Catoira. Se ha inventariado una balsa (4-9-2-4), en la margen izquierda del río Ulla, correspondiente a una fábrica de mosaicos.

- Caldas de Reyes. Una escombrera correspondiente a una cantera de granito ornamental.

- Vilaboa. Dos escombreras de dos canteras de granito para áridos.

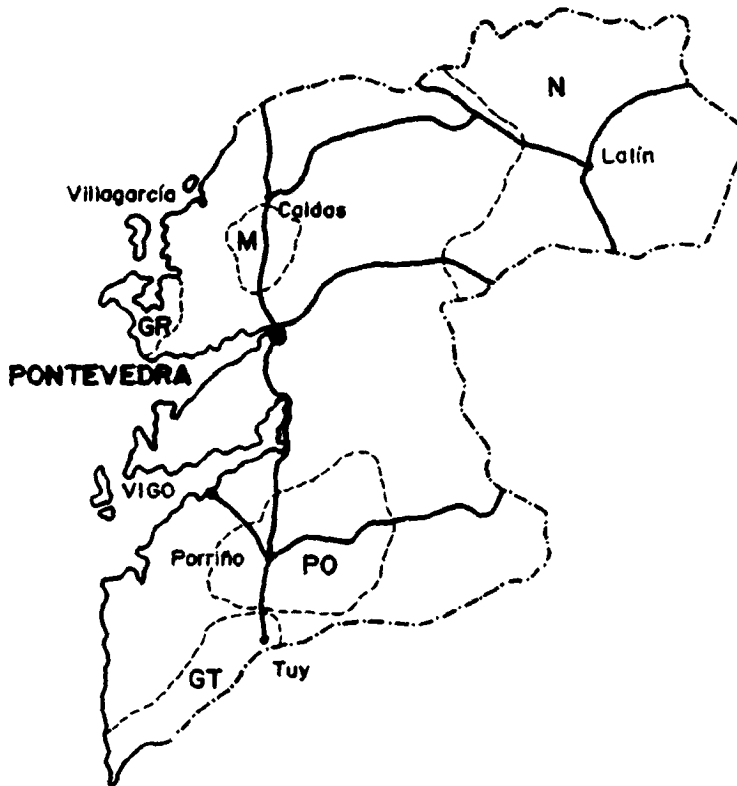


FOTO N° 6.- Explotación de arcilla abandonada en el paraje turístico del Monte de Santa Tecla.

- Moaña. Existen varias canteras donde se explotan áridos de escollera, empleados para relleno de obras portuarias. Su régimen es intermitente dependiendo su utilización de la demanda.

- Vigo. Una cantera de xabre abandonada cuyos materiales se emplearon para las obras de carretera N-550.

- N — Zona Norte
- M — Zona de Mosteiro - Meis
- GR — Zona de El Greve
- PO — Zona de Porrifeo
- GT — Zona de La Guardia - Tuy



**ZONACION MINERA**

## 6.2.- RESUMEN ESTADISTICO

6.2.1.- Por tipo de Minería

MINERIA	Nº DE ESTRUCTURAS					
	EN FICHA			EN LISTADO		
	BALSA	ESCOMB.	MIXTA	BALSA	ESCOMB.	MIXTA
Granito Ornamental	1	59	-	1	86	-
Granito para áridos	1	15	2	8	40	2
Arcillas refractarias y Caolin	1	11	-	1	25	-
Serpentina para áridos	3	4	-	3	12	-
Granito para mampostería	-	5	-	-	7	-
Arenas graníticas (xabres)	-	5	-	-	10	-
Pizarras y exquistos para áridos	1	3	-	1	4	-
Estaño -Wolfram	-	3	-	-	6	-
Cuarzo	-	2	-	-	2	-
Aridos naturales	1	-	-	1	2	-
Otros minerales no metálicos	1	-	-	1	-	-
TOTAL.....	9	107	2	16	194	2

Nº de estructuras en ficha: 118

Nº de estructuras en listado: 212

6.2.2.- Por tipo de ESTRUCTURA

	<u>Nº de Estructuras</u>	<u>(%)</u>
Escombreras	107	90,7
Balsas	9	7,6
Mixtas	<u>2</u>	<u>1,7</u>
	118	100,0

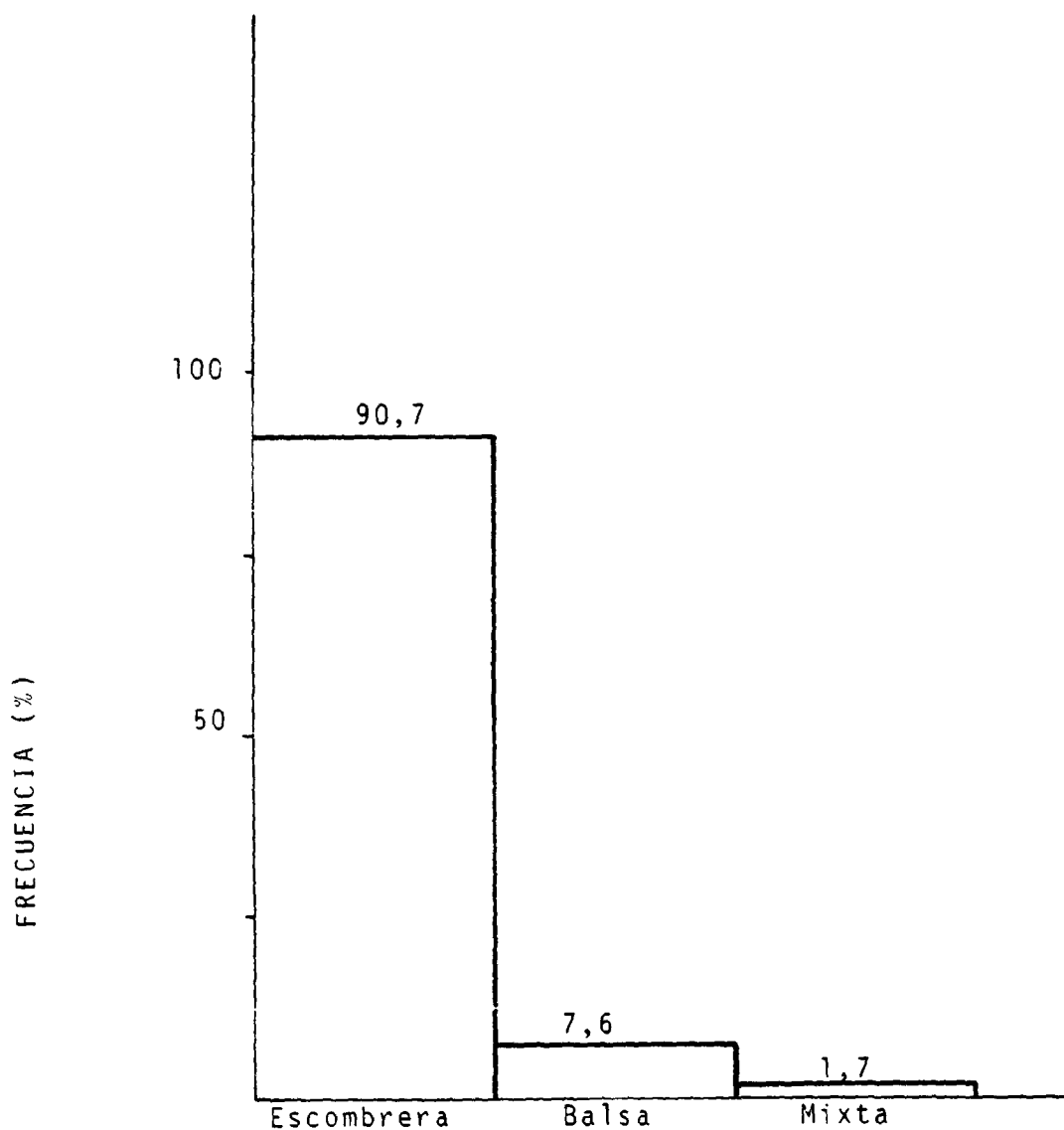


FIGURA Nº 7



6.2.3.- Por SITUACION

90.

	Escombreras	Balsas	Mixtas	TOTAL	%
Activas	57	9	1	67	56,8
Paradas	24	-	-	24	20,3
Abandonadas	26	-	1	27	22,9
	107	9	2	118	100,0

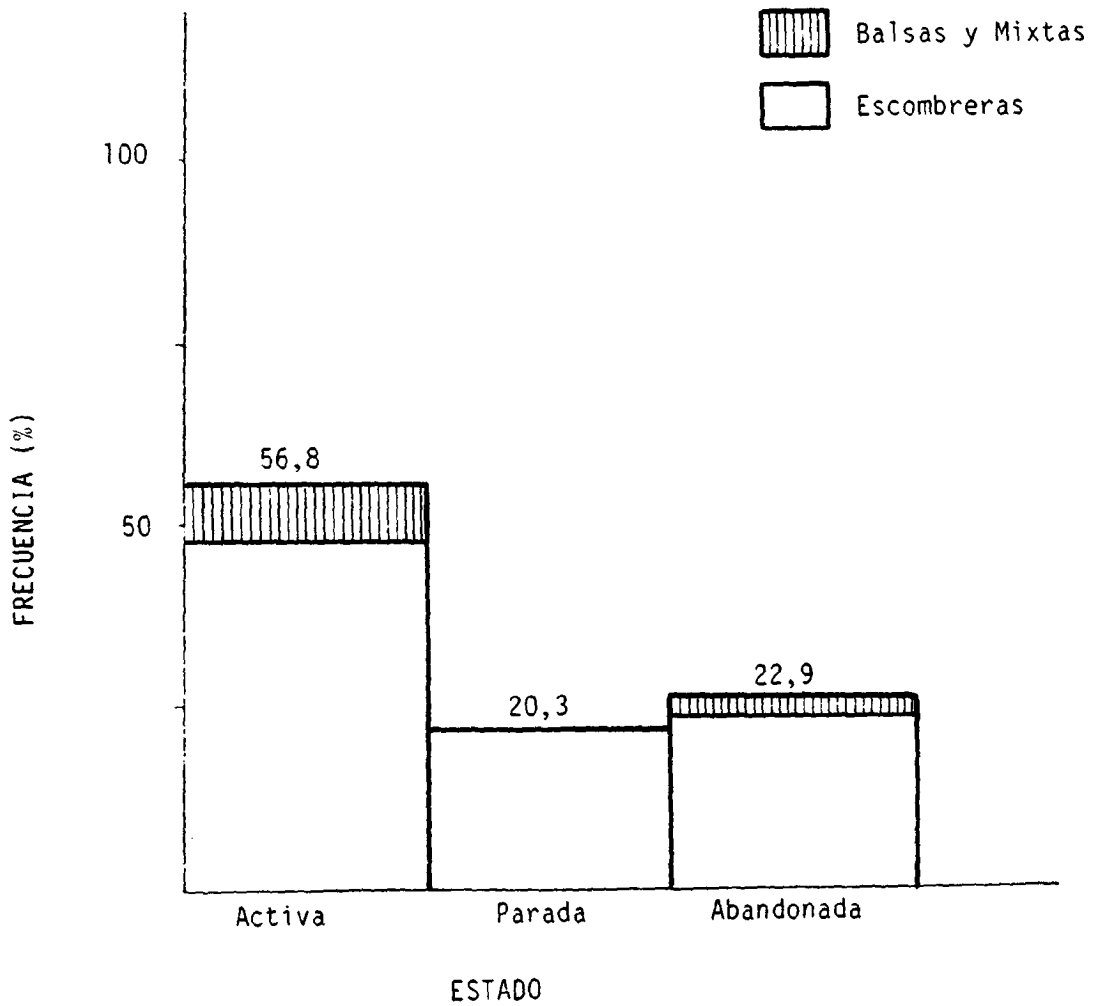


FIGURA N° 8

6.2.4.- Por TIPOLOGIA

	Escombreras	Balsas	Mixtas	TOTAL	%
Ladera	80	1	2	83	70,3
Ladera-Llano	9	1	-	10	8,5
Llano	15	7	-	22	18,6
Vaguada	2	-	-	2	1,7
Relleno de corta	1	-	-	1	0,9
	107	9	2	118	100,0

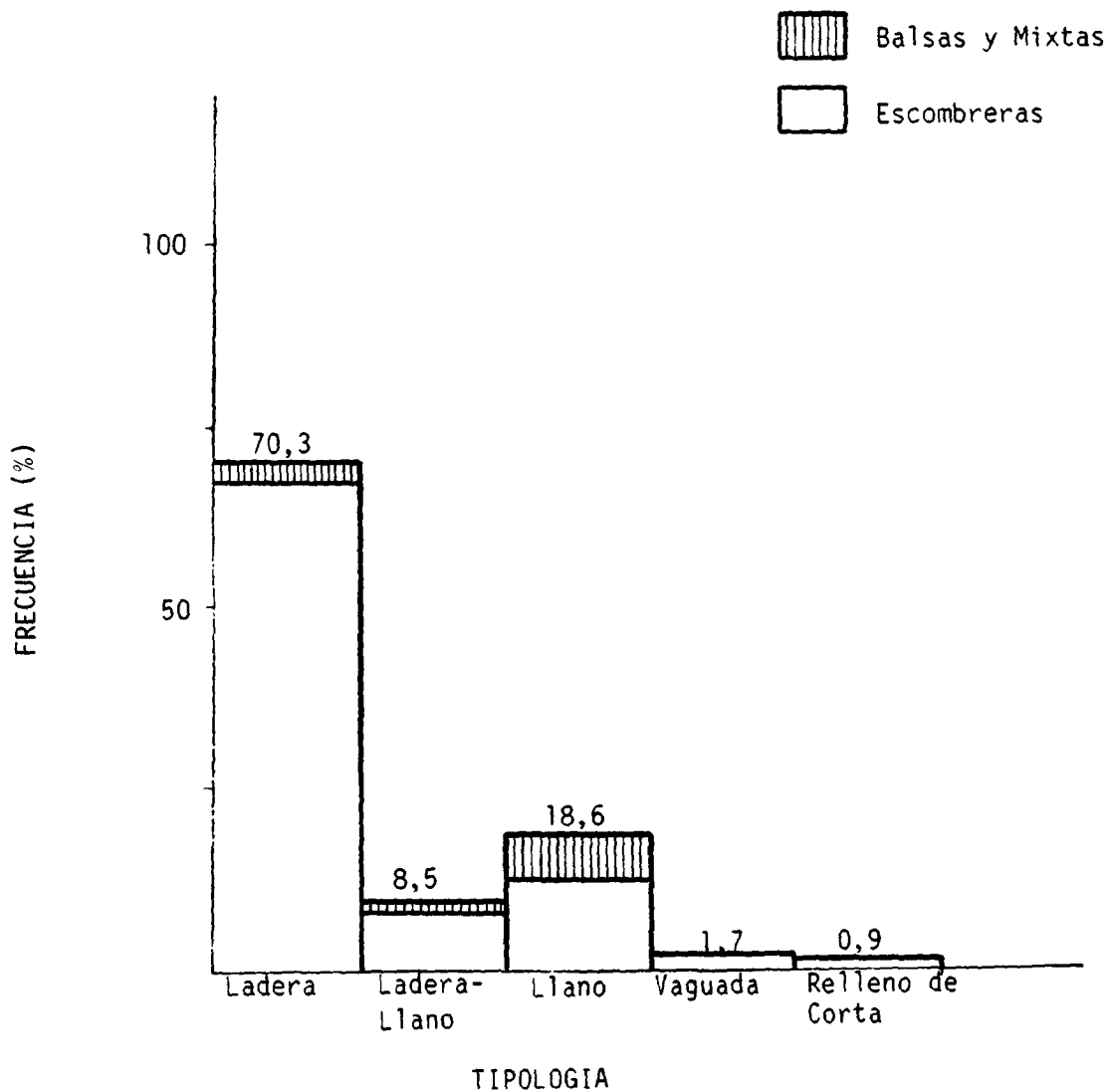


FIGURA Nº 9

	Escombreras	Balsas	Mixtas	TOTAL	%
< 5.000	85	5	-	90	76,3
5.001 - 10.000	14	3	1	18	15,3
10.001 - 20.000	4	1	-	5	4,2
20.001 - 50.000	3	-	1	4	3,4
> 50.000	1	-	-	1	0,8
	107	9	2	118	100,0

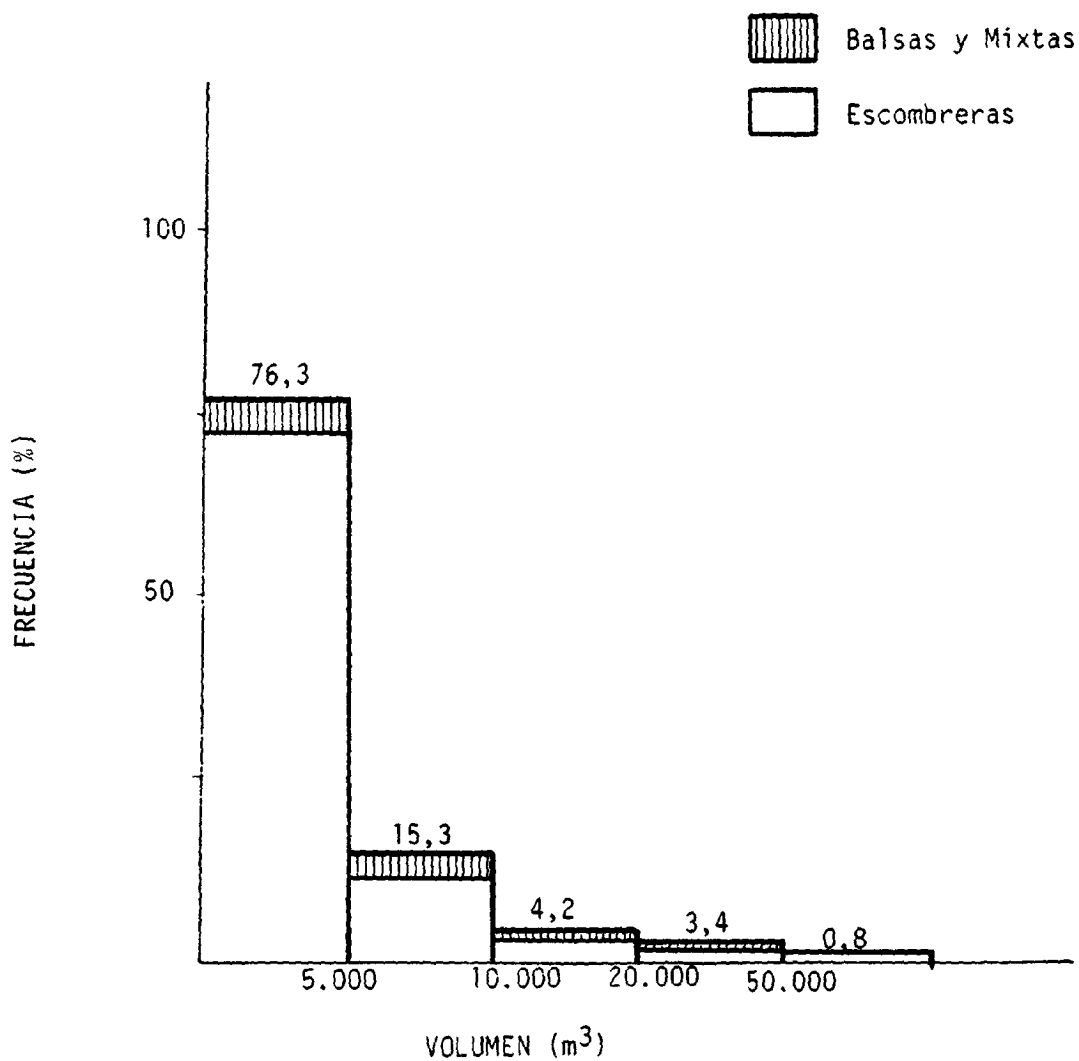


FIGURA N° 10

6.2.6.- Por ALTURA (m)

	Escombreras	Balsas	Mixtas	TOTAL	%
< 5	26	9	-	35	29,7
6 - 10	56	-	1	57	48,3
11 - 15	19	-	-	19	16,1
16 - 20	4	-	1	5	4,2
> 20	2	-	-	2	1,7
	107	9	2	118	100,0

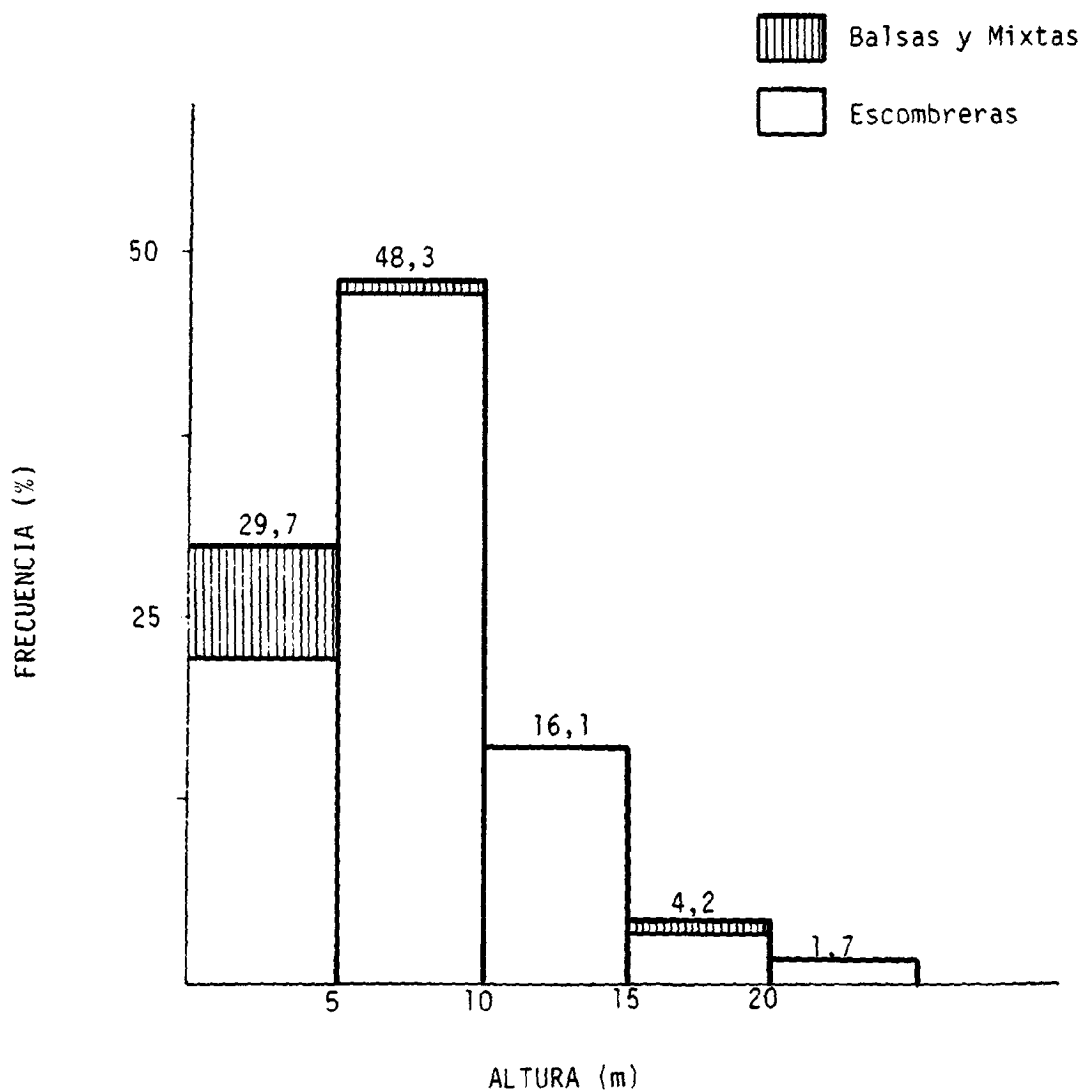


FIGURA N° 11

	Escombreras	Balsas	Mixtas	TOTAL	%
Pala	76	-	-	76	64,4
Volquete	17	-	1	18	15,3
Volquete-Pala	13	1	1	15	12,7
Canal	-	4	-	4	3,4
Tuberia	-	4	-	4	3,4
Manual	1	-	-	1	0,8
	107	9	2	118	100,0

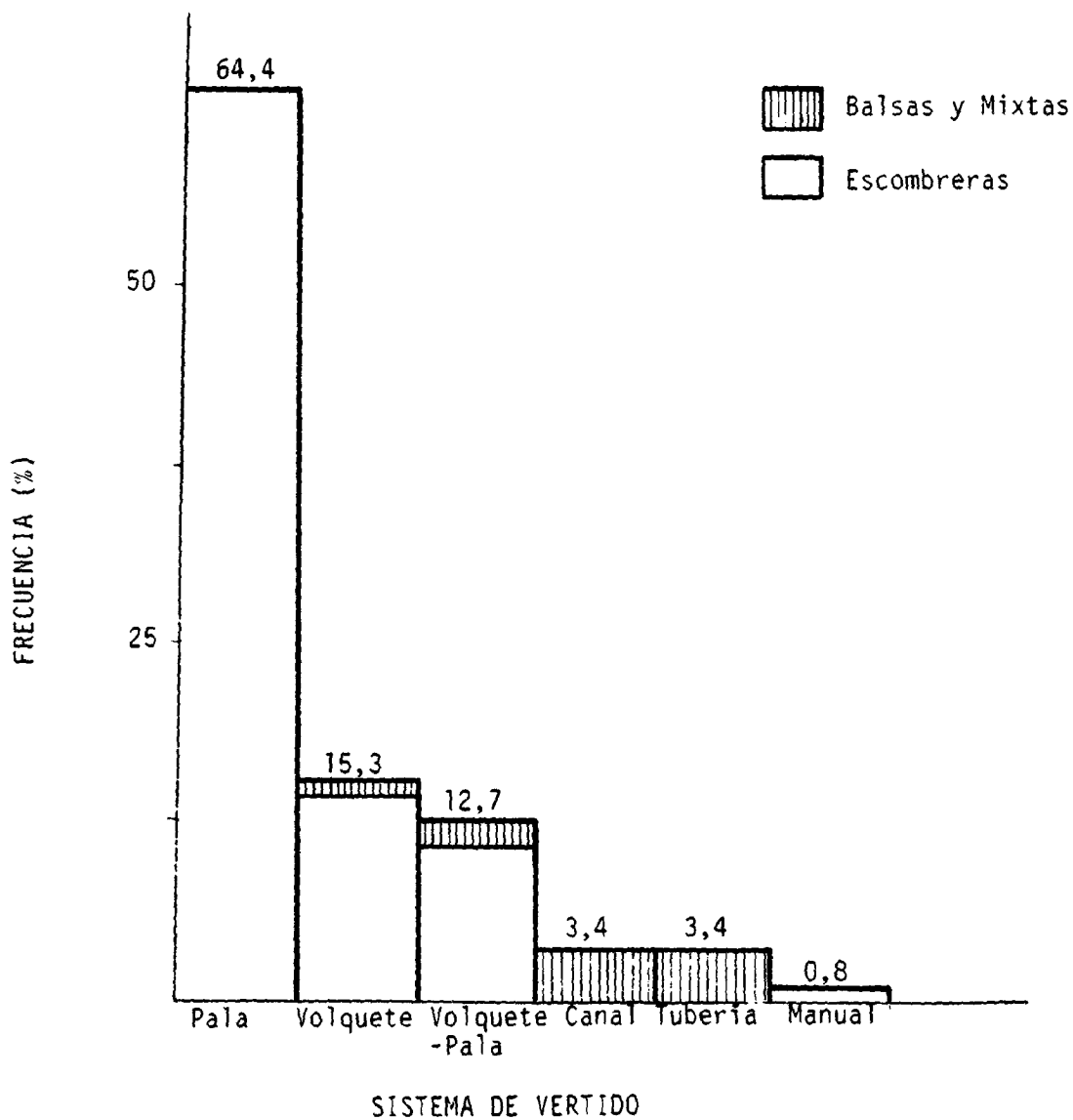


FIGURA N° 12

### 6.3.- CARACTERISTICAS GENERALES

En este apartado se exponen las características más importantes de las estructuras residuales mineras, cuyos datos estadísticos se acaban de expresar, respecto a los factores que definen la incidencia en el entorno en que se encuentran ubicados, como son su posible inestabilidad y su impacto ambiental.

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.

Condiciona factores tan importantes como su alterabilidad (y posibilidad de adaptación natural del entorno), posible cultivo, agrícola o forestal y, sobre todo, la capacidad de contaminación eólica y/o pluvial, que es uno de los factores más negativos, de acción prolongada y difícil 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.

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

- Granito para mampostería y ornamental. Contienen granitos de baja calidad o restos producidos al cuadrar bloques, mezclados a veces con una proporción variable de tierras de recubrimiento.

- Arenas graníticas, (xabres), áridos naturales, granitos, serpentinas y pizarras para áridos. A las tierras de recubrimiento y materiales propios de las sustancias que se explotan, hay que añadir los finos de lavado, que en muchos casos constituyen la mayor proporción o la totalidad de los residuos.

- Arcillas refractarias y caolín. Las escombreras contienen los suelos areno-arcillosos del recubrimiento y residuos cerámicos procedentes de las fábricas. A veces están constituidos por stocks de arcilla abandonados.

- Estaño-Wolfram. La litología de las escombreras está formada por tamaños de cuarzo procedentes del filón o roca de caja.

- Cuarzo. Se han inventariado dos escombreras formadas por tierras de recubrimiento y algún bloque de cuarzo de baja calidad.

### Color

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, ocres, etc., de las zonas menos vegetadas.

Los colores impactantes de las estructuras residuales de esta provincia son, fundamentalmente, los siguientes:



FOTO N<sup>o</sup> 7.- Vista general del conjunto de explotaciones de granito de Porriño: ejemplo claro de degradación del paisaje debido principalmente al color.



- Tonos claros, en las escombreras de granito en la que aparece mineral fresco. En la fotografía nº 7 puede verse el efecto causado por el color de este tipo de escombreras. 98.

- Tonos marrones, más o menos claros, en las escombreras de arcilla, bien relacionados con este tipo de minería, o constituidas por los materiales procedentes de las monteras y suelos de meteorización, las cuales tienden a admitir vegetación natural e integración en el entorno, con lo que el impacto es más por la morfología que por el color.

- Tonos oscuros, en las escombreras relacionadas con la extracción de serpentinas o pizarras para áridos.

#### Tipo de estructura

En la provincia de Pontevedra, la mayoría de las estructuras de vertidos está relacionada con la explotación de rocas y minerales industriales.

Se ha realizado ficha-inventario de dos estructuras mixtas y seis balsas, todas ellas con finos de lavado de áridos. En algunos casos las balsas son huecos hechos en el terreno que sirven para decantar los lodos, que son posteriormente enviados a una escombrera o quedan como relleno definitivo. También se ha realizado ficha de otras tres balsas, correspondientes a un aserradero de granito, una fábrica de mosaicos y una explotación de arcilla.

En la figura nº 7 se muestra la distribución porcentual según el tipo de estructura.

### Estado

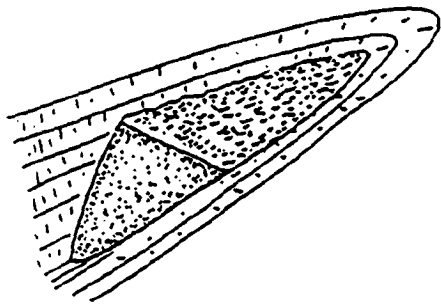
Sobre el estado de las estructuras, sólo se ha de indicar que las señaladas como "paradas" corresponden a explotaciones intermitentes, o bien a explotaciones activas que poseen alguna estructura en la que actualmente no se vierte. En la figura nº 8 aparece el correspondiente diagrama de distribución.

### Tipología

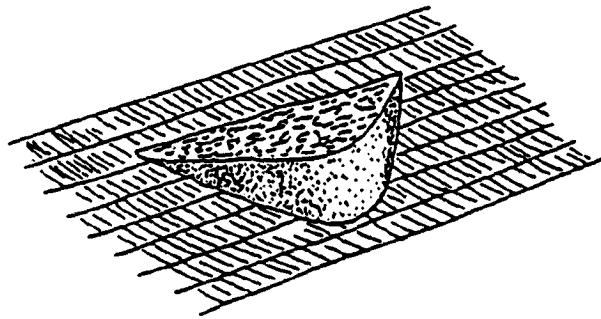
La tipología de las estructuras mineras es un factor fundamental condicionante de su estabilidad, así como su posible impacto ambiental por su visibilidad y contaminación de acuíferos superficiales.

La tipología general de las escombreras y balsas se recoge en las figuras nºs. 13 y 14, y pueden verse incrementadas por mezclas de estos tipos elementales.

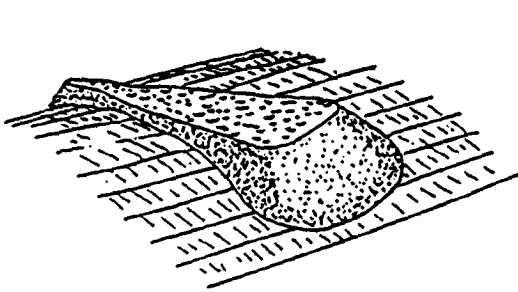
En la provincia de Pontevedra, el 70,3% de las estructuras en ficha-inventario corresponden al tipo de ladera, un 18,6% se sitúan en terreno prácticamente llano y sólo un 1,7% ocupan una vaguada. Un 8,5% aparecen como una combinación de ladera y llano, ya que están situadas en terrenos que tienen muy poca pendiente, o bien ocupan la parte inferior de una ladera y van invadiendo la llanura que hay a continuación mediante recrecimientos sucesivos. Ver figura nº 9.



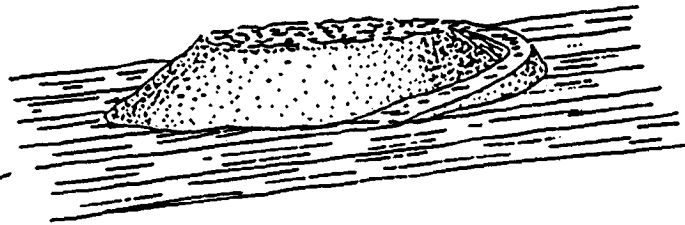
EN VAGUADA



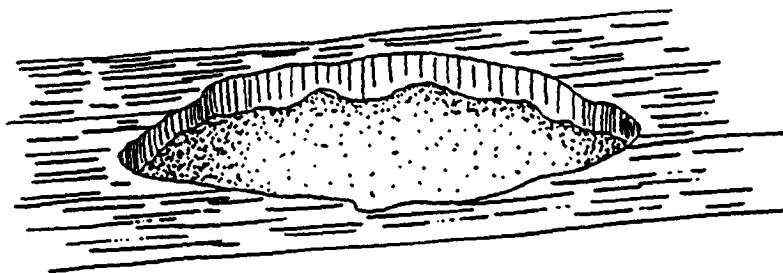
EN LADERA



EN DIVISORIA



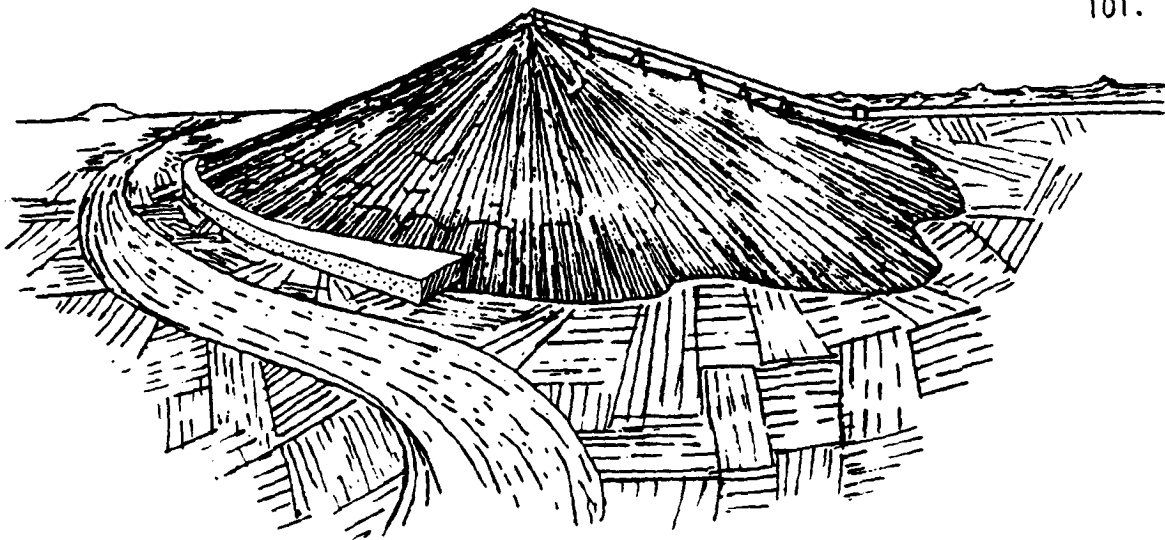
EN LLANO



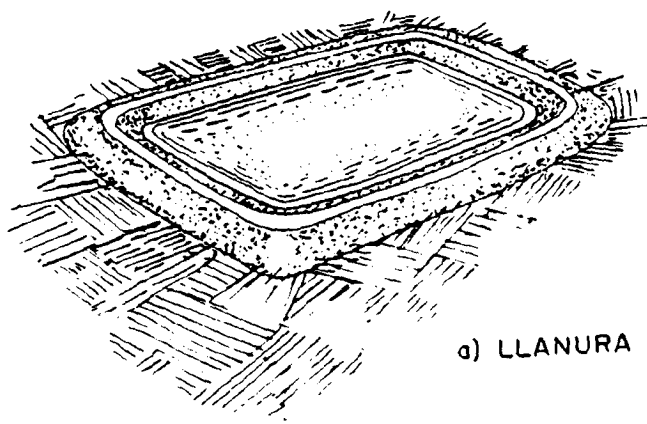
RELLENO DE CORTA

FIGURA Nº 13: TIPOLOGIA DE ESCOMBRERAS

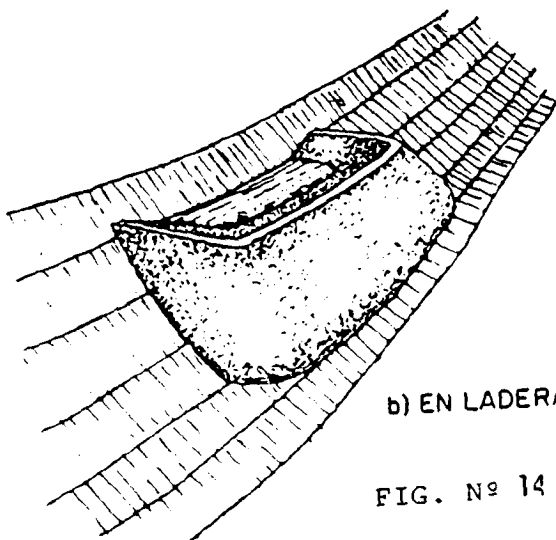
FUENTE: IGME. Manual de escombreras y presas de residuos mineros.1986.



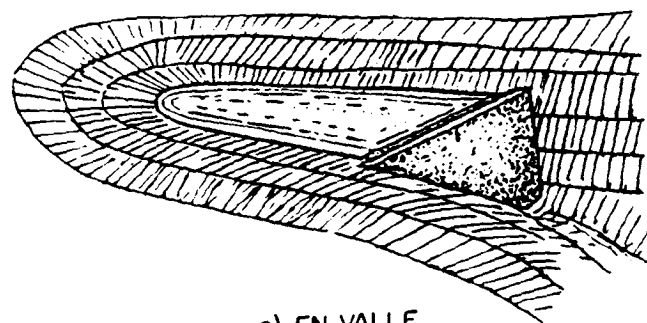
DESCARGA ESPESADA



a) LLANURA



b) EN LADERA



c) EN VALLE

FIG. Nº 14 : TIPOLOGIA DE BALSAS

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

### Volumen

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

Según la figura nº 10, en la provincia de Pontevedra predominan las estructuras pequeñas y medianas, pues un 19,5% tiene un volumen comprendido entre 5.000 y 20.000 m, y un 76,3% tiene menos de 5.000 m. Solo un 4,2% presenta un volumen mayor de 20.000 m, siendo el de una de éstas (0,8 del total), mayor de 100.000 m, con-



FCTO N° 8.- Escombrera (3-12-4-3) de la zona de Porriño, de más de 100.000 m<sup>3</sup>, formada por bloques de granito y tierras.

cretamente la (3-12-4-3) que aparece en la fotografía nº 8.

### Altura

El nivel tensional en cada punto del talud de una estructura, proporcional a su altura, es otro factor condicionante de su estabilidad que obliga aumentos proporcionales de su coeficiente de seguridad.

Si se atiende a la figura nº 11, en la provincia de Pontevedra predominan las estructuras de baja altura, un 78% tienen menos de 10 metros de altura, aunque también existe de altura media (un 20,3% entre 11 y 20 metros) y altas (un 5,9% mayores de 20 metros), aunque estas últimas son debidas en algunos casos más a la topografía accidentada que a la importancia de la estructura.

### 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 tanto con la cohesión y permeabilidad y, en definitiva, con los parámetros resistentes de las estructuras residuales.

Según la figura nº 12, en el 79,7% de los casos el vertido se ha realizado o se realiza con pala o volquete, empleándose ambos sistemas en el 17,7%. Los sistemas de canal y tubería se han empleado en las balsas inventariadas.

## 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 mineras.

La producción de accidentes graves recuerda constantemente que el factor negativo fundamental a considerar es la posible inestabilidad que, con el volumen a que afecte, dará una idea de la magnitud de las posibles consecuencias del colapso.

Los criterios para obtener un diagnóstico objetivo fueron analizados en el capítulo de Metodología, por lo que en este se referirán exclusivamente las FORMAS de inestabilidad observadas en las estructuras inventariadas en la provincia de Pontevedra, 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

### a) Balsas y Estructuras Mixtas

Las balsas no presentan problemas de estabilidad ya que, o bien son huecos realizados en el terreno, o bien son de poca profundidad y con un muro de muy poca altura que puede ser fácilmente controlado.

Asimismo, de las dos estructuras mixtas inventariadas solo la (6-8-5-2) presenta cárcavas y alguna surgencia, pero el muro no tiene más de dos metros de altura.

### b) Escombreras

En conjunto presentan buenas condiciones de estabilidad, pues de las 107 escombreras con ficha-inventario, 96 se califican con estabilidad alta (90%), 10 con estabilidad media (9%) y 1 con estabilidad baja. Esta última corresponde a la escombrera (4-11 - 8-12) situada en un cauce intermitente, por lo que presenta deslizamientos a pesar de haber sido colocada en su parte inferior una tubería con objeto de drenar el agua y evitar el represamiento del cauce.

La distribución porcentual de los problemas observados en el conjunto de escombreras considerado es la siguiente:



Erosión superficial .....	17,8 %
Cárcavas .....	13,1 %
Deslizamientos locales .....	9,3 %
Socavación mecánica .....	6,5 %
Grietas .....	3,7 %
Deslizamientos generales .....	1,9 %
Socavación de pie .....	0,9 %

La erosión superficial, aparte de la de carácter laminar que casi siempre existe, se manifiesta en las escombreras, o zonas de las escombreras, con acumulación de finos, y se traduce en incisiones lineales que en ocasiones progresan en profundidad y dan lugar a cárcavas.

Las grietas se relacionan algunas veces con la socavación mecánica del pie del talud, al estar recuperándose la estructura por una u otra razón. Al progresar ésta socavación, da lugar a deslizamientos locales que generalmente no afectan a volúmenes importantes.

## 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.

Parece evidente que es necesario tender hacia un equilibrio entre el aprovechamiento de recursos y de la propia conservación de la naturaleza, en un juego en el que interviene la técnica, la economía y la ecología.

De forma general se puede definir el impacto ambiental como la alteración positiva o negativa, que se produce en el medio ambiente o alguno de sus componentes como consecuencia de llevar

a cabo un proyecto o actividad humana, admitiendo una valoración en función del valor del recurso en cuestión. El fin primordial de las evaluaciones del impacto ambiental es la previsión de distintas alternativas de un proyecto o de sus fases, y se pueden considerar tanto impactos parciales como globales.

## 8.2.- EVALUACION GLOBAL DEL IMPACTO

La incidencia de las estructuras mineras y mineroindustriales sobre el entorno da lugar a una serie de alteraciones ambientales como son las siguientes:

### a) Impacto visual y degradación del paisaje

El impacto visual puede suponer la pérdida de perspectiva, del horizonte o de la armonía, equilibrio, color y vistosidad de lo natural. Esta típica alteración provocada por las estructuras de almacenamiento de residuos se asocia a su localización, volumen, topografía de la zona y contraste de colores con el medio circundante. Para su evaluación, a pesar del grado de subjetividad del impacto, se ha efectuado una estimación basada en el grado de visibilidad y en la propia naturaleza del paisaje.

### b) Contaminación atmosférica

La contaminación atmosférica está generada por la liberación

de polvo y gases. La importancia del polvo y los gases o humos está ligada a la climatología local, a la velocidad y dirección dominante de los vientos y al tamaño y naturaleza de los vertidos.

Los depósitos de materiales finos pueden movilizarse por efecto de corrientes de aire con velocidad suficiente, a su vez esta movilización viene regida por otra serie de factores como son dirección y velocidad del viento, humedad, precipitaciones, temperatura del suelo y la propia estación del año.

Los agentes gaseosos contaminantes más importantes son el dióxido de carbono, el monóxido de carbono, los óxidos de nitrógeno y los compuestos de azufre. Entre estos últimos destaca el anhídrido sulfuroso que, por hidratación se incorpora al agua de lluvia en forma de ácido sulfúrico, con efectos corrosivos e inhibidor de la vegetación (lluvia ácida).

Respecto a los gases nocivos, pueden servir de orientación los límites siguientes para la adopción de medidas correctoras:

- Para la vegetación

$\text{NO}_x$  < 20 ppm

$\text{SO}_2$  < 0,002 %

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

- Para las personas

CO < 0,01 %

CO<sub>2</sub> < 4 %

SH<sub>2</sub> < 0,01 %

SO<sub>2</sub> < 0,001%

c) Contaminación superficial

Puede presentarse por el arrastre de materiales o por la disolución o suspensión de ciertos elementos en las aguas superficiales. En el primer caso las aguas de lluvia producen efectos erosivos, que en ciertos casos pueden llevar a movilizar grandes cantidades de finos, además del efecto negativo sobre la estabilidad de las estructuras.

La contaminación de las aguas superficiales está en relación con la ubicación de los residuos y con su propia naturaleza. En la provincia de Pontevedra este problema puede presentarse en aquellas pocas estructuras que se encuentran situadas cerca del efecto de cauces y arroyos. En las balsas tampoco existen arrastres mayoritarios de partículas por la progresiva cementación que sufren y tampoco existe contaminación de reactivos químicos.

d) Contaminación de acuíferos subterráneos

El grado de contaminación de los acuíferos subterráneos viene

condicionado por la disolución de contaminantes y por la permeabilidad del terreno.

Respecto a la disolución de contaminantes, en general, el problema se suele presentar en el caso de las balsas de estériles, agravado cuando la implantación se realice en zonas de alta permeabilidad. La disolución de contaminantes en las escombreras, que es función de la solubilidad y de la granulometría de los estériles será generalmente de mucha menor envergadura, sin que ello quiera decir que estas estructuras no presenten posibles focos de contaminación.

Citamos a continuación las reglamentaciones y 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, 1986.

A este respecto, el Decreto 2.414/1961 de 30 de Noviembre (B.O.E. de 7 de Diciembre) regulaba los límites de toxicidad de las aguas a verter en 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.

## CUADRO Nº 4

## CONCENTRACIONES MAXIMAS TOLERABLES EN AGUAS

DE CONSUMO PUBLICO EN ESPAÑA  
(B.O.E., 7 de Diciembre de 1.981)

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

El Reglamento del Dominio Público Hidráulico (Real Decreto 849/1986 de 11 de Abril) que desarrolla los Títulos Preliminar, I, IV, V, VI y VII de la Ley 29/1985 de 2 de Agosto, de Aguas, señala que los vertidos autorizados conforme a lo dispuesto en los artículos 92 y siguientes de la Ley de Aguas se gravarán con un canon destinado a la protección y mejora del medio receptor de cada cuenca hidrográfica.

La Tabla 1 indica los parámetros característicos que se deben considerar, como mínimo, en la estima del tratamiento del vertido.

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 o 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.



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
Níquel (mg/l) .....	(H)	10	3	2
Mercurio (mg/l) .....	(H)	0,1	0,05	0,05
Plomo (mg/l) .....	(H)	0,5	0,2	0,2
Selenio (mg/l) .....	(H)	0,1	0,03	0,03
Estañio (mg/l) .....	(H)	10	10	10
Cobre (mg/l) .....	(H)	10	0,5	0,2
Cinc (mg/l) .....	(H)	20	10	3
Tóxicos metálicos	(J)	3	3	3
Cianuros (mg/l) .....	-	1	0,5	0,5
Cloruros (mg/l) .....	-	2.000	2.000	2.000
Sulfuros (mg/l) .....	-	2	1	1
Sulfitos (mg/l) .....	-	2	1	1
Sulfatos (mg/l) .....	-	2.000	2.000	2.000
Fluoruros (mg/l) .....	-	12	8	6
Fósforo total (mg/l) .....	(K)	20	20	10
Ídem .....	(K)	0,5	0,5	0,5
Amoniaco (mg/l) .....	(L)	50	50	15
Nitrógeno nítrico (mg/l) .....	(L)	20	12	10
Aceites y grasas (mg/l) .....	-	40	25	20
Fenoles (mg/l) .....	(M)	1	0,5	0,5
Aldehídos (mg/l) .....	-	2	1	1
Detergentes (mg/l) .....	(N)	6	3	2
Pesticidas (mg/l) .....	(P)	0,05	0,05	0,05

**NOTAS:**

General.-Cuando el caudal vertido sea superior a la décima parte del caudal mínimo circulante por el cauce receptor, las cifras de la tabla 1 podrán reducirse en lo necesario, en cada caso concreto, para adecuar la calidad de las aguas a los usos reales o 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 sifonante de 0,45 micras.

(C) Medidas en cono Imhoff en dos horas.

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

(E) Determinación al bicromato potásico.

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

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

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

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

(I) La suma de las fracciones concentraciones real/límite exigido relativa a los elementos tóxicos (arsénico, cadmio, cromo VI, níquel, mercurio, plomo, selenio, cobre y cinc) no superará el valor 1.

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

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

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

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 que sufren las consecuencias de estos efectos, no los producen.

### 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 ha tratado de evaluar las condiciones de implantación sobre escombreras de diversas zonas. La expresión que más se aproxima adopta la fórmula (IGME, 1982):

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

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

2°) 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 socando 50% del perímetro de la escombrera.

3°) 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:

<u>TIPO DE SUELO</u>	<u>P O T E N C I A</u>				
	< 0,5 a		1,5 a	3,0 a >	
	<u>0,5 m</u>	<u>1,5 m</u>	<u>3,0 m</u>	<u>8,0 m</u>	<u>8,0 m</u>
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:

	<u>TOPOGRAFIA DE IMPLANTACION</u>	<u>VALOR DE</u>
TERRAPLEN	inclinación < 1º	1
	inclinación entre 1º y 5º (< 3%)	0,95
LADERA	inclinación entre 5º y 14º (8 a 25%)	0,90
	inclinación entre 14º y 26º (25 a 50%)	0,70
	inclinación superior a 26º (> 50%)	0,40
VAGUADA	perfil transversal en "v" cerrada (inclinación de laderas > 20º)	0,80
	perfil transversal en "v" abierta (inclinación de laderas < 20º)	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

Por último, la evaluación de la alteración de la red de drenaje superficial se ha hecho con el siguiente criterio:

6º) <u>ALTERACION DE LA RED</u>	<u>VALOR DE <math>\delta</math></u>
. Nula	0
. Ligera	0,2
. Modificación parcial de la escorrentía 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 .....	Optimo para cualquier tipo de escombrera
0,90 a 0,50 .....	Adecuado para escombreras de volumen moderado Tolerable para escombreras de gran volumen
0,50 a 0,30 .....	Tolerable
0,30 a 0,15 .....	Mediocre
0,15 a 0,08 .....	Malo
< 0,08 .....	Inaceptable



CODIGO	FACTOR ECOLOGICO			F. NIVEL FREATICO	F. RESISTENCIA CIMENTO	F. TOPOGRAFICO	F. ENTORNO HUMANO	F. RED DE DRENAJE	EVALUACION			
	Ca	P	I	a	B	φ	γ	δ	SIN FACTOR ECOLOGICO		CON FACTOR ECOLOGICO	
(3-10)-4-3	0,5	0,3	0,8	1	1	0,40	1,2	0	0,33	Tolerable	0,26	Mediocre
(3-10)-4-5	0,5	0,09	0,59	1	1	0,70	1,6	0	0,57	"	0,34	Tolerable
(3-10)-4-6	0,5	0,1	0,6	1	1	0,95	1,6	0	0,92	Optimo	0,55	Adecuado
(3-10)-4-8	0,5	0,4	0,9	1	0,95	0,70	1	0,2	0,61	Adecuado	0,55	"
(3-10)-4-12	0,5	0,2	0,7	1	0,90	0,70	1	0,2	0,57	"	0,40	Tolerable
(3-10)-8-1	0,3	0,2	0,5	1	0,90	0,90	1,2	0	0,77	"	0,39	"
(3-10)-8-3	0,4	0,3	0,7	1	0,90	0,95	1,6	0,2	0,92	Optimo	0,64	Adecuado
(3-10)-8-4	0,4	0,4	0,8	0,7	0,90	1	1,6	0,3	0,82	Tolerable	0,65	Tolerable
(3-12)-2-1	0,5	0,1	0,6	1	1	0,95	1,6	0	0,92	Optimo	0,55	Adecuado
(3-12)-2-4	0,5	0,1	0,6	1	1	0,70	1,6	0,2	0,53	Adecuado	0,32	Tolerable
(3-12)-3-1	0,4	0,5	0,9	1	1	1	1,3	0	1	Optimo	0,9	Optimo
(3-12)-3-2	0,5	0,2	0,7	1	0,90	0,95	1,6	0,2	0,75	Adecuado	0,53	Adecuado
(3-12)-3-3	0,5	0,1	0,6	1	1	1	1,6	0	1	Optimo	0,60	Tolerable
(3-12)-3-5	0,5	0,1	0,6	1	1	0,90	1,6	0,2	0,83	Adecuado	0,50	"
(3-12)-3-7	0,4	0,2	0,6	0,70	0,90	0,90	1,3	0,3	0,50	Tolerable	0,30	"
(3-12)-3-8	0,5	0,2	0,7	1	0,95	0,90	1,1	0,2	0,82	Adecuado	0,57	Tolerable
(3-12)-3-9	0,5	0,3	0,8	1	0,95	0,90	1,6	0	0,78	"	0,62	"
(3-12)-3-12	0,5	0,2	0,7	1	0,95	0,90	1,6	0,2	0,75	"	0,53	"
(3-12)-3-14	0,5	0,3	0,8	1	0,95	0,90	1	0,2	0,83	"	0,67	"
(3-12)-4-1	0,5	0,1	0,6	1	0,85	0,70	1,2	0,2	0,48	Tolerable	0,29	Mediocre
(3-12)-4-2	0,5	0,3	0,8	1	0,85	0,90	1,2	0,0	0,73	Adecuado	0,58	Adecuado
(3-12)-4-3	0,5	0,09	0,59	1	1	0,70	1,3	0,2	0,59	Tolerable	0,34	Tolerable
(3-12)-4-4	0,5	0,1	0,6	1	1	0,70	1,3	0,2	0,59	"	0,35	"
(3-12)-4-5	0,5	0,2	0,7	1	0,85	0,40	2,0	0	0,16	Mediocre	0,11	Malo

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	
(3-12)-4-7	0,5	0,2	0,7	1	0,85	0,90	1,2	0	0,88	Adecuado	0,62	Adecuado
(3-12)-4-8	0,5	0,2	0,7	1	0,90	0,90	1,2	0	0,78	"	0,54	"
(3-12)-4-10	0,5	0,3	0,8	1	0,95	0,90	1,2	0,2	0,80	"	0,64	"
(3-12)-4-11	0,5	0,4	0,9	1	0,85	0,95	1	0,2	0,94	Optimo	0,85	"
(3-12)-4-12	0,5	0,1	0,6	1	0,90	0,70	2,0	0,2	0,36	Tolerable	0,22	Mediocre
(3-12)-4-13	0,5	0,1	0,6	1	0,90	0,70	2,0	0,2	0,36	"	0,22	"
(3-12)-4-14	0,5	0,1	0,6	1	0,95	0,70	2,0	0	0,49	"	0,29	"
(3-12)-4-15	0,5	0,1	0,6	1	0,90	0,70	1,3	0,4	0,46	"	0,27	"
(3-12)-4-16	0,5	0,3	0,8	1	1	0,95	1,1	0	0,95	Optimo	0,76	Adecuado
(3-12)-4-17	0,5	0,2	0,7	1	1	0,70	1,3	0	0,63	Adecuado	0,44	Tolerable
(3-12)-4-19	0,5	0,3	0,8	1	1	0,90	1,3	0	0,87	"	0,70	Adecuado
(3-12)-4-20	0,5	0,2	0,7	1	0,85	0,70	1,2	0,2	0,61	Tolerable	0,42	Tolerable
(3-12)-4-21	0,5	0,3	0,8	1	0,90	0,70	1,3	0	0,55	Adecuado	0,44	"
(3-12)-4-22	0,5	0,1	0,6	1	0,95	0,90	1,2	0	0,88	Tolerable	0,53	"
(3-12)-4-23	0,5	0,3	0,8	1	0,95	0,70	1,2	0	0,65	Adecuado	0,52	"
(3-12)-4-24	0,5	0,2	0,7	1	0,95	0,90	1,2	0	0,88	"	0,62	Adecuado
(3-12)-4-25	0,5	0,3	0,8	1	1	0,70	1,2	0,2	0,61	"	0,49	Tolerable
(3-12)-4-26	0,5	0,2	0,7	1	1	0,40	1,2	0,2	0,28	Mediocre	0,19	Mediocre
(3-12)-4-27	0,5	0,3	0,8	1	1	0,70	1,2	0,2	0,61	Tolerable	0,49	Tolerable
(3-12)-4-28	0,5	0,3	0,8	1	1	0,90	1,3	0	0,87	Adecuado	0,70	Adecuado
(3-12)-4-29	0,5	0,1	0,6	1	1	0,70	1,3	0	0,63	"	0,38	Tolerable
(3-12)-4-30	0,5	0,1	0,6	1	1	0,70	1,2	0	0,65	Adecuado	0,39	"
(3-12)-4-31	0,5	0,1	0,6	1	1	0,70	1,3	0	0,63	"	0,38	"
(3-12)-4-32	0,5	0,3	0,8	1	0,95	0,95	1,3	0	0,88	"	0,7	Adecuado

CODIGO	FACTOR ECOLOGICO			F. NIVEL FREATICO	F. RESISTENCIA CEMENTO	F. TOPOGRAFICO	F. ENTORNO HUMANO	F. RED DE DRENAJE	EVALUACION			
	Ca	P	J	α	β	θ	γ	δ	SIN FACTOR ECOLOGICO		CON FACTOR ECOLOGICO	
(3-12)-4-33	0,5	0,4	0,9	1	1	0,90	1,3	0,2	0,85	Tolerable	0,77	Tolerable
(3-12)-4-34	0,5	0,1	0,6	1	1	0,70	1,2	0	0,65	Adecuado	0,39	Tolerable
(3-12)-4-35	0,5	0,3	0,8	1	1	0,70	1,2	0	0,65	"	0,52	"
(3-12)-4-36	0,5	0,2	0,7	1	0,90	0,70	1,2	0	0,57	"	0,40	"
(3-12)-4-37	0,5	0,2	0,7	1	0,90	0,70	1,3	0	0,55	Tolerable	0,38	"
(3-12)-4-38	0,5	0,3	0,8	1	0,80	0,70	1,2	0	0,50	Adecuado	0,40	"
(3-12)-4-42	0,5	0,1	0,6	1	1	0,70	1,2	0	0,65	"	0,39	"
(3-12)-4-43	0,5	0,3	0,8	1	1	0,70	1,2	0	0,65	"	0,52	Adecuado
(3-12)-4-44	0,5	0,3	0,8	1	1	0,70	1,2	0	0,65	"	0,52	"
(3-12)-4-46	0,5	0,3	0,8	1	0,90	0,70	1,2	0	0,57	Adecuado	0,40	Tolerable
(3-12)-6-1	0,5	0,3	0,8	1	0,90	0,70	1,2	0	0,57	"	0,40	"
(3-13)-5-2	0,5	0,09	0,59	1	1	0,70	1,6	0,3	0,51	Tolerable	0,30	Mediocre
(3-13)-5-3	0,5	0,1	0,6	1	0,95	0,95	1,3	0	0,94	Optimo	0,56	Tolerable
(4-9)-2-2	0,5	0,4	0,9	1	0,90	0,70	1,2	0	0,57	Adecuado	0,52	Adecuado
(4-9)-2-4	0,4	0,3	0,7	0,70	0,70	1	1,7	0	0,38	Tolerable	0,27	Mediocre
(4-9)-6-3	0,5	0,1	0,6	1	0,90	0,90	1,3	0	0,76	Adecuado	0,46	Tolerable
(4-9)-6-4	0,5	0,1	0,6	1	0,90	0,90	1,2	0	0,78	Tolerable	0,47	"
(4-9)-6-7	0,5	0,3	0,8	1	0,90	0,70	1,2	0,2	0,52	Adecuado	0,42	Tolerable
(4-9)-6-9	0,5	0,1	0,6	1	1	0,70	1,3	0,2	0,59	"	0,35	"
(4-9)-6-10	0,5	0,1	0,6	1	0,95	0,70	1,2	0,2	0,61	Tolerable	0,36	"
(4-9)-6-11	0,5	0,1	0,6	1	1	0,70	1,2	0	0,65	Adecuado	0,39	"
(4-9)-6-12	0,5	0,1	0,6	1	1	0,70	1,2	0	0,65	"	0,39	"
(4-9)-6-14	0,5	0,2	0,7	1	0,90	0,70	1,2	0	0,57	"	0,40	"

CODIGO	FACTOR ECOLOGICO			F. NIVEL RELATIVO	F. RESISTENCIA CIMENTADO	F. TOPOGRAFICO	F. ENTORNO HUMANO	F. RED DE DRENAJE	EVALUACION			
	Ca	P	I	$\alpha$	$\beta$	$\theta$	$\eta$	$\delta$	SIN FACTOR ECOLOGICO		CON FACTOR ECOLOGICO	
(4-9)-7-1	0,5	0,2	0,7	1	0,85	0,90	1,6	0,3	0,60	Adecuado	0,42	Tolerable
(4-9)-7-5	0,5	0,4	0,9	1	0,85	0,90	1,2	0	0,88	"	0,79	Adecuado
(4-10)-1-3	0,5	0,2	0,7	1	1	0,95	1,1	0,3	0,93	Optimo	0,67	Adecuado
(4-10)-1-4	0,5	0,2	0,7	1	1	1	1,2	0,3	1	"	0,70	"
(4-10)-7-1	0,5	0,3	0,8	1	0,80	0,70	1,6	0	0,40	Tolerable	0,32	Tolerable
(4-10)-7-3	0,5	0,2	0,7	1	1	0,95	1	0	0,95	Optimo	0,67	Adecuado
(4-11)-3-1	0,5	0,1	0,6	1	0,90	0,70	1,2	0,2	0,52	Tolerable	0,31	Tolerable
(4-11)-6-1	0,5	0,1	0,6	1	0,85	0,95	1,6	0	0,71	Adecuado	0,43	Tolerable
(4-11)-6-2	0,5	0,2	0,7	1	0,90	0,95	1,2	0,2	0,80	Tolerable	0,56	"
(4-11)-7-6	0,5	0,2	0,7	1	0,95	0,95	1,2	0,2	0,93	Optimo	0,65	Adecuado
(4-11)-7-8	0,5	0,3	0,8	1	1	0,40	1,2	0	0,33	Tolerable	0,27	Mediocre
(4-11)-8-1	0,5	0,1	0,6	1	1	0,70	1,2	0,2	0,61	Adecuado	0,36	Tolerable
(4-11)-8-2	0,5	0,3	0,8	1	1	0,70	1,3	0,2	0,59	"	0,47	"
(4-11)-8-3	0,5	0,2	0,7	1	0,90	0,70	1,2	0	0,57	Tolerable	0,40	"
(4-11)-8-5	0,5	0,3	0,8	1	1	0,70	1,2	0	0,65	Adecuado	0,52	Adecuado
(4-11)-8-6	0,5	0,1	0,6	1	1	0,70	1,2	0,2	0,61	"	0,36	Tolerable
(4-11)-8-7	0,5	0,3	0,8	1	1	0,70	1,2	0	0,57	"	0,46	"
(4-11)-8-8	0,5	0,3	0,8	1	0,95	0,70	1	0,2	0,65	"	0,52	"
(4-11)-8-9	0,5	0,2	0,7	1	0,90	0,70	1,2	0	0,57	"	0,40	"
(4-11)-8-10	0,5	0,3	0,8	1	0,90	0,70	1	0,2	0,57	"	0,46	"
(4-11)-8-12	0,4	0,2	0,6	1	0,80	0,60	1,4	0,5	0,25	Mediocre	0,15	Malo
(4-11)-8-13	0,4	0,1	0,5	1	1	0,90	1	0	0,90	Optimo	0,45	Tolerable
(4-11)-8-15	0,5	0,2	0,7	1	1	0,70	1,2	0	0,65	Adecuado	0,46	"
(5-7)-8-1	0,5	0,3	0,8	1	0,90	0,70	1,3	0	0,55	Tolerable	0,44	"

CODIGO	FACTOR ECOLOGICO			F. NIVEL FREATICO	F. RESISTENCIA CUENCO	F. TOPOGRAFICO	F. ENTORNO HUMANO	F. RED DE DRENAJE	EVALUACION			
	Ca	P	I	$\alpha$	$\beta$	$\theta$	$\eta$	$\delta$	SIN FACTOR ECOLOGICO		CON FACTOR ECOLOGICO	
(5-7)-8-2	0,5	0,3	0,8	1	0,90	0,70	1,6	0,2	0,44	Tolerable	0,35	Tolerable
(5-8)-2-1	0,5	0,2	0,7	1	0,95	0,90	1	0	0,86	Adecuado	0,60	Adecuado
(5-8)-2-2	0,5	0,4	0,9	1	0,80	0,90	1	0	0,72	"	0,65	"
(5-8)-3-1	0,4	0,4	0,8	0,7	0,90	0,95	1,7	0	0,42	Tolerable	0,33	Tolerable
(5-8)-3-3	0,5	0,3	0,8	1	0,90	0,90	1,2	0,2	0,74	"	0,60	"
(5-8)-3-6	0,5	0,1	0,6	1	0,80	0,90	1,2	0	0,67	"	0,40	"
(5-8)-3-7	0,4	0,4	0,8	1	1	1	1,2	0	1	Optimo	1	Optimo
(5-8)-3-8	0,4	0,2	0,6	0,7	0,90	1	1,7	0	0,53	Tolerable	0,32	Tolerable
(5-8)-3-11	0,4	0,3	0,7	0,7	0,90	1	1,7	0	0,46	"	0,32	"
(5-8)-4-1	0,5	0,2	0,7	1	0,95	1	1,3	0	0,94	Optimo	0,65	"
(5-8)-7-2	0,4	0,1	0,5	1	0,90	1	1	0,3	0,87	Tolerable	0,44	Tolerable
(5-8)-8-1	0,5	0,1	0,6	1	0,90	0,90	1,7	0,3	0,66	"	0,39	"
(5-8)-8-2	0,5	0,3	0,8	1	0,90	0,90	1,2	0,2	0,74	Adecuado	0,60	Adecuado
(5-9)-7-1	0,5	0,2	0,7	1	0,95	1	1,3	0	0,94	Optimo	0,65	"
(5-9)-7-3	0,5	0,3	0,8	1	0,85	0,70	1,2	0,2	0,48	Tolerable	0,39	Tolerable
(5-9)-8-1	0,5	0,4	0,9	1	0,90	0,70	1	0	0,63	Adecuado	0,57	Adecuado
(5-11)-5-4	0,5	0,2	0,7	1	0,90	0,70	1	0,5	0,79	"	0,56	"
(5-11)-5-5	0,5	0,3	0,8	1	0,90	0,70	1	0,2	0,57	Tolerable	0,46	Tolerable
(5-11)-5-9	0,5	0,1	0,6	1	0,95	1	1,6	0,2	0,91	Optimo	0,55	Adecuado
(5-12)-1-2	0,4	0,2	0,6	0,7	0,85	1	1,2	0	0,58	Tolerable	0,35	Tolerable
(6-8)-5-1	0,3	0,2	0,5	0,7	1	0,90	1	0,2	0,62	Adecuado	0,31	"
(6-8)-5-2	0,5	0,1	0,6	1	0,90	0,70	1,6	0,2	0,43	Tolerable	0,26	Mediocre
(6-8)-5-3	0,5	0,3	0,8	1	0,70	0,90	1	0,2	0,57	"	0,46	Tolerable

La aplicación de los criterios adoptados, recogida en el Cuadro nº 5 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 Pontevedra.

#### 8.4.- CONCLUSIONES

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

<u>Condiciones de Implantación</u>	<u>Sin factor Ecológ.</u>		<u>Con factor Ecológ.</u>	
	<u>Nº Estruct.</u>	<u>%</u>	<u>Nº Estruct.</u>	<u>%</u>
Óptimo	17	14,4	2	1,7
Adecuado	59	50,0	31	26,3
Tolerable	39	33,1	72	61,0
Mediocre	3	2,5	11	9,3
Malo	-	-	2	1,7
	<u>118</u>	<u>100</u>	<u>118</u>	<u>100</u>

A la vista de las estimaciones efectuadas, los valores más bajos de  $Q_e$  se dan en aquellas estructuras que pueden sufrir los efectos de ríos o cursos de agua, o bien presentan problemas de estabilidad y están situadas en la proximidad de carreteras o vías de comunicación, afectando a las mismas.



FOTO N° 9.- Ejemplo del mal emplazamiento correspondiente a la escombrera (4-11-8-12), formada por tierras de recubrimiento y situada en un cauce de agua.

En la fotografía n° 9 puede verse uno de los aspectos de la escombrera (4-11-8-12), situada en un cauce de agua, correspondiéndole por tanto un valor de  $Q_e$  igual a 0,15, una vez considerado el factor ecológico.

De todas formas, se recuerda que los medios empleados en la toma de datos de campo tan importantes como las condiciones geológicas e hidrogeológicas exactas del sustrato y del recubrimiento y de los parámetros geomecánicos de las estructuras, no permiten

más que considerar los resultados expuestos como estimativos. Ello quiere decir que en los casos en que la acumulación de signos de inestabilidad con malas condiciones del sustrato, granulometría desfavorable y volumen almacenado importante, se recomienda, aún con estimación no muy desfavorable, acometer estudios detallados para cuantificar los parámetros resistentes.



## 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



FOTO N° 10.- Planta de áridos para aprovechamiento de los materiales de las escombreras de granito de Porriño, al pie del monte de Budiño.

- a) Tierras de recubrimiento, que en muchos casos se emplean para acondicionar superficies de cultivo, para prácticas de repoblación forestal, ya que en muchas zonas de Galicia la cobertera presenta un espesor escaso o casi nulo.
  
- b) Finos de lavado, que puedan utilizarse como material de relleno, bien de corta como ocurre con la estructura(5-8-7-2), o bien para prácticas de restauración. Fotografía nº 11.

Los residuos de la restante minería (áridos naturales, arenas graníticas, etc.) son francamente reducidos, a excepción de algunos stocks de arcillas, con impacto irrelevante y es de creer que, de emprender alguna práctica de restauración, esta pasaría por el relleno parcial de los huecos creados por la propia explotación, que mediante barreras visuales quedaría oculta.

#### 9.2.- UTILIDAD DEL ESPACIO FISICO OCUPADO

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



FOTO N° 11.- Escombrera (5-8-7-2) formada por finos de lavado y otros materiales, relleno de una corta abandonada en el paraje de Campomarzo.

La orientación que se de a la integración en el entorno de las zonas afectadas por las estructuras residuales mineras, requiere conocer de antemano el uso futuro de los terrenos.

Ciertos tipos de usos, tales como el urbano e industrial, requieren unas características muy específicas en cuanto a morfología, estabilidad, situación, ... que permitan construir con seguridad y coste competitivo.

Esto no ocurre en casos de utilización para zonas verdes, deportivas, agrícolas o forestales, que suelen presentar menos dificultades de cara a su ejecución.

Es pues el tipo de terreno que ocupan las estructuras lo que debe marcar la integración de las mismas.

## 10.- CONSIDERACIONES ESPECIALES EN CASOS SINGULARES

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

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

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

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

#### 10.1.- LAS EXPLOTACIONES DE GRANITO DE LA ZONA DE PORRIÑO

Aunque en un capítulo anterior, se ha considerado una zona de Porriño en sentido amplio en la que se incluían, además del municipio de Porriño, los de Mos, Puenteareas, Salceda de Caselas, etc., aquí solo se va a considerar la concentración de explotaciones ubicadas en los terrenos de las parroquias de Villafria, Atios, Eidos y Budiño (fotografía nº 12) todas ellas en el término de Porriño, donde tiene lugar la extracción de los granitos que comercialmente reciben los nombres de Rosa Dante y Rosa Porriño.

El área considerada, que es de unos 20 Km<sup>2</sup>, presenta una forma estrecha, alargada y semicircular que rodea a un gran macizo granítico en su borde occidental y cuyos límites son los siguientes:

Norte: Carretera Nacional 120

Oeste: Carretera Nacional Tuy - Pontevedra.



FOTO N° 12.- Vista general de las explotaciones de granito del Monte de Budiño.



Este : Arroyo Pozo de Regadoiro - Atios

Sur : Carretera de Porriño a Salceda de Caselas

Desde el punto de vista geológico la zona se sitúa dentro del Marco Paleogeográfico de Galicia Occidental (MATTE Ph. 1968). A grandes rasgos está ocupada por rocas ígneas originadas durante la Orogenia Hercínica.

Las rocas plutónicas del área de Porriño pertenecen a un gran plutón, cuyo centro geográfico se sitúa al Sur de Puenteareas.

Se han diferenciado tres facies diferentes de rocas granulares correspondientes a las variedades conocidas comercialmente como Dante, Rosa Porriño y Rosa Porriño decolorado.

Las facies de granito Rosa Porriño aparecen fundamentalmente en la zona occidental del plutón (Atios, Eidos y Villafria), configurando una banda irregular de 1-2 km. de ancho y contorneando a las facies del granito porfídico Dante.

Las facies del granito Dante afloran en la mitad oriental del plutón (Budiño y N. de Atios). Se diferencia del Rosa Porriño por su carácter porfídico, cuarzo menos abundante, proporción de plagioclasas notablemente mayor y grado de cristalización total de las rocas menos avanzado. Debido a la mayor basicidad, también hay un incremento de la proporción de biotita.

Las facies de granito Rosa Porriño decolorado, aparecen con mayor intensidad en la zona SE bordeando al granito Rosa Porriño. Una de sus características, entre otras, es el tono blanquecino de los cristales de feldespatos.

La red de fracturas de la zona no afecta de manera decisiva a las explotaciones, estando éstas condicionadas por la red de diaclasas, la cual da lugar a la aparición de sólidos de tendencia prismática y piramidal, siendo su tamaño lo suficientemente grande para la obtención de grandes bloques. No es así en la zona sur donde aparece la facies Rosa Porriño decolorada, en la que hay una mayor abundancia de diaclasas, con una densidad tal que es prácticamente imposible la obtención de bloques.

Además de las familias de diaclasas, que afectan decisivamente a la obtención de bloques en las canteras, es necesario resaltar la importancia de la microfisuración, ya que de ella depende: la dirección de avance de las canteras, la extracción de los bloques y su posterior aserrado en tableros.

La microfisuración tiene lugar según dos directrices que forman un ángulo de 80-90° y coinciden con dos direcciones principales regionales de fracturación NO-SE y ENE-OSO. A estas dos direcciones ortogonales de microfisuración, los canteros las conocen bajo el nombre de Norte y Levante.

En determinadas explotaciones del sector, existen áreas recubiertas formadas por arenas arcillosas con cantos recubiertos y arenas gruesas. La potencia de estos recubrimientos oscila entre 0,3 y 2 m., correspondiendo los de mayor potencia a zonas de fractura en las que el granito está muy alterado.

La facies del granito Dante presenta una amplia superficie de macizo rocoso sin recubrimiento.

La zona de mayor recubrimiento y alteración se encuentra situada en el ángulo SE y es de escasa importancia.

Desde el punto de vista de la situación legal, el terreno donde están ubicadas las explotaciones es propiedad del Ayuntamiento de Porriño, por lo que las autorizaciones de ocupación de terrenos municipales pasan por una serie de condiciones impuestas por el propio Municipio, referentes a la duración, canon anual, caducidad de autorización, etc.

Si los terrenos estuvieran incluidos en el catálogo de los de Utilidad Pública, se seguirían las normas del ICONA para autorizar la ocupación.

La producción de los granitos de Porriño junto al total de la provincia, representa entre 70-80% de la producción nacional, lo que pone de manifiesto la importancia que para la economía

del país tiene esta zona productiva, en cuanto a rocas ornamentales se refiere, siendo el granito de más impacto comercial el Rosa Porriño. Esta variedad representó en 1981 (IGME), el 50% del total extraído en la provincia, correspondiente en su totalidad a la zona de Porriño, seguido a gran distancia por la variedad de Meis (Gris Perla) 15%.

Tomando como referencia el mismo año, se señala que el total de explotaciones de esta variedad en bloque, fué de alrededor de 40.000 m<sup>3</sup>, unas 132.000 toneladas aproximadamente, destinándose un 75% a la explotación.

Es importante señalar que el porcentaje de utilidad oscila entre el 16 y el 25%, coeficiente semejante al de otras explotaciones europeas.

El más grave problema que se presenta es el de la ubicación de escombreras, el cual se ve agravado por el gran minifundismo existente.

Dicho minifundismo dá lugar a:

- 1º) Imposibilidad de llevar a cabo una racionalización de los frentes y una mecanización adecuada.
- 2º) Tener que abrir frentes "en corta" en algunas explotaciones,

al llegar el de "ladera" a los límites de la concesión, con el consiguiente aumento de dificultades y costes de extracción.

3º) Pérdida de macizos de explotación debidos a la acumulación de residuos en las canteras.

4º) En aquellas explotaciones situadas en cotas superiores o intermedias, las escombreras quedan muy "colgadas" y situadas en la vertical de la explotación inmediata inferior, por lo que podrían aparecer problemas de seguridad si hubiera desplazamiento o socavaciones del pie del talud, aunque de momento las estructuras aparecen estables debido a la naturaleza y tamaño de los materiales, y estar generalmente en cotas inferiores las de mayor volumen.

También hay que tener en cuenta la ausencia de medidas de seguridad por el empleo incontrolado de voladuras que podría afectar a la estabilidad de las estructuras.

Por último, se debe considerar como afecta al paisaje esta acumulación de canteras y estructuras, al modificar totalmente la morfología y el color de la zona considerada, la cual es muy visible, aún de lejos, al estar constituida por elevaciones del terreno.

## 11.- PROPUESTAS DE ACTUACION

Realizado el inventario de Balsas y Escombreras Mineras de la provincia de Pontevedra, se resumen a continuación las medidas de orden particular o general que sería aconsejable acometer para evitar o paliar los aspectos negativos actuales.

El análisis efectuado en este estudio, necesariamente global y de visu, permite suponer:

- a) El riesgo de daños debido a colapso de estructuras por deslizamiento es pequeño.
- b) La incidencia de las estructuras es de tipo ambiental, fundamentalmente visual, de magnitud alta en muchos casos debido al volumen, o a la proximidad de unas a otras.

Dado que la mayor parte de las estructuras se relacionan con la minería de las rocas industriales, en general, las actuaciones destinadas a minorar su impacto ambiental deben sumarse a las que se emprendan en ese sentido con la propia cantera, con la que forma un todo uno-físico y cuyo impacto en algunos casos, como explotaciones de arcillas, arenas graníticas (xabres),

áridos naturales, etc., es muy superior a la de la escombrera.

Se expresan, a continuación, los aspectos que deben contemplar los proyectos mineros, según la última legislación sobre estructuras residuales mineras. Debe contemplarse, como mínimo:

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

En este sentido se señalan como problemas observados y propuestas de actuación correspondientes, por tipo de minería los siguientes:

a) Explotaciones de granito ornamental

Este subsector está condicionado en sus ubicaciones por las características estructurales y estéticas de los macizos a explotar, y por las especiales circunstancias de dichas ubicacio-

nes (densamente concentradas en zonas pobladas, turísticas y próximas a vías de comunicación y entre sí).

Para paliar el impacto ambiental de estas explotaciones se tienen pocas posibilidades de actuar sobre impactos visuales, ruidos y vibraciones, recomendándose no obstante, las siguientes medidas:

- . Mayor concentración de explotaciones, con el fin de conseguir un nivel de productividad que permita la práctica habitual de medidas de restauración.
- . Empleo de los medios mecánicos apropiados para reducir la producción de polvo, ruido y vibraciones.
- . Separación de las tierras de recubrimiento para cubrir, al menos en parte, las superficies definitivas de las estructuras residuales, con el fin de proceder a su revegetación.
- . Creación de barreras forestales que oculten a la vista en lo posible las superficies frescas de arranque o de materiales residuales.

Respecto a aquellas estructuras relacionadas con aserraderos o instalaciones de elaboración de piezas conteniendo lodos, se recomienda:



- . No verter lodos más o menos diluidos, a cauces o arroyos, adecuando los drenajes a la necesidad de evacuación de agua.
  - . Recuperación total del agua sobrenadante como factor reductor de la contaminación y con vistas a lograr la mayor consistencia posible del residuo.
- b) Explotaciones de áridos naturales, áridos de trituración y arcillas

Son también válidas algunas de las recomendaciones anteriores, a las que se añaden:

- . Ubicación de canteras y plantas de machaqueo alejadas de centros de población y vías de comunicación, con el fin de reducir el número de personas afectadas por los impactos.
- . Repoblación forestal y vegetal de las escombreras formadas por tierras de recubrimiento y arcilla, para disminuir la erosión, impacto visual, aprovechamiento de espacio, etc. En ocasiones ya se produce el crecimiento espontáneo de especies vegetales que integran a los residuos en el medio circundante.
- . En las explotaciones inactivas, dispersión de los residuos rellenando el hueco de la explotación.

- . Atención a la protección de los frentes de arranque abandonados, especialmente en algunas explotaciones de arcilla, para prevenir derrumbes y deslizamientos, así como a la de los perímetros de las canteras contra el posible accidente de personas o animales.

Por último, se recomienda un seguimiento periódico de aquellas estructuras que, por sus características, puedan dar lugar a situaciones conflictivas.

## 12.- RESUMEN Y CONCLUSIONES

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

Los resultados del trabajo del inventario de las estructuras mineras de esta provincia se presentan:

- . Por un lado, 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, en un esquema estructural y evaluaciones minera, geomecánica y ambiental. Se incluye una fotografía de la estructura.
- . Por otro, figura un listado con la situación y descripción más somera de aquellas otras estructuras residuales que, por la menor importancia de su volumen o su incidencia en el entorno, no han merecido un análisis más detallado.

Se pueden resumir los resultados de este estudio en los siguientes puntos:

- . El único tipo de minería activa en la actualidad se relaciona con la explotación de Rocas Industriales, en particular con la extracción de granitos ornamentales en bloques, áridos de trituración (granitos, serpentinas, pizarras y esquistos) y arcillas, aunque la explotación de éstas últimas se lleva a cabo de forma intermitente. Con menor significación en la actividad minera de la provincia se tienen las explotaciones de áridos naturales, algunas de arenas graníticas o "xabres" y una de cuarzo.

La actividad minera abandonada aparece también relacionada con los tipos de minería anteriores y con las explotaciones de Sn-W del NE de la provincia (Silleda-Fontao, Presqueiras, Montes de Testeiro y Coto de Zobra), y de la zona de Portonovo-El Grove (antiguo G<sup>o</sup> M<sup>o</sup> Boliche).

- . Se han realizado 118 fichas-inventario y en el listado figuran un total de 212 estructuras, que representan tanto la minería activa como la parada.
- . Entre las estructuras con ficha-inventario destacan las relacionadas con explotaciones de granitos ornamentales (50,8%), áridos de trituración (24,6%), y arcillas refractarias y caolín (10,2%).

- . El 90,7% de las estructuras anteriores son escombreras. Solamente se han inventariado 9 balsas y 2 estructuras mixtas relacionadas con plantas de machaqueo y clasificación de áridos, arcillas y procesos industriales (un aserradero de granito y una fábrica de mosaicos).
- . Por su situación se pueden agrupar en ACTIVAS (56,8%), PARADAS (20,3%) y ABANDONADAS (22,9%).
- . Por su tipología predominan en LADERA 70,3%, propio de topografía accidentada y LLANO 18,6%. El resto corresponde a los tipos de LADERA-LLANO 8,5%, VAGUADA 1,7% y RELLENO DE CORTA 0,9%.
- . Por el VOLUMEN almacenado se puede decir que son en general pequeñas y medias, puesto que 76,3% tienen menos de 5.000 m<sup>3</sup> de residuos, y 22,9% menos de 50.000 m<sup>3</sup>. Solamente hay una escombrera grande con un volumen aproximado de 100.000 m<sup>3</sup>.
- . Relacionada con el volumen, la ALTURA parece guardar cierta correspondencia con el mismo, pues el 78% tiene menos de 10 m, 20,3% la tiene comprendida entre 10 y 20 m. y solamente un 1,7% tiene más de 20 m.
- . Los sistemas de vertido empleados más frecuentemente son

los de Pala (64,4%), propio de explotaciones de pequeña importancia y escombreras a pie de cantera, y Volquete (15,3%), empleándose una combinación de ambos en un 12,7% de los casos.

- . Se han analizado las condiciones CLÍMICAS de la provincia, por su incidencia sobre la estabilidad e impacto ambiental producido por las estructuras residuales, especialmente las lluvias torrenciales y vientos predominantes fuertes, y se ha constatado que son, en general, positivas, así como las temperaturas medias y extremas e intensidad de vientos dominantes. La pluviosidad total anual es elevada lo cual puede ser negativo para aquellas estructuras con abundancia de elementos finos, al aumentar la erosión superficial y disminuir la cohesión interna, aunque por otro lado, favorece la vegetación espontánea.
- . Se ha comprobado que las condiciones SISMICAS de la provincia, por su posible influencia sobre la estabilidad de las estructuras, son buenas. Toda la provincia está situada en la zona de riesgo sísmico nº V, es decir, bajo (< VI) según la norma sísmorresistente PDS I.
- . Puede decirse que las condiciones generales de estabilidad son buenas, basándose en estimaciones visuales, alejadas de estudio de detalle que engloben los parámetros necesarios para la evaluación numérica oportuna. Los problemas más extendi-

dos se relacionan con fenómenos de erosión, más o menos intensa en aquellos taludes y superficies en los que se dá la presencia de materiales finos, deslizamientos locales y socavación mecánica.

- . Se ha evaluado la implantación de las estructuras con ficha-inventario mediante el índice  $Q_e$ , que engloba la resistencia del terreno, la pendiente, las alteraciones de la red de drenaje y el impacto ecológico así como el riesgo sobre personas, servicios o instalaciones. Predominan las implantaciones adecuadas y tolerables y se aprecian las peores condiciones en aquellas estructuras situadas en las márgenes de cursos de agua, y próximas a zonas habitadas o vías de comunicación.
- . La modalidad de IMPACTO AMBIENTAL más significativa en esta provincia es el visual, propiciado por los colores frescos, destacando que en muchos casos es mayor el producido por los frentes de arranque que por las propias estructuras residuales. En algunos casos son especialmente negativas las circunstancias de proximidad a vías de comunicación y/o centros de población.
- . 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 posibilidades de reutilización de las estructuras, tanto por el valor minero de los materiales almacenados, como por el del espacio físico ocupado.
  
- . Por último se plantean sistemas de actuación, tendentes a reducir la incidencia de las estructuras sobre su entorno.



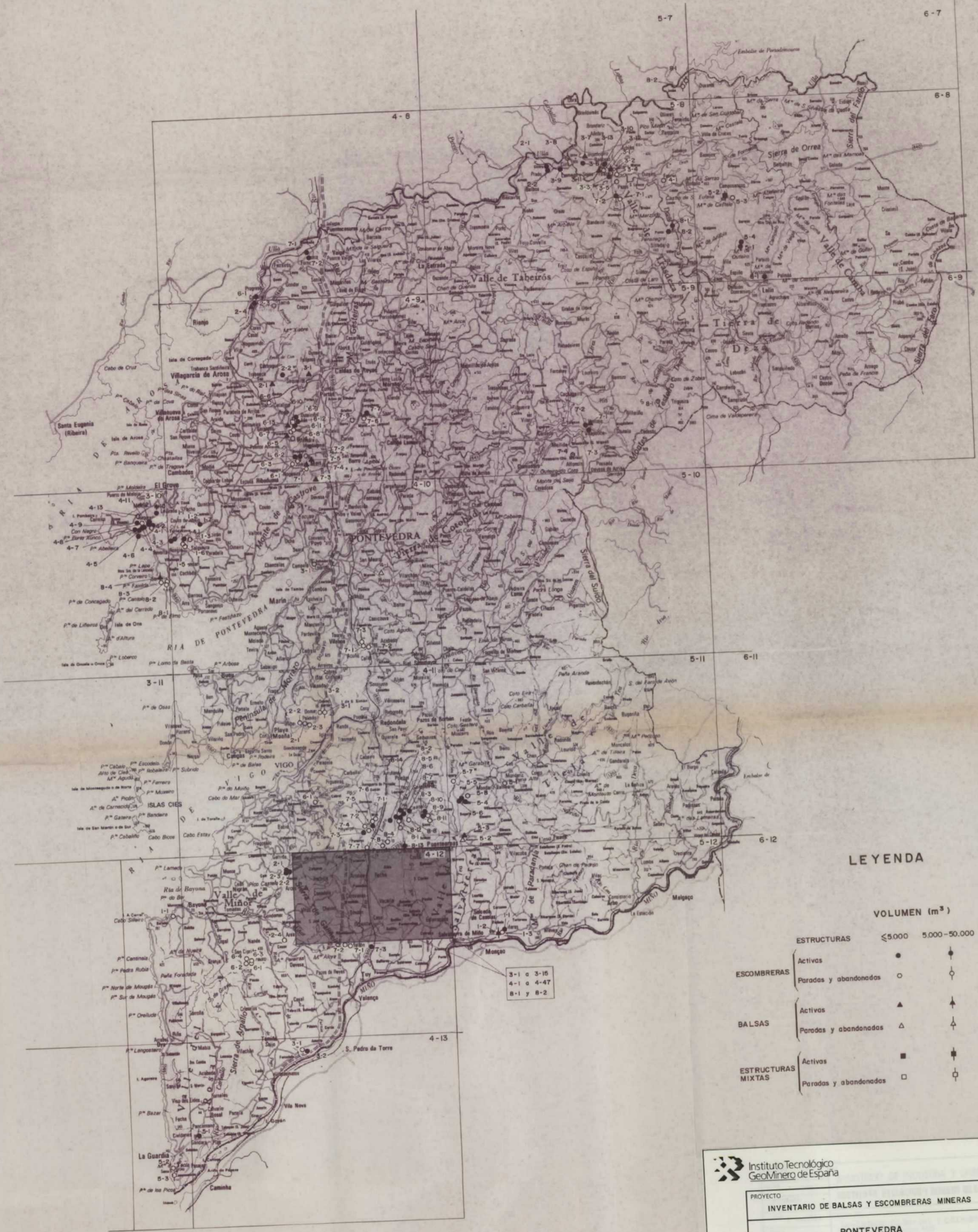
- \* IGME. "Mapa de Rocas Industriales 1:200.000".  
Hojas n<sup>o</sup>s: 8, 16 y 17.
  
- \* IGME. "Inventario Nacional de Balsas y Escombreras Mineras de Galicia".  
Madrid, 1976.
  
- \* IGME. "Proyecto de investigación de los granitos de Tuy-Gondomar, Meis-Villagarcía de Arosa y Porriño-Salceda de Caselas".  
Madrid, 1981.
  
- \* IGME. "Determinación de parámetros geomecánicos con vistas al estudio de estabilidad de Balsas y Escombreras en la minería del carbón".  
Madrid, 1980.
  
- \* IGME. "Mapa Minero-Metalogenético de Galicia 1:400.000".  
Madrid, 1982.
  
- \* IGME. "Establecimiento de los criterios técnicos para la ordenación de las explotaciones de granitos ornamentales del área de Porriño".  
Madrid, 1982.

- \* IGME. "Revisión crítica de la Metodología y Nivel de Actualización del Inventario Nacional de Balsas y Escombreras. Huelva y Asturias".  
Madrid, 1984.
  
- \* IGME. "Guía para la restauración del medio natural afectado por las explotaciones de canteras".  
Madrid, 1985.
  
- \* IGME. "Determinación de parámetros geoambientales base para la restauración del espacio natural afectado por las explotaciones mineras en la cuenca del Bierzo".  
Madrid, 1985.
  
- \* IGME. "Manual para el diseño y construcción de escombreras y presas de residuos mineros".  
Madrid, 1986.
  
- MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA.  
"Anuarios de Estadística Minera de España".
  
- MINISTERIO DE TRANSPORTES, TURISMO Y COMUNICACIONES, INM.  
"Atlas climático de España".  
Madrid, 1983.

- MINISTERIO DE TRANSPORTES, TURISMO Y COMUNICACIONES. INM.  
FONT TULLOT I.  
"Climatología de España y Portugal".  
Madrid, 1983.
  
- PRESIDENCIA DEL GOBIERNO  
"Norma sismorresistente PDS 1. 1974.

(\* ) En la actualidad Instituto Tecnológico GeoMinero de España.

**PLANOS**



**LEYENDA**

		VOLUMEN (m <sup>3</sup> )		
		≤5000	5.000-50.000	≥50.000
ESTRUCTURAS	Activas	●	◆	◆
	Paradas y abandonadas	○	◇	◇
BALSAS	Activas	▲	▲	▲
	Paradas y abandonadas	△	△	△
ESTRUCTURAS MIXTAS	Activas	■	◆	◆
	Paradas y abandonadas	□	◇	◇

Instituto Tecnológico  
GeoMinero de España

PROYECTO				CLAVE
INVENTARIO DE BALSAS Y ESCOMBRERAS MINERAS				PLANO N.º
PONTEVEDRA				1
DIBUJADO	FECHA	COMPROBADO	AUTOR	ESCALA
	12 - 1.988		E. González	1:200.000
				CONSULTOR
				SOCIMEP

42° 10' 04" 4

8° 40' 00"

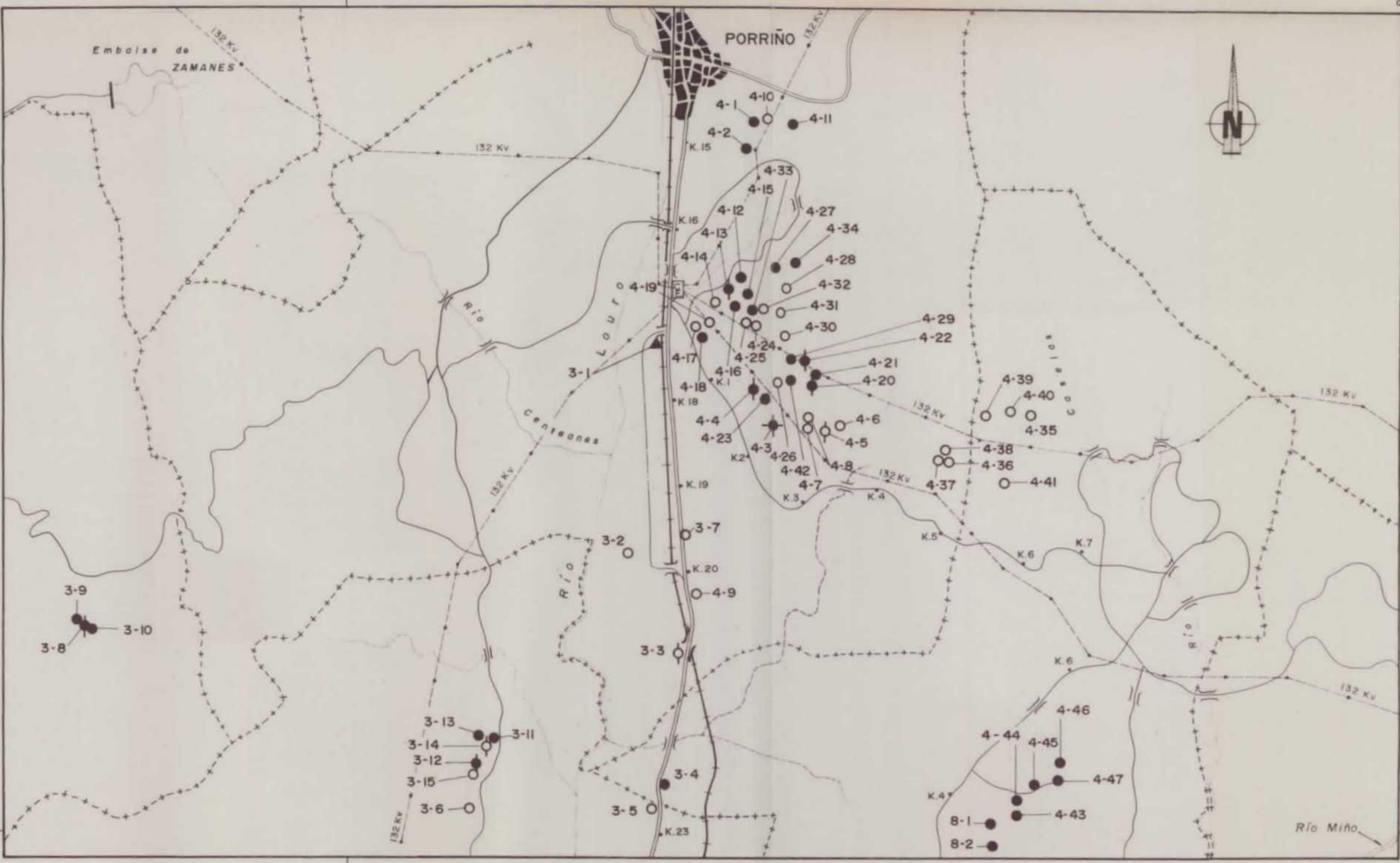
8° 31' 10" 2

42° 10' 04" 4

42° 05' 00" 11

8° 40' 00"

42° 05' 00" 11



Instituto Tecnológico  
GeoMinero de España

PROYECTO					CLAVE
INVENTARIO DE BALSAS Y ESCOMBRERAS MINERAS					
PONTEVEDRA					PLANO N.º
					2
DIBUJADO	FECHA	COMPROBADO	AUTOR	ESCALA	CONSULTOR
	12 - 1. 988		E. González	1: 50.000	SOCIMEP