



Instituto Tecnológico
GeoMinero de España

**ACTUALIZACION DEL
INVENTARIO NACIONAL
DE RECURSOS DE TITANIO**



MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA

11218

**ACTUALIZACION DEL
INVENTARIO NACIONAL
DE RECURSOS DE TITANIO**

Madrid, 1988

INDICE

| | <u>Páginas</u> |
|--|----------------|
| 1. GENERALIDADES | 1 |
| 1.1. HISTORIA | 2 |
| 1.2. PROPIEDADES Y USOS | 2 |
| 1.3. MINERALES | 6 |
| 1.4. YACIMIENTOS | 7 |
| 1.4.1. TIPOLOGIA | 7 |
| 1.5. TECNICAS DE INVESTIGACION | 12 |
| 2. EL TITANIO EN EL MUNDO | 14 |
| 2.1. RECURSOS Y RESERVAS | 15 |
| 2.2. MINERIA | 18 |
| 2.3. MINERALURGIA | 19 |
| 2.3.1. CONCENTRACION DE MINERALES PRIMARIOS EN ASOCIA--- CION CON MAGNETITAS | 23 |
| 2.3.2. CONCENTRACION DE MINERALES PRIMARIOS EN ASOCIA--- CION CON HEMATITES | 27 |
| 2.3.3. CONCENTRACION DE MATERIALES SECUNDARIOS | 30 |
| 2.4. PROCESOS DE ELABORACION Y TRANSFORMACION | 31 |
| 2.4.1. PRODUCTOS DE PRIMERA TRANSFORMACION | 35 |
| 2.4.2. PRODUCTOS SEMIELABORADOS | 37 |
| 2.4.3. PROCESOS FINALES. METALURGIA DEL TITANIO | 45 |
| 2.5. DATOS ECONOMICOS | 53 |
| 2.5.1. PRODUCCION MINERA | 54 |
| 2.5.2. PRODUCCION DE SEMIELABORADOS | 58 |
| 2.5.3. PRODUCCION MUNDIAL DE TITANIO METAL Y SUS ELABO--- RADOS | 60 |
| 2.5.4. COMERCIO INTERNACIONAL | 68 |
| 2.5.4.1. <u>Importaciones mundiales</u> | 68 |
| 2.5.4.2. <u>Exportaciones mundiales</u> | 75 |
| 2.5.5. CONSUMO MUNDIAL | 81 |
| 2.5.6. PRECIOS | 84 |
| 3. EL TITANIO EN ESPAÑA | 90 |
| 3.1. YACIMIENTOS | 91 |
| 3.1.1. GALICIA | 92 |
| 3.1.1.1. <u>La Coruña</u> | 94 |
| 3.1.1.1.1. <u>Yago y Carmen</u> | 94 |
| 3.1.1.1.2. <u>Estrella y M^a Antonia</u> | 96 |
| 3.1.1.1.3. <u>Grupos Mineros de Tordoya y - Erbecedo</u> | 98 |
| 3.1.1.1.4. <u>Pala Fracción 1^a</u> | 100 |
| 3.1.1.1.5. <u>Playa de Balares</u> | 101 |
| 3.1.1.1.6. <u>Otros yacimientos</u> | 102 |
| 3.1.1.2. <u>Pontevedra-Orense</u> | 104 |

| | <u>Páginas</u> |
|---|----------------|
| 3.1.2. OESTE | 104 |
| 3.1.2.1. <u>Zamora</u> | 105 |
| 3.1.2.2. <u>Salamanca</u> | 105 |
| 3.1.2.3. <u>Cáceres</u> | 106 |
| 3.1.2.4. <u>Badajoz</u> | 108 |
| 3.1.3. ANDALUCIA | 108 |
| 3.1.3.1. <u>Almería</u> | 108 |
| 3.1.3.2. <u>Málaga</u> | 109 |
| 3.1.3.3. <u>Sevilla</u> | 109 |
| 3.1.3.4. <u>Córdoba</u> | 109 |
| 3.1.3.5. <u>Huelva</u> | 109 |
| 3.1.3.5.1. <u>Moguer-Almonte</u> | 111 |
| 3.1.4. RESTO DE ESPAÑA | 112 |
| 3.1.4.1. <u>Cataluña</u> | 112 |
| 3.1.4.2. <u>Guadalajara</u> | 112 |
| 3.1.4.3. <u>Asturias-León</u> | 113 |
| 3.1.4.4. <u>Canarias</u> | 113 |
| 3.1.4.5. <u>Madrid</u> | 113 |
| 3.2. PLANTAS DE ELABORACION Y TRANSFORMACION | 114 |
| 3.2.1. PLANTA DE TIOXIDE ESPAÑOLA, S.A., EN HUELVA | 114 |
| 3.2.2. PLANTA DE DOWN CHEMICAL IBERICA, S.A., EN VIZCAYA | 116 |
| 3.3. DATOS ECONOMICOS | 117 |
| 3.3.1. PRODUCCION MINERA | 117 |
| 3.3.1.1. <u>Producción de semielaborados</u> | 120 |
| 3.3.1.2. <u>Producción metalúrgica</u> | 121 |
| 3.3.2. COMERCIO EXTERIOR | 122 |
| 3.3.2.1. <u>Comercio de minerales y concentrados</u> ... | 122 |
| 3.3.2.2. <u>Comercio de productos químicos de tita-</u> <u>nio</u> | 125 |
| 3.3.2.3. <u>Comercio de titanio metal</u> | 130 |
| 3.3.2.4. <u>Comercio de ferroaleaciones de titanio..</u> | 130 |
| 3.3.3. CONSUMO. MODELO DE CONSUMO | 135 |
| 3.3.4. PRECIOS Y COMERCIALIZACION | 139 |
| 3.3.4.1. <u>Formas de comercialización</u> | 140 |
| 4. RECURSOS ESPAÑOLES | 143 |
| 4.1. ECONOMICIDAD..... | 144 |
| 4.1.1. PLANTEAMIENTO GENERAL | 145 |
| 4.1.2. EVALUACION DE LA EXPLOTABILIDAD DE LOS DEPOSITOS ESPAÑOLES DE TITANIO | 148 |
| 4.1.2.1. <u>Inversiones</u> | 148 |
| 4.1.2.2. <u>Ingresos</u> | 149 |
| 4.1.2.3. <u>Gastos</u> | 150 |
| 4.1.2.4. <u>Vida útil del yacimiento. Volumen de re-</u> <u>curso</u> | 153 |
| 4.1.2.5. <u>Conclusiones</u> | 154 |
| 4.2. CRITERIOS DE CLASIFICACION | 155 |
| 4.3. RECURSOS | 157 |
| 5. CONCLUSIONES | 162 |
| BIBLIOGRAFIA | 166 |

INDICE DE CUADROS

| <u>CUADRO</u> | | <u>Página</u> |
|---------------|---|---------------|
| 1 | Propiedades físicas del titanio | 4 |
| 2 | Recursos mundiales de titanio (miles de t) | 16 |
| 3 | Recursos mundiales de titanio (%) | 17 |
| 4 | Características de las principales explotaciones de titanio del mundo | 20 |
| 5 | Producción mundial de ilmenita | 55 |
| 6 | Producción mundial de rutilo | 56 |
| 7 | Principales Compañías productoras de rutilo sintético | 59 |
| 8 | Principales Compañías productoras de slag | 61 |
| 9 | Principales Compañías productoras de dióxido de titanio | 62 |
| 10 | Capacidad mundial de producción de dióxido de titanio | 65 |
| 11 | Importaciones mundiales de minerales de titanio..... | 69 |
| 12 | Importaciones mundiales de ilmenita | 71 |
| 13 | Importaciones mundiales de rutilo | 72 |
| 14 | Importaciones mundiales de titanio metal | 73 |
| 15 | Importaciones mundiales de óxidos de titanio | 74 |
| 16 | Exportaciones mundiales de minerales de titanio | 76 |
| 17 | Exportaciones mundiales de ilmenita | 77 |
| 18 | Exportaciones mundiales de rutilo | 78 |
| 19 | Exportaciones mundiales de titanio metal | 79 |
| 20 | Exportaciones mundiales de óxido de titanio | 80 |
| 21 | Consumo de TiO ₂ por usos finales (%) | 83 |
| 22 | Precios mundiales de los minerales de titanio..... | 85 |
| 23 | Precios mundiales del titanio metal | 86 |
| 24 | Precios chatarras de titanio | 87 |
| 25 | Producción nacional de mineral de titanio | 118 |
| 26 | Producción nacional de dióxido de titanio | 121 |
| 27 | Importaciones españolas de ilmenita | 123 |
| 28 | Importaciones españolas de minerales de titanio (rutilo) | 124 |

CUADROPágina

| | | |
|----|---|-----|
| 29 | Importaciones españolas de óxidos de titanio | 126 |
| 30 | Importaciones españolas de pigmentos a base de óxidos de titanio | 127 |
| 31 | Exportaciones españolas de óxidos de titanio | 128 |
| 32 | Exportaciones españolas de pigmentos a base de óxidos de titanio | 129 |
| 33 | Importaciones españolas de titanio en bruto en polvo. | 131 |
| 34 | Importaciones españolas de titanio manufacturado | 132 |
| 35 | Importaciones españolas de ferrotitanio y ferrosili-- cotitanio | 133 |
| 36 | Exportaciones españolas de ferrotitanio y ferrosili-- cotitanio | 134 |
| 37 | Consumo aparente de minerales de Ti | 136 |
| 38 | Consumo aparente de óxidos de titanio | 137 |
| 39 | Consumo de titanio metal | 138 |
| 40 | Consumo por usos finales de TiO ₂ | 139 |

INDICE DE FIGURAS

| <u>FIGURA</u> | | <u>Página</u> |
|---------------|---|---------------|
| 1 | Contenido de titanio en rocas magmáticas | 8 |
| 2 | Esquema de tratamiento de ilmenita primaria | 26 |
| 3 | Tratamiento de anatasa en Brasil | 28 |
| 4 | Esquema de tratamiento de ilmenita-hematites | 29 |
| 5 | Esquema general de tratamiento de arenas de playa ... | 32 |
| 6 | Diagrama general de tratamiento de arenas de depósi-- tos aluviales | 33 |
| 7 | Procesos de utilización del titanio | 34 |
| 8 | Esquema del proceso de cloración para obtención del - bióxido de titanio | 42 |
| 9 | Esquema del proceso de sulfatación para obtención del bióxido de titanio | 46 |
| 10 | Proceso de reducción por sodio en dos etapas | 49 |
| 11 | Diagrama de flujo para obtención de titanio metal -- (ICI Mond) | 50 |
| 12 | Diagrama de flujo del proceso electrolítico para ob-- tención del Ti metal | 51 |

1 . GENERALIDADES

1.1. HISTORIA

El titanio es un metal conocido desde hace unos 200 años. En 1791, estudiando el pastor inglés W. Gregor unas arenas negras procedentes de Menacan, cerca de Falmouth (Cornwall, Inglaterra), encontró determinados granos de color gris oscuro sensibles a la acción del imán, dándole el nombre de menacanita. En 1796, M.H. Klaproth analizó una muestra del denominado chorlo rojo de Hungría y observó que estaba formado por un óxido mineral a cuyo metal correspondiente llamó titanio, aludiendo a los titanes, primeros hijos de la Tierra. En la misma época descubrió también que un mineral de Passan, al que dio el nombre de titanita, contenía el 33% de anhídrido titánico. Por último, en 1779 comprobó que la menacanita era un óxido de titanio.

Investigaciones realizadas por H. Rose y Berzelius con el anhídrido titánico puro dieron lugar a la obtención en 1824 del elemento, en pequeño estado de pureza, bajo la forma de polvo negro. Hasta 1910 no se pudo obtener el titanio puro, logro obtenido por las investigaciones de M.A. Hunter. Fue a partir de 1924 cuando comenzó la obtención y comercialización del óxido de titanio como base para la fabricación de pigmentos blancos y su utilización en pinturas, lacas, barnices, papel, etc. La producción de titanio metal comenzó a raíz de la Segunda Guerra Mundial, utilizándose como tal o como componente de diversas aleaciones especiales por su alto punto de fusión, teniendo sus principales aplicaciones en las industrias aeronáuticas, navales y espaciales.

1.2. PROPIEDADES Y USOS

El titanio es un metal de brillo gris metálico parecido a la plata, no existe en estado natural por su gran afinidad con el oxígeno y otros elementos.

A temperatura ambiente, el titanio posee una estructura hexagonal compacta, conocida como α -titanio. Esta es estable hasta los

880° C, por encima de la cual se transforma en una estructura cúbica que se denomina β -titanio, y que es estable hasta la temperatura de fusión, 1.668° C.

La baja densidad en relación con su resistencia a la tracción tiene como consecuencia que el titanio y sus aleaciones proporcionan una elevada resistencia, con un porcentaje en peso muy reducido.

El titanio sin alear presenta una baja conductividad térmica y una elevada resistividad eléctrica. Ambos valores son semejantes a los registrados para los aceros inoxidable.

La reactividad química del titanio solo es importante a temperaturas elevadas, permaneciendo prácticamente inactiva a temperatura ambiente.

Este metal proporciona una excelente resistencia ante los ataques por corrosión, ya sean generales o localizados, provocados por agentes oxidantes o neutros y por reductores débiles. Esta propiedad se ve afectada por la ausencia de aire, pues este es fundamental para la conservación de la capa protectora.

De igual forma el titanio resiste la acción corrosiva de numerosos ácidos con independencia de la temperatura.

A continuación se incluye el cuadro n. 1, en el cual se reseñan las principales propiedades físicas de este metal.

PROPIEDADES FISICAS DEL TITANIO

| | |
|---|---------|
| Número atómico | 22 |
| Peso atómico | 47,90 |
| Densidad en g/cm ³ | 4,51 |
| Punto de fusión en °C | 1.668 |
| Punto de ebullición en °C | 3.000 |
| Calor específico en cal/g °C..... | 0,130 |
| Conductividad térmica en cal/cm.seg °C | 0,036 |
| Resistividad eléctrica en μΩcm | 48-60 |
| Módulo de elasticidad en tracción en 10 ⁶ kg/mm ² ... | 24,4 |
| Módulo de elasticidad en torsión en 10 ⁶ kg/mm ² | 10,1 |
| Coefficiente de dilatación lineal en 10 ⁻⁶ /°C | 0,036 |
| Dureza Brinell en kg/mm ² | 120-200 |
| Razón de Poisson | 0,34 |

De este conjunto de características las más aprovechadas son su resistencia mecánica y poco peso, resistencia a la corrosión y su elevada resistividad eléctrica.

Los usos del titanio pueden agruparse en tres apartados. Como metal puro, como componente de aleación, y en forma de producto químico (dióxido de titanio).

Se comentan a continuación las principales aplicaciones del dióxido de titanio y del titanio metal.

a) Dióxido de titanio

Pinturas: Utilización del dióxido de titanio como pigmento blanco, sustituyendo a pigmentos naturales y otros óxidos. Sus cualidades de cubrición (opacidad) e inalterabilidad permanente son excelentes. Asimismo se emplea en numerosas lacas y barnices.

Papel: Las principales cualidades que el TiO_2 aporta al papel, aparte de su blancura, son la coloración intensa de su masa a la que confiere una plena opacidad, y la nítida absorción de las tintas de impresión posterior.

Productos plásticos y sintéticos: La gran opacidad e inalterabilidad química del dióxido de titanio le hacen apto para su utilización en múltiples variedades de productos plásticos y resinas.

Productos de caucho: El TiO_2 utilizado como pigmento consigue un excelente grado de blancura sin modificar las propiedades esenciales de la goma.

Productos cerámicos y vidrio: Se incorpora el dióxido a la fabricación de plaquetas cerámicas, fibras minerales y de vidrio.

Fundentes: El TiO_2 está presente en las formulaciones relativas a revestimiento de electrodos para soldadura.

b) Titanio metal

Aleaciones: La presencia de titanio metal en aleaciones presenta numerosas ventajas, entre ellas darle mayor dureza y resistencia a la tracción y a la corrosión. Las principales aleaciones que se han desarrollado han sido con hierro (ferrotitanio), manganeso, cromo, molibdeno, estaño y aluminio.

Industria aeronáutica y aeroespacial: El titanio mejora el ratio solidez/peso del acero, habiendo contribuido a aligerar de forma sensible el peso de las aeronaves mediante las aleaciones.

Industria naval: El comportamiento estable del titanio metal frente al agua y ambiente marino permite su utilización en una serie de elementos en contacto con agua salada o en atmósferas corrosivas.

Industria química: Utilizado por sus propiedades físicas y químicas para numerosas aplicaciones como ánodos electrolíticos, conductor y recipientes donde existen sustancias corrosivas, etc.

Otras industrias: Otros productos en los que se utiliza el titanio son, maquinaria textil, material quirúrgico y ortopédico, herramientas y máquinas herramientas, etc.

1.3. MINERALES

El titanio se presenta generalmente en la naturaleza en forma de óxido de titanio, TiO_2 y de óxido de titanio y de hierro TiO_3Fe .

De los aproximadamente 150 minerales de titanio que se han detectado, con un contenido superior al 1% de TiO_2 , solamente se consideran en la actualidad como menas explotables la *ilmenita* y el *rutilo* y quizás el *leucoxeno*.

La *ilmenita* (TiO_3Fe) es uno de los minerales titanníferos mas comunes y como mena de titanio el mas importante. Aunque teóricamente contiene un 52,7% de TiO_2 , casi nunca se presenta puro, sino formando mezclas isomorfas con la *pirofanita*, TiO_2Mn , y la *giekielita*, TiO_3 . Se encuentra asociada generalmente con *magnetita* y *hematites* en rocas ígneas (*anortositas*, *gabros*, *noritas*, etc.), y en depósitos detríticos.

El *rutilo* es un dióxido de titanio puro, aunque corrientemente contiene Fe_2O_3 que puede llegar al 30% y trazas de VO_2 . Es un constituyente accesorio de rocas ígneas (*granitos*, *dioritas*, etc.)

y rocas metamórficas (neises, esquistos, etc.), aunque principalmente se encuentra en depósitos de carácter detrítico.

El *leucoxeno* se trata de una mezcla bastante compleja y de estructura cristalina en la que están presentes rutilo, anatasa, brookita, hematites y a veces esfena junto con una serie de compuestos amorfos. También puede encontrarse junto a ilmenita, perowskita y otros muchos minerales de titanio.

Otros minerales relativamente comunes son: *Anatasa*, TiO_2 , con un contenido mínimo en óxido del 98,2%; *Brookita*, TiO_2 , en estado natural contiene entre 94,1 y 98,8% de TiO_2 ; *Perouskita*, $TiO_3 Ca$, con contenido de TiO_2 entre 38,7 y 58,9%; *Esfena* o *titanita*, $SiO_3 TiCa$, contiene en estado natural entre 38,7 y 58,9% de TiO_2 ; *Ulvospinela*, $TiO_4 Fe_2$, contiene teóricamente el 21,4% de TiO_2 .

1.4. YACIMIENTOS

El titanio es el noveno elemento mas abundante en la corteza terrestre (5.000 p.p.m.) y dentro de los metales ocupa el cuarto lugar después del aluminio, hierro y magnesio. Su proporción en las diversas formaciones geológicas, según Vinogradof, son las siguientes en p.p.m.: suelos, 4.600; arcillas y pizarras, 4.500; rocas ácidas, 2.300; intermedias, 8.000; básicas, 9.000; y ultrabásicas, 3.000. El titanio se clasifica dentro de los elementos litófilos y está presente en todas las rocas magmáticas. La mayor concentración de titanio la tiene el gabro con un porcentaje medio de 1,34 de TiO_2 , encontrándose numerosos yacimientos de titanio asociados genéticamente a este tipo de rocas. En la Fig. 1 se muestran los contenidos medios de TiO_2 , en diferentes tipos de rocas magmáticas.

1.4.1. TIPOLOGIA

Los diversos científicos que han estudiado los depósitos de titanio para realizar su clasificación han coincidido en dos

CONTENIDO DE TiO₂ EN ROCAS MAGMATICAS

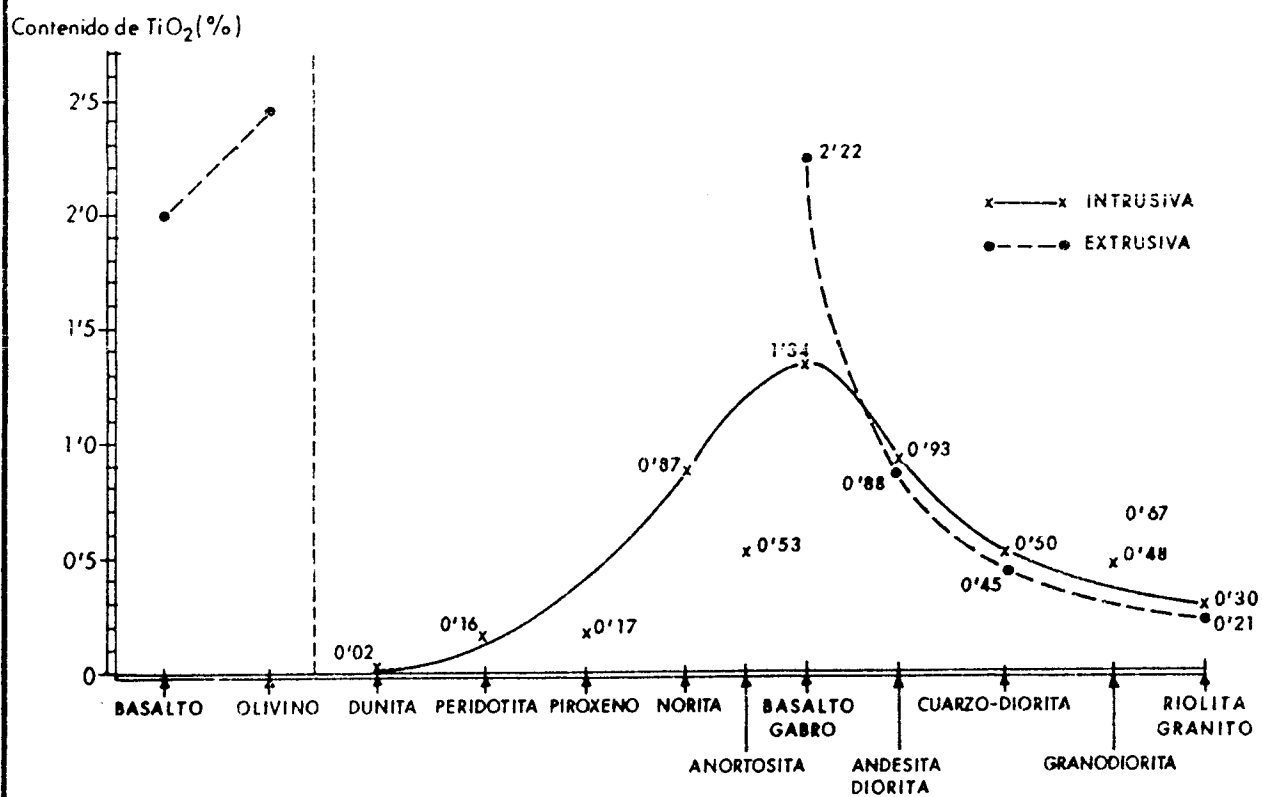


FIGURA 1.

grandes tipos, los yacimientos primarios (en rocas) y los secundarios (placeres), teniendo en cuenta principalmente los procesos de formación y la asociación de los minerales con determinadas rocas.

En este trabajo se han tenido en cuenta las clasificaciones mas conocidas, Routhier (1960), Mapa Previsor de Mineralizaciones de Titanio a escala 1:1.500.000 (IGME, 1972), Klemic y Sherman (1973), Smirnov (1977), y Schmidt y Eggert (1980).

La clasificación adoptada para este estudio es la siguiente, adoptada de las de Routhier y Smirnov.

- A. En relación con complejos básicos
- B. En relación con complejos alcalinos y sus carbonatitas.
- C. Placeres.

A. En relación con complejos básicos

En las rocas básicas es muy frecuente encontrar la asociación Fe-Ti con V y sin apatito. Los minerales de estos yacimientos son predominantemente los hierros titanados.

Los depósitos de titanio asociados a rocas básicas pueden ser de tres tipos según la paragénesis: Magnetita e ilmenita, hematites e ilmenita e ilmenita y rutilo.

Casi todas las grandes concentraciones de hierro titanado están ligadas a complejos de rocas en las que abundan las anortositas, las mas importantes, y noritas. Morfológicamente los depósitos son tabulares (la mayoría) y mas o menos estratiformes, lentejones y schlieren.

Este tipo es en importancia de producción el segundo a nivel mundial y el primero en cuanto a reservas, en nuestro país existen pocos depósitos conocidos.

Ejemplos de estos yacimientos son:

Tellnes (Hange-i-Dalame, Noruega). Yacimiento de ilmenita-magnetita considerado el mas importante a nivel mundial. Encaja en las anortositas del complejo norita-anortosita de Egeround. Ocupa un volumen de 2.300 m de longitud, anchura de 400 m y profundidad superior a los 350 m. Se han cifrado como seguras, unas reservas de mineral de 300 Mt. El contenido en ilmenita es del 30%, lo que supone un 18% de TiO_2 , y 2% de magnetita. Allard Lake (Quebec, Canada). El depósito de ilmenita-hematites se encuentra en una masa de anortosita, fundamentalmente, enclavada en neises del precámbrico. Tiene morfología variada, tabular, dique y lentejón. Las reservas son aproximadamente de 90 Mt con un 34% de TiO_2 y un 40% de Fe.

B. En relación con complejos alcalinos y sus carbonatitas

En estos complejos, de composición ultrabásica alcalina, el titanio está asociado al hierro y fósforo (apatito), se encuentra en forma de ilmenita, titanio-magnetita, esfena y rutilo principalmente y asociado a rocas con déficit de sílice, sienitas nefelínicas.

Como ejemplo de este tipo puede citarse:

Chibina, situado en la península de Kola, URSS, es un complejo alcalino asociado a ultrabasitas en el que se explota principalmente el apatito pero se recupera el titanio de mineralizaciones de titanio-magnetita. Jacupiranga, en el distrito de Sao Paulo (Brasil), donde se explota un complejo alcalino de carbonatitas con mineralizaciones de apatito (92%), magnetita, esfena y perowskita.

C. Placeres

El titanio es resistente a la meteorización física y química y al transporte aluvionar, y se concentra en depósitos residuales, eluviales y aluviales. Es el tipo de yacimiento de mayor interés mundial por su producción y el segundo en cuanto a reservas.

La paragénesis de estos aluviones es: ilmenita, rutilo, leucoxeno, circón, monacita y xenotima entre otros.

En el caso del titanio revisten especial importancia los aluviales de playa (arenas negras) y de dunas. Prácticamente la mayoría de estos depósitos aparecen alineados a lo largo del litoral costero. No solo se encuentran en las líneas costeras actuales, sino que pueden existir hasta 20-30 km tierra adentro en la zona de líneas costeras fósiles y en sus dunas correspondientes.

En la mayoría de este tipo de yacimientos el contenido de TiO_2 de la ilmenita alcanza aproximadamente el 54% y en casos óptimos, EE.UU. e India, llega al 60-65%.

Entre otros, como ejemplo destacan:

Richards Bay (Natal, Rep. de Suráfrica). El yacimiento se extiende paralelo a la línea costera de Zuzuland con anchura de 17 km y formado por dunas de unos 80 m de altura. Se han establecido reservas superiores a los 700 Mt, conteniendo de 5-7% de ilmenita y 0,2-0,3% de rutilo. Trail-Ridge (Florida, EE.UU.). El depósito está constituido por aluviones fósiles, ocupa una extensión de 30 km de longitud y de 1-2,7 km de anchura con potencia de unos 100 m. Las reservas de arena se estiman en mas de 500 Mt, conteniendo un 49-50% de ilmenita y de 1-4% en rutilo.

Otros depósitos de interés a nivel mundial son los de la costa Este y Oeste de Australia y Sierra Rutile en Sierra Leona,

predominando el rutilo y Kerala (India), Sri Lanka, Ucrania y Malasia, con alto contenido en ilmenita.

La mayoría de los yacimientos españoles conocidos y explotados pertenecen a este tipo. Destacan por su interés los situados en las provincias de La Coruña y Huelva, otras provincias con indicios son las de Zamora, Salamanca, Extremadura y Madrid.

1.5. TECNICAS DE INVESTIGACION

Las técnicas de utilizadas para detectar mineralizaciones de titanio vienen ligadas no solamente al tipo de yacimientos que se espera encontrar sino también a los probables minerales asociados a ellos.

Aunque la metodología a seguir es similar para ambos casos, es conveniente diferenciar entre depósitos primarios y secundarios.

En los yacimientos primarios se comienza con una cartografía, primero general y luego de detalle, mediante la cual se delimiten zonas favorables de formaciones rocosas y sus características estructurales y petrográficas que faciliten las fases posteriores de investigación. Recordando que en los complejos de anortositas y gabros la ilmenita se suele presentar cerca de los bordes y en las formaciones de gabros, los cuerpos titanníferos tienen forma irregular y diseminada que dificultan su localización.

Dado que la ilmenita va asociada generalmente a magnetita y hematites, la aplicación de procedimientos geofísicos, particularmente la magnetometría, tanto terrestre como aérea, proporcionan unos resultados muy satisfactorios. Hay que tener en cuenta que la delimitación de áreas anómalas y sus valores positivos correspondientes lo que indican es el contenido en magnetita, pero no indican de forma clara sobre el volumen de ilmenita por lo que es necesaria la realización de una investigación detallada sobre el

área. Esta consistirá principalmente en sondeos, calicatas y labores mineras complementarias con sus análisis y ensayos correspondientes que permitan su delimitación, así como una estimación de leyes y tonelajes que indiquen la viabilidad o no de la explotación.

En el caso de los yacimientos secundarios se comienza por delimitar áreas favorables mediante un reconocimiento fotogeológico, bien por el método clásico o por imágenes de satélite, realizando una cartografía geológica que pueda indicar la procedencia de las arenas y la situación de antiguas líneas de costa o depresiones en las que se han acumulado los minerales pesados.

Por las características de los depósitos, las técnicas mineralométricas, prospección a la batea, es la más utilizada y que mejores resultados da. Por último y mediante calicatas y sondeos cortos se llevan a cabo desmuestres que permiten evaluar la potencialidad del depósito.

2. EL TITANIO EN EL MUNDO

2.1. RECURSOS Y RESERVAS

Aún cuando, como ya se ha señalado en el apartado correspondiente de las generalidades, los minerales considerados como menas de titanio son muy variados, desde un punto de vista práctico, con las salvedades que se indican, los recursos mundiales se clasifican en dos únicas categorías, ilmenita y rutilo, recogándose en el cuadro n° 2 en miles de toneladas, y en el cuadro n° 3 en %.

Por continentes, los recursos demostrados de ilmenita más importantes se encuentran en Asia (31,37% del mundo), seguida de Europa, América del Norte y Africa.

Sin embargo, por países, la República de Africa del Sur se encuentra en primer lugar, seguida de Noruega, China, India y Canadá.

En lo que respecta a las reservas de rutilo, la proporción varía totalmente y se observa que en un único país, Brasil, se encuentran el 71,5% de las reservas mundiales de este producto. El segundo y tercer lugar lo ocupan Australia e India.

Estas consideraciones hacen variar el orden de continentes y países en lo que a reservas totales de titanio se refiere, ocupando el primer lugar Brasil, seguido de Africa del Sur, India, Noruega, Australia y China.

Cuando lo que se considera es la Base de Reservas, teniendo en cuenta la suma total de titanio contenido, sigue siendo Brasil el país más importante, ocupando el segundo lugar Canadá, con importantes yacimientos de ilmenita, seguido de Australia, Africa del Sur y Noruega.

Por último, hay que destacar que en lo que a procedencia del titanio se refiere, tanto en las cifras de reservas como en las de Base de Reservas, alrededor del 75% procede de yacimientos de

RECURSOS MUNDIALES DE TITANIO

| | RESERVAS | | | BASE DE RESERVAS | | |
|--------------------------|----------------|---------------|----------------|------------------|---------------|----------------|
| | ILMENITA | RUTILO(2) | TOTAL | ILMENITA(1) | RUTILO(2) | TOTAL |
| AMERICA DEL NORTE | | | | | | |
| CANADA | 17.716 | | 17.716 | 47.242 | | 47.242 |
| EE.UU. | 7.775 | 197 | 7.972 | 21.652 | 886 | 22.538 |
| TOTAL | 25.491 | 197 | 25.688 | 68.894 | 886 | 69.780 |
| EUROPA | | | | | | |
| FINLANDIA | 984 | | 984 | 984 | | 984 |
| ITALIA | | | | | 8.267 | 8.267 |
| NORUEGA | 20.668 | | 20.668 | 32.479 | | 32.479 |
| U.R.S.S. | 3.937 | 1.575 | 5.512 | 7.874 | 2.953 | 10.827 |
| TOTAL | 25.589 | 1.575 | 27.164 | 41.337 | 11.220 | 52.557 |
| AFRICA | | | | | | |
| EGIPTO | | | | 984 | | 984 |
| SIERRA LEONA | | 1.378 | 1.378 | | 1.378 | 1.378 |
| AFRICA DEL SUR, R.P. | 24.605 | 2.362 | 26.967 | 30.510 | 2.953 | 33.463 |
| TOTAL | 24.605 | 3.740 | 28.345 | 31.494 | 4.331 | 35.825 |
| ASIA | | | | | | |
| CHINA | 19.684 | | 19.684 | 26.573 | | 26.573 |
| INDIA | 19.684 | 2.854 | 22.538 | 19.684 | 2.854 | 22.538 |
| MALASIA | | | | 591 | | 591 |
| SRI LANKA | 2.461 | 492 | 2.953 | 2.461 | 492 | 2.953 |
| TOTAL | 41.829 | 3.346 | 45.175 | 49.309 | 3.346 | 52.655 |
| OCEANIA | | | | | | |
| AUSTRALIA | 14.763 | 5.610 | 20.373 | 28.542 | 6.889 | 35.431 |
| TOTAL | 14.763 | 5.610 | 20.373 | 28.542 | 6.889 | 35.431 |
| AMERICA DEL SUR | | | | | | |
| BRASIL | 1.083 | 36.415 | 37.498 | 1.083 | 49.210 | 50.293 |
| TOTAL | 1.083 | 36.415 | 37.498 | 1.083 | 49.210 | 50.293 |
| TOTAL MUNDIAL | 133.360 | 50.883 | 184.243 | 220.659 | 75.882 | 296.541 |

UNIDAD: Miles de t de titanio contenido

FUENTE: Elaboración propia a partir de "Mineral Facts and Problems 1985"

(1) : Ilmenita y Perouskita (6.000.000 tm en EE.UU.)

(2) : Rutilo y Anatasa en Brasil

(*) : Dentro de los recursos mundiales se consideran las reservas y las reservas base, entendiéndose por reservas los recursos económicos demostrados, mientras que la base de reservas comprende las reservas, recursos marginales y parte de los recursos subeconómicos.

RECURSOS MUNDIALES DE TITANIO (Z)

| | RESERVAS | | | BASE DE RESERVAS | | |
|--------------------------|---------------|---------------|---------------|------------------|---------------|---------------|
| | ILMENITA | RUTILO | TOTAL | ILMENITA | RUTILO | TOTAL |
| AMERICA DEL NORTE | | | | | | |
| CANADA | 13,28 | | 9,62 | 21,41 | | 15,93 |
| EE.UU. | 5,83 | 0,39 | 4,33 | 9,81 | 1,17 | 7,60 |
| TOTAL | 19,11 | 0,39 | 13,95 | 31,22 | 1,17 | 23,53 |
| EUROPA | | | | | | |
| FINLANDIA | 0,74 | | 0,53 | 0,45 | | 0,33 |
| ITALIA | | | | | 10,89 | 2,79 |
| NORUEGA | 15,50 | | 11,22 | 14,72 | | 10,95 |
| U.R.S.S. | 2,95 | 3,10 | 2,99 | 3,57 | 3,89 | 3,65 |
| TOTAL | 19,19 | 3,10 | 14,74 | 18,74 | 14,78 | 17,72 |
| AFRICA | | | | | | |
| EGIPTO | | | | 0,45 | | 0,33 |
| SIERRA LEONA | | 2,71 | 0,75 | | 1,82 | 0,46 |
| AFRICA DEL SUR, R.P. | 18,45 | 4,63 | 14,64 | 13,82 | 3,89 | 11,28 |
| TOTAL | 18,45 | 7,34 | 15,39 | 14,27 | 5,71 | 12,07 |
| ASIA | | | | | | |
| CHINA | 14,76 | | 10,68 | 12,04 | | 8,96 |
| INDIA | 14,76 | 5,61 | 12,23 | 8,92 | 3,76 | 7,60 |
| MALASIA | | | | 0,27 | | 0,20 |
| SRI LANKA | 1,85 | 0,97 | 1,60 | 1,12 | 0,65 | 1,00 |
| TOTAL | 31,37 | 6,58 | 24,51 | 22,35 | 4,41 | 17,76 |
| OCEANIA | | | | | | |
| AUSTRALIA | 11,07 | 11,03 | 11,06 | 12,93 | 9,08 | 11,95 |
| TOTAL | 11,07 | 11,03 | 11,06 | 12,93 | 9,08 | 11,95 |
| AMERICA DEL SUR | | | | | | |
| BRASIL | 0,81 | 71,56 | 20,35 | 0,49 | 64,85 | 16,97 |
| TOTAL | 0,81 | 71,56 | 20,35 | 0,49 | 64,85 | 16,97 |
| TOTAL MUNDIAL | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |

FUENTE: Elaboración propia a partir de datos del cuadro anterior.

ilmenita y el 25% restante tiene su origen en yacimientos de rutilo y anatasa, estos últimos localizados en Brasil.

En lo que a la suficiencia de estos recursos se refiere, solamente el volumen de reservas conocido en la actualidad garantiza el abastecimiento por cerca de 20 años.

2.2. MINERIA

Aunque es bien conocida la existencia de pequeñas explotaciones en multitud de países, a la hora de analizar las peculiaridades que, con carácter general, definen la minería del titanio, se suele considerar como fuente de información la situación existente en los países que, por disponer del mayor volumen de reservas (ver apartado 2.1.), suelen disponer de las principales minas y en ellos actúan las empresas mineras más destacadas y con mayor peso que, normalmente, son quienes desarrollan las técnicas de explotación y beneficio que posteriormente son copiadas o empleadas en otros países. Así, los países considerados son: Australia, Canadá, Brasil, Sudáfrica, U.R.S.S., etc.

Desde el punto de vista tecnológico, puede decirse que la mayor parte del titanio recuperado a nivel mundial se obtiene mediante laboreo a cielo abierto, utilizándose únicamente la minería subterránea en Finlandia y para la explotación de un gran depósito por el método de "macizos hundidos", cuyos cortes de explotación, con gran maquinaria y fuerte mecanización, permiten una aproximación a los existentes en una corta que también obtenga materiales primarios con métodos de explotación por voladura.

El laboreo de depósitos secundarios, que proporcionan la mayor parte de la producción mundial se realiza por dragado, cuando se trata de arenas de playa o próximas a los ríos, ó por "strapper", cuando las arenas se encuentran suficientemente secas. En este último caso, el método de explotación por "minería de transferencia" es el auténticamente empleado. En el empleo de

dragas, el sistema varía según la explotación se realice en tierra ó en la plataforma continental marina, siendo, en ambos casos, muy frecuente el empleo de potentes dragas sobre potones flotantes donde se realiza una primera concentración que atiende, fundamentalmente, al cribado y desenlodado del material.

La explotación de yacimientos primarios ó magmáticos se realiza, como ya se ha señalado, fundamentalmente mediante cortas a cielo abierto, requiriéndose, en estas ocasiones, contenidos en TiO_2 que superen el 30%. En las pocas ocasiones en que se conoce un importante depósito profundo solo se realiza la extracción por métodos de minería subterránea cuando la relación estéril/mineral es igual o superior a 4:1, y se permite la aplicación de métodos que muevan grandes cantidades de material -hundimiento de bloques o "block caving", siendo el contenido en TiO_2 superior al 35%.

A continuación, en el cuadro nº 4, se señalan las características de las principales explotaciones de titanio del mundo.

2.3. MINERALURGIA

En el proceso de utilización industrial de las sustancias minerales, el siguiente paso a realizar, tras la explotación minera, es la concentración de la mena con el fin de obtener un producto suficientemente enriquecido que permita su tratamiento posterior y su adecuación a las necesidades de utilización.

En el caso de los minerales de titanio, cuyas futuras aplicaciones industriales, así como el sistema de procesamiento a seguir, están en función de su mayor contenido en TiO_2 , así como su mas bajo porcentaje de óxidos de hierro (medidos en Fe_2O_3) y otras impurezas (SiO_2 , OZn , etc.), los procesos de recuperación mineralúrgicos seguidos industrialmente dependen, fundamentalmente, del tipo de depósito y de las asociaciones mineralúrgicas presentes en la mena.

CARACTERISTICAS DE LAS PRINCIPALES EXPLOTACIONES DE TITANIO DEL MUNDO

| PAIS EMPRESA EXPLOTADORA | NOMBRE DE LA MINA | LOCALIZACION | TIPO DE DEPOSITO LEYES/MINERALIZA. | METODO DE LABOREO | CAPACIDAD PRODUCCION (t/a) (cont. en TiO ₂) |
|---|---|---|---|--|--|
| AUSTRALIA Consolidated Rutile Ltd (CRL) | Bayside (E) Gordon (E) Amity (E) Pikeha (P) | North Stradbroke I. Queensland | Arenas de Playa 2-4% Pesados | Dragado desde pontones flotantes (6.840 t/h) | 110.000 R 97% 250.000 I 50-51% |
| Mineral Deposits Ltd (MDL) | Stockton (E) Viney Creek (2E) Hawts Nest (P) | Newcastle y Gafton Nueva Gales del Sur | Arenas de Playa | Dragado (2.200 t/h) | 50.000 R 95% 15 I 50% |
| Associated Minerals Consolidated (MC) | Capel (E y P) | al sur de Perth Western Australia | Arenas secas 4% Pesados | Minería de transfe. Scraper de 30 t de cuchara | 90-100.000 I 54% 20.000 I.A. 60% 5.000 L 84% |
| " " " | Eneabba (E y P) Western Australia | Eneabba 10% Pesados 4,5:1, R:C | Arenas secas Scraper de 40 t de cuchara | Minería de transfe. | 420-460.000 I 60% |
| Westralian Sands Ltd | Yoganup Extendep(E) Capel (P) North Capel (P) | Boyanup Western Australia | Arenas secas 6% Pesados | Minería de transfe. Scraper de 35 t de cuchara | 450.000 I 55-50% 12-15.000 I.A. 70% 3-4.000 L 91% |
| Cable Sand (WA) Pty Ltd | North Capel (E) North Waroona (E) Bunbury (E) | Western Australia | Arenas Secas | Arranque con pala y Scraper | 180.000 I 54% 28.000 I.A. 68% 4.000 L 90% |
| R.Z. Mines (Newcastle), Pty, Ltd | Torrigo (AE y P) Nabiac (SE) Marrington (P) | Cerca Port Stephe Nueva Gales del Sur | Arenas de playa Arenas secas | 4 dragas en Tomago 1.300 t/h capac. 5 E con pala Nabia | 36.000 R 96% 10.000 I 54% |
| Currubin Minerals Pty, Ltd | Kirra (E) Kingschiff (E) Dunwich (E) Currubin (P) | Rainbow Beach Nueva Gales del Sur | Arenas de playa Arenas secas | 2 Dragas 1 Minería de trans. | 12.000 R 96% |
| BRASIL Companhia Vale do Rio Doce (CVRD) | Tapira (E) Araxa (P) | Minas Gerais | Chimeneas Volcánicas en rocas carbonatadas con atanasia 24,3-8,9% | Explotación por minería de transf. y corta | 400.000 A 90% |
| Nuclebrás de Monazit e Associades Ltd | Cumuruxitaba (E) Ponta da Fruta(E) Guarapari (E) Sao Paulo (P) | Bahia Espirito Santo Espirito Santo | Arenas de playa | 5 Scrapers y palas | 200.000 I 54% |
| Rutilo e Ilmenita do Brasil, S.A. | Mataraca (E y P) | Paraiba | Arenas secas | Scrapers y palas | 34.000 I 54% |
| CANADA QIT Fer et Titane Inc. | Lago Tio (E) Sovel (P) | Quebec | Asociac.de ilmenita y hematites con rocas básicas (37-32%) | Corta | 850.000 E 75-80% |

| PAIS EMPRESA EXPLOTADORA | NOMBRE DE LA MINA | LOCALIZACION | TIPO DE DEPOSITO LEYES/MINERALIZA. | METODO DE LABOREO | CAPACIDAD PRODUCCION (t/a) (cont. en TiO ₂) |
|---|---|--------------------------------------|--|---------------------------------|--|
| CHINA, R.P. Organizaciones Estatales | Hcinan Dao (E y P) | Guandong | Arenas de playa | Dragado | 100.000 I 54% |
| | Minhe (E y P) | Quinghai | Arena de río | Dragado | 50.000 I 54% |
| | Ponzhigua (E y P) | Paxi (Sichuan) | Rocas básicas con ilmenita magnetita | Corta | 50.000 E 80% |
| EE.UU. E.I. du Pont de Nemours Inc. NL Industries Associated Mineral (USA) Inc. Asarco Inc. P.W.Gill brand Co | Trail Ridge (E y P) | Florida | Placeres de río 4% de Pesados | Dragado | 200.000 I 55% |
| | Sanford Lake (E P) | Nueva York | Asoc. de Ilmenita en rocas básicas | Corta | 200.000 I 45% |
| | Green Cove Spring (E y P) | Florida | Placeres de playa | Dragado | 12.000 I.A. 65% 25-27.000 R 96% 63.000 I 63% |
| | Manchester (E y P) | Lakehurst, Nueva Jersey | Placeres de Lago | Dragas de succión | 170.000 I 63% (cerrada en 1985) |
| | Soledad | Los Angeles California | Placeres de Playa | Dragado | 20-35.000 I 55% empieza en 1987 |
| FINLANDIA Rautaruukki Oy Indian Rare Earth Ltd. Kerala Minerals & Metals Ltd. Dhrangadhra Chemi- cal Works Ltd. | Otanmäki | Al norte del país | Asociado a rocas básicas ilmenita- Magnetita | Subterráneo Macizos hundidos | 150.000 I 44% |
| | Chavara (E y P) Manavalakurichi (E y P) Orissa (E y P) | Kerala Kanayakumari Orissa | Placeres de playa Placeres fósiles | Dragado Scraper | 150.000 I 55-60% 7-10.000 R 95-96% 200.000 I 55% 10.000 R 96% |
| | Chavara (E y P) | Kerala | Placeres de playa | Dragado | 24.000 I 58% 2.000 R 96% |
| | Quilon (E y P) | Quilon | Placeres de playa | Dragado | 50.000 I 50% que se transforman en rutilo sintético |
| MALASIA Malasya Mining Corp.Berhad (MMC) Beh Minerals Sdn Bhd. | Perak (E y P) Selagor (E y P) | Oeste de Malasia | Placeres Ilmenita subpro- ducto del estaño | Dragado | 150.000 I 54-56% |
| | Lahat (E y P) | Perak | Placeres Ilmenita subpro- ducto del estaño | Dragado | 10.000 I 56% |

CUADRO N° 4 (Cont.)

| PAIS EMPRESA EXPLOTADORA | NOMBRE DE LA MINA | LOCALIZACION | TIPO DE DEPOSITO LEYES/MINERALIZA. | METODO DE LABOREO | CAPACIDAD PRODUCCION (t/a) (cont. en TiO ₂) |
|---|--|---|--|---|---|
| NORUEGA Titania A/S | Tellnes (E y P) | Hauge i Dalane | Asociada a rocas básicas Ilmenita- Magnetita | Corta | 1.000.000 I 44-45% se tratan 350.000 para produc.escoria de titanio 200.000 E 75% |
| SIERRA LEONA Sierra Rutile Ltd | Mogbweno (E y P) Bamba-belebo(EyP) Gangama | Moyamba District Moyamba District Gangama | Placeres de playa Placeres de playa Placeres de playa | Dragado Dragado Dragado | 100.000 R 95% 140.000 R 95% 25-40.000 R 95% |
| SRI LANKA Ceylon Mineral Sand Corp. | Kanijapura | Pulmoddai | Placeres de playa | Dragado | 150.000 I 53-54% 18.000 R 95-96% |
| SUDAFRICA Richards Bay Min. Tisand (Pty)Ltd/ /Richards Bay Iron & Titanium (Pty) Ltd. | Richard Bay | Natal | Placeres de playa Ilmenita-hemati. Rutilo | Dragado | 440.000 E 85% 55.000 R 95% |
| U.R.S.S. Organizaciones Estatales | Irshanskoye (P) Streminogorskoye-E Zelenogorskoye-E Tarasovskoye-E Verkhnedneprsk-P Samotkanskye-E Vokhanskoye-E Urales (E y P) | Kiev (Ucrania) Zhitomirs (Ucran) Urales | Placeres de playa y río Placeres de playa y río Asociado a rocas básicas Ilmenita- Magnetita | Dragado Dragado Corta | <u>Capac.total país</u> 450.000 I 55-57% 30.000 R 95-97% 10-20.000 E 85% |

FUENTE: Elaboración propia con datos de diversos números del Industrial Minerals, UK.

NOTAS: Materiales obtenidos: I Ilmenita
R Rutilo
L Leucóxeno
IA Ilmenita Alterada
A Anatasa
E Esponja

Tipos de Instalaciones: E Explotación
P Planta
D Dragado

Como norma general, y con las salvedades que cada yacimiento en concreto puede imponer, existen tres tipos de esquemas de concentración aplicados a otras tantas clases de criaderos:

- 1) Concentración de minerales en asociación con magnetitas, procedentes de depósitos primarios.
- 2) Concentración de minerales en asociación con hematites, procedentes de depósitos primarios.
- 3) Concentración de minerales de depósitos secundarios.

En todos los casos, como ya se ha señalado en el apartado anterior, 2.2., la mena recuperable estará compuesta fundamentalmente por ilmenita y/o rutilo, existiendo explotaciones que recuperan leucoxeno, ilmenita alterada y anatasa, lo que imprime ciertas características específicas al proceso mineralúrgico.

A continuación se examinan independientemente cada uno de los tres esquemas o procedimientos generales, señalándose las diferencias existentes en función de los tipos de minerales constituyentes de la mena.

2.3.1. CONCENTRACION DE MINERALES PRIMARIOS EN ASOCIACION CON MAGNETITAS

Como norma general los minerales de titanio se concentran aprovechando su mayor peso específico por procedimientos gravimétricos, cuando el tamaño de partícula así lo permite ó por flotación para aumentar la recuperación de finos, empleándose la separación magnética para separar el contenido en magnetita.

En síntesis, una planta de tratamiento de este tipo de minerales consta de tres secciones:

- a) Trituración y molienda

- b) Separación magnética
- c) Concentración.

Las características básicas de los procesos seguidos en cada una de estas etapas son las siguientes:

a) Trituración y molienda

Durante esta etapa se pretende alcanzar el "tamaño de liberación de grano" que permite separar el contenido aprovechable de los otros componentes del todo-uno de mina.

Como norma general, el proceso de trituración y molienda pretende situar el material a "tamaño arena", por debajo de 2 mm, siendo normal el empleo de machacadoras y molinos cuyas características dependen del volumen de material a tratar y de la mayor o menor dureza de la roca que acompaña a los minerales.

En general el proceso se realiza con cribados y clasificados intermedios en circuito cerrado.

b) Separación magnética

Las arenas metálicas procedentes de la etapa anterior, son sometidas a la acción de unos separadores magnéticos que eliminan la magnetita contenida en el todo-uno.

El separado magnético suele someterse a una clasificación, normalmente en ciclones, que permite el reciclado de la fracción gruesa, con nueva entrada a los molinos y una nueva separación magnética que permite un apurado de la fracción no magnética en el tratamiento de los finos seguido con las arenas titanníferas procedentes de la primera etapa de separación.

c) Concentración

La fase de concentración propiamente dicha suele efectuarse aprovechando, en las partículas gruesas, cuando las mismas existen, las propiedades de peso específico de estos minerales, aplicándose la flotación para la concentración de finos.

Así, el primer paso suele ser una clasificación, en ciclones, que separen las partículas inferiores a 75 con destino a la flotación.

Los gruesos son sometidos a una concentración gravimétrica, en jigs o mesas clasificadoras, aunque en ocasiones se emplean las espirales Humphreys o el cono concentrador Reichert (más aplicados, estos últimos, a materiales de depósitos secundarios).

De gravimetría, se obtiene un primer concentrado grueso, unos mixtos, que tras su molienda se incorporan al circuito de finos y unas colas que se destinan a balsas y escombreras.

La fracción fina es sometida a un proceso de flotación, normalmente en dos etapas. El producto concentrado es sometido a una nueva separación magnética que obtiene unos mixtos para su reciclado.

El material final, espesado y secado, puede ser sometido, finalmente, a una separación electrostática para recuperar el circón y el rutilo, cuando el todo-uno contiene estos minerales.

En la fig. nº 2, se incluye, a modo de ejemplo, los esquemas de plantas establecidas para tratar minerales de estas características.

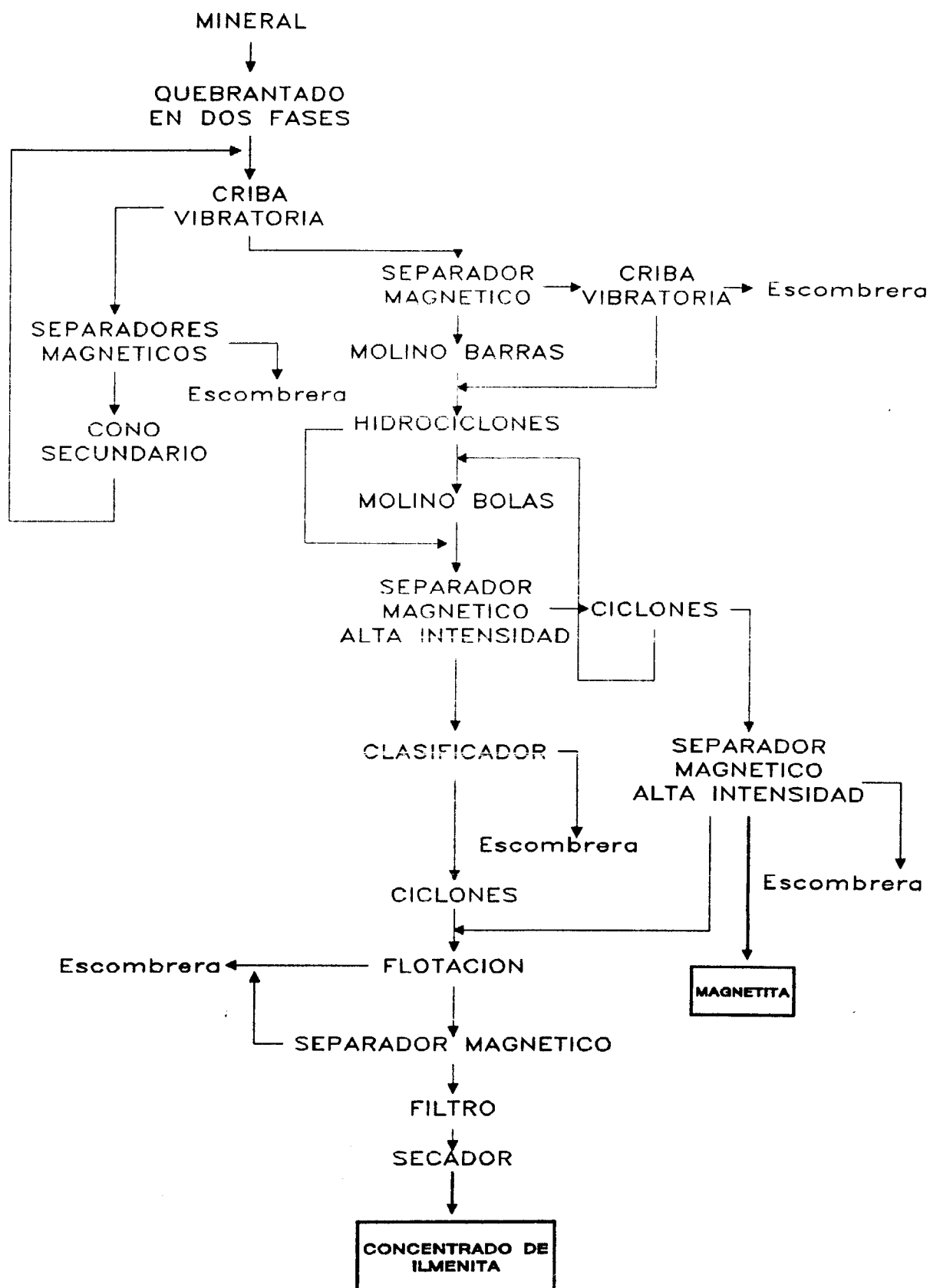


FIG. 2.- ESQUEMA DE TRATAMIENTO DE ILMENITA PRIMARIA

Cuando el mineral básico no es la ilmenita, tal y como sucede en Brasil, donde se recupera anatasa, el proceso sufre algunas variaciones, utilizándose un lixiviado con ácido sulfúrico para obtener un material con un contenido en TiO_2 del 90% o superior. El esquema de esta planta se incluye en la fig. n° 3.

2.3.2. CONCENTRACION DE MINERALES PRIMARIOS EN ASOCIACION CON HEMATITES

La separación del titanio, cuando se presenta con hematites, resulta más complicada, siendo necesario recurrir a tratamientos pirometalúrgicos para obtener, como producto final, una escoria con un contenido que oscila entre el 70 y el 72% de TiO_2 .

El proceso, en sus fases iniciales, es similar al seguido para los minerales de asociación ilmenita-magnetita siguiendo etapas de molienda y concentración, generalmente gravimétrica. Sin embargo, a causa del crecimiento íntimo de los granos de ilmenita y hematites, el concentrado tiene un contenido de aproximadamente 37% TiO_2 y un 41% de Fe, por lo que no puede usarse para la producción de pigmentos, y debe emplearse un proceso de fusión, que en su inicio fue puesto a punto por la Quebec Iron and Titanium Corp. de Canadá.

El proceso no utiliza o emplea poco fluidificante, cargando el horno con el concentrado, entre 0 y 10% de cal y entre 8 y 14% de carbón bajo en cenizas. Debido a la naturaleza extremadamente corrosiva de la escoria de titanio es preciso tener un tratamiento muy cuidadoso del fundido, para evitar la corrosión de los refractarios.

En la fig. n° 4, se incluye un diagrama del proceso seguido en la planta canadiense antes citada.

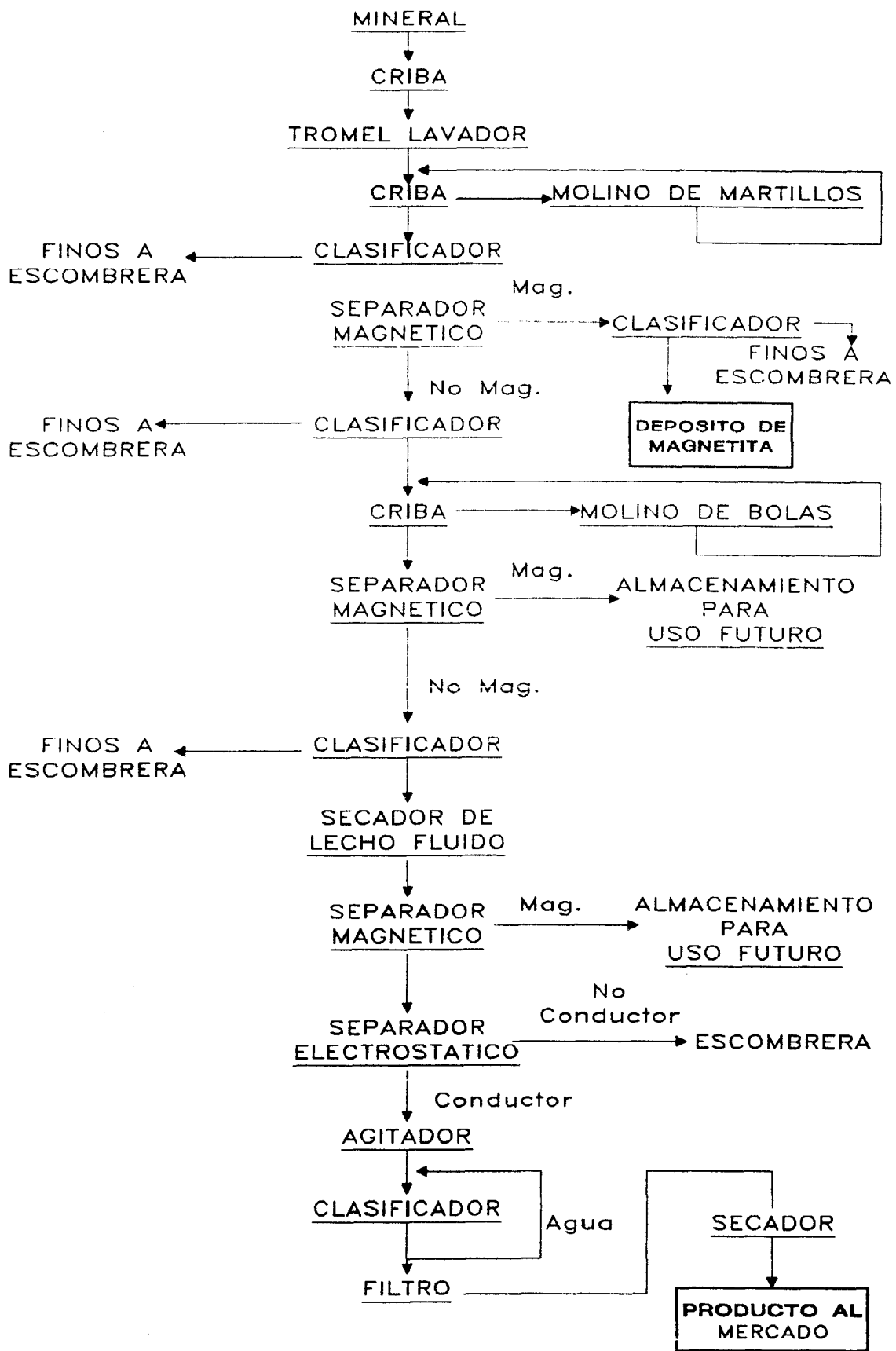


FIG. 3.- TRATAMIENTO DE ANATASA EN BRASIL

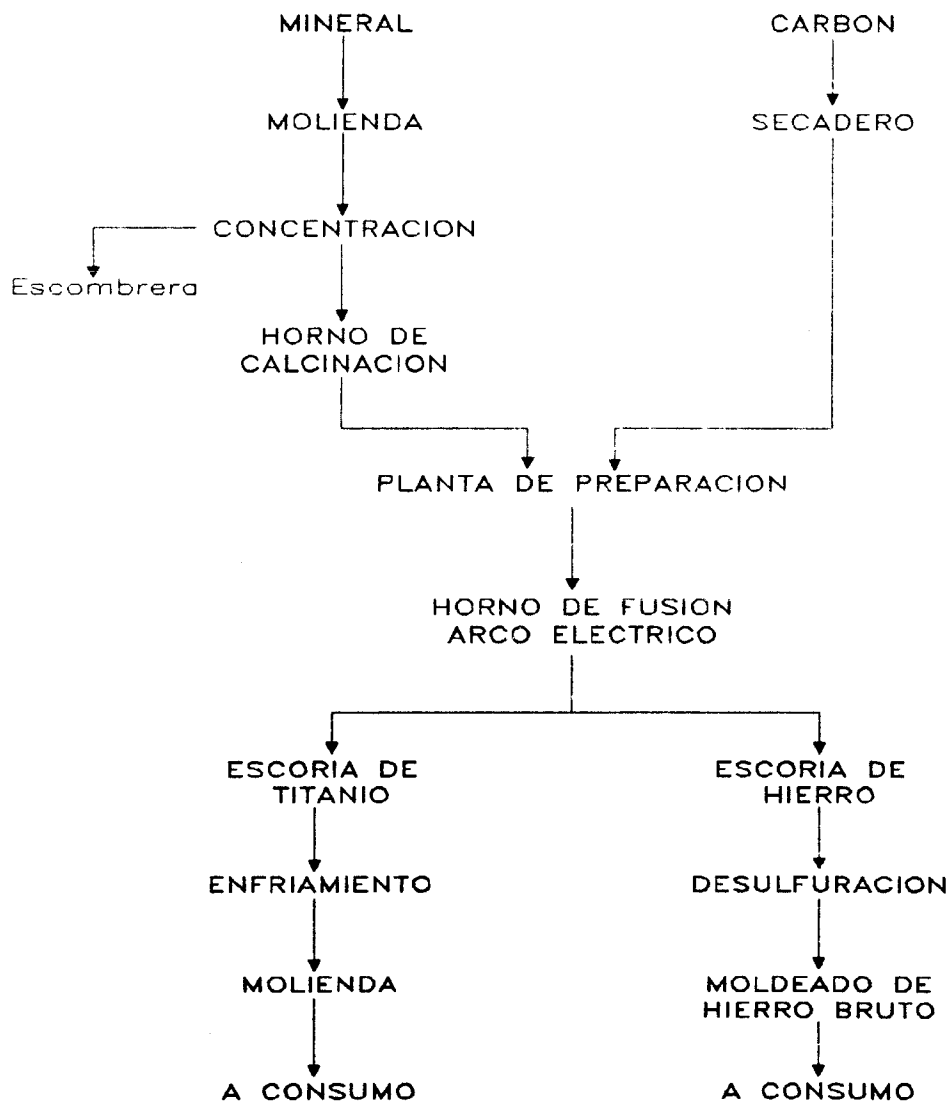


FIG. 4.- ESQUEMA DE TRATAMIENTO DE ILMENITA-HEMATITES

2.3.3. CONCENTRACION DE MATERIALES SECUNDARIOS

En la práctica, existen dos tipos de depósitos secundarios en explotación para producir minerales de titanio: los de aluviales y los de arenas de playa. Las diferentes características con que se presentan los materiales beneficiables en uno u otro tipo de depósito hace que los diagramas de flujo de las plantas que recuperan ambos tipos de concentrados presenten algunas diferencias significativas.

Así, en los depósitos aluviales, es difícil obtener buenas recuperaciones con minerales de alta pureza principalmente debido a la mala distribución por tamaños de los granos y a la falta de meteorización de los mismos. Así mismo, suelen tener un recubrimiento de productos orgánicos, arcillas y hierro que obligan a un proceso de atrición previo para su eliminación.

En los depósitos de playa, la distribución de los granos es superior, la meteorización produce granos más redondeados y el recubrimiento no existe, pero su contacto con aguas salinas, obliga, con frecuencia, a un relavado con agua dulce antes del proceso de concentración en seco.

Por lo que respecta a los minerales de playa, puede establecerse que una vez dimensionados y clasificados, no se necesita ninguna nueva clasificación, obteniéndose buenas recuperaciones, aunque en ocasiones se incorpore una separación posterior de finos para optimizar el rendimiento mineralúrgico.

En los minerales de aluvión, puede procederse de dos formas diferentes; con una clasificación previa que separe los gruesos y los envíe a una molienda ó sin clasificación, enviándolos directamente al molino. Un buen ejemplo de la necesidad de clasificación previa se encuentra en las plantas que recuperan rutilo y sus minerales asociados, donde los granos fragmentados de granate y/o estavrolita o cuarzo, cuando son tratados por separación magnética

y electrostática suelen aparecer con los concentrados finos magnéticos, generalmente el rutilo y la casiterita.

En las figuras n°s 5 y 6, pueden verse los esquemas generales para el tratamiento de minerales procedentes de ambos tipos de depósitos secundarios. En ellas puede verse como el diagrama comúnmente usado para tratar materiales de playa es, en general, más sencillo que para depósitos aluviales, aún cuando los procesos son significativamente semejantes.

2.4. PROCESOS DE ELABORACION Y TRANSFORMACION

El proceso de transformación de los minerales y concentrados de titanio viene condicionado por el producto final que pretende obtenerse. Partiendo de uno u otro tipo de concentrados, existen, a nivel industrial, multitud de caminos, métodos y técnicas para lograr un material apto para una aplicación concreta. En la fig. n° 7 se incluye un esquema que orienta sobre esta diversidad de posibilidades.

Asimismo, los distintos procesos han dado lugar a la aparición de una serie de productos intermedios con repercusión en el mercado y utilización más o menos directa por la industria demandante.

Si se acepta el titanio metal y sus aleaciones como el producto más elaborado que puede obtenerse a partir de los concentrados de titanio, de acuerdo con la figura anteriormente citada, los productos de transformación y sus procesos se pueden establecer en los siguientes niveles:

a) Productos de primera transformación

Son aquellos que se producen, normalmente en la clara ligazón de la industria minera y representan la aparición en mercado

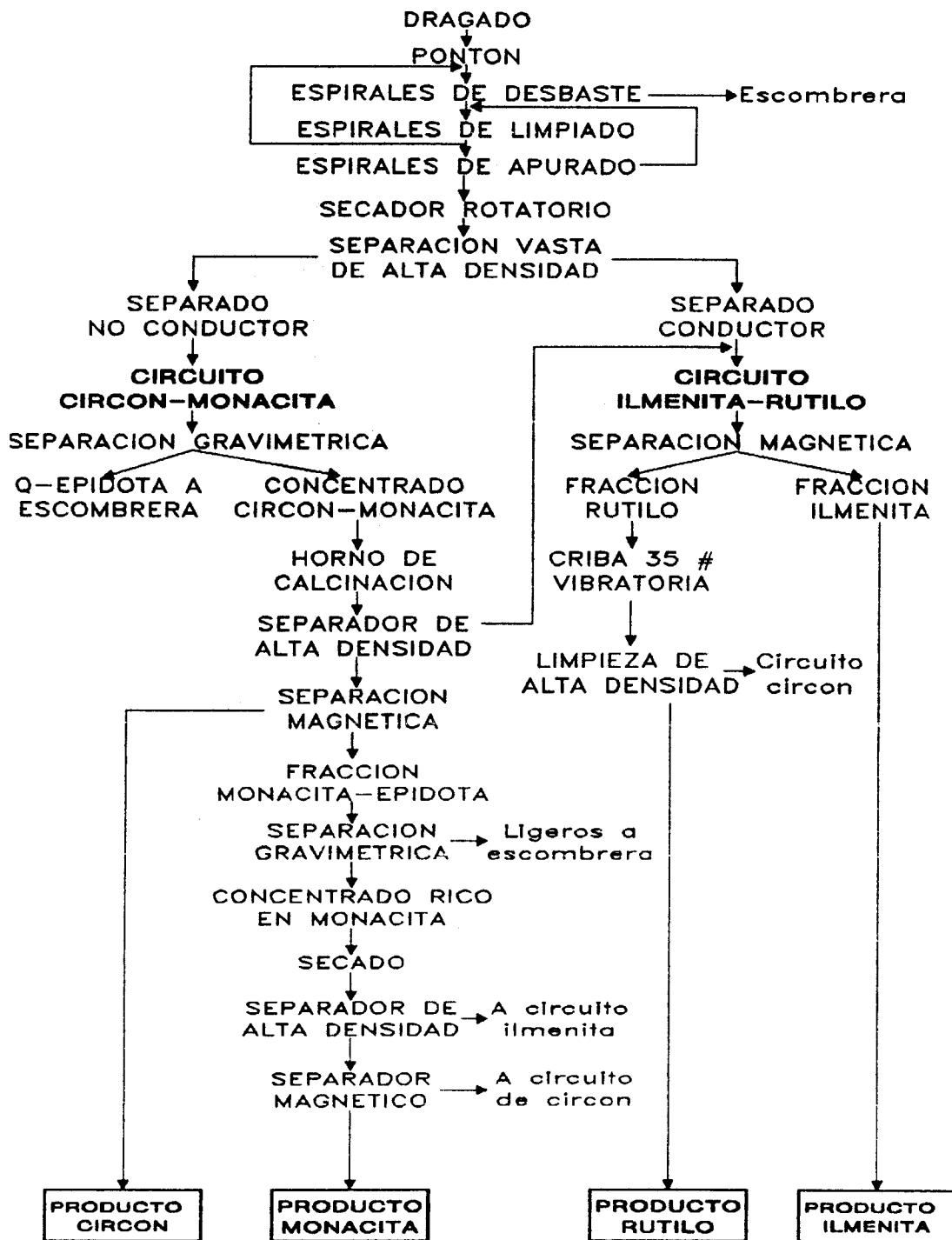


FIG. 6.- ESQUEMA GENERAL DE TRATAMIENTO DE ARENAS DE PLAYA

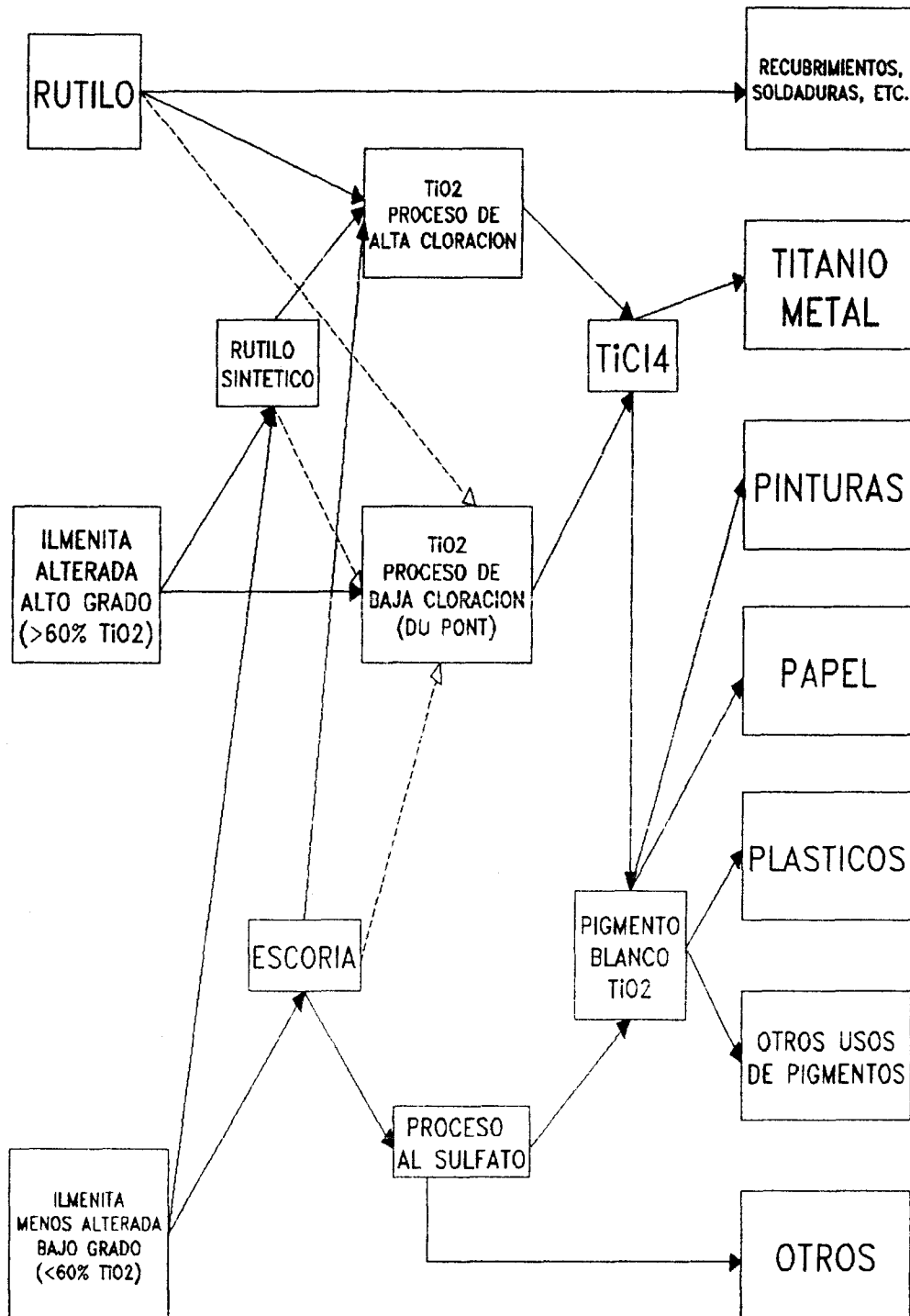


FIG 7.- PROCESOS DE UTILIZACION DEL TITANIO

de unos semi-elaborados de características similares a las de algunos concentrados minerales. Los productos de este grupo, con carácter más general, son dos: el rutilo sintético y las escorias titanníferas de los depósitos de titanio-hematites.

b) Productos semielaborados

Son aquellos que se producen tras un proceso de transformación química de los concentrados minerales o de los productos de primera transformación.

En este grupo se incluyen, básicamente, dos clases de materiales: el tetracloruro de titanio ($TiCl_4$) y el óxido de titanio para pigmentos (TiO_2). Estos materiales pueden producirse por dos procesos fundamentales: por cloración o por sulfatación.

c) Productos elaborados

Los materiales de este grupo incluyen al titanio metal y a sus aleaciones, en especial al ferrotitanio.

Son el resultado de la industria metalúrgica y, normalmente necesitan la producción de esponja de titanio como primer elemento de transformación, de tal forma que se llega a comercializar la misma como un material vendible más.

A continuación se examinan brevemente los procesos industriales seguidos para obtener cada uno de los productos mencionados.

2.4.1. PRODUCTOS DE PRIMERA TRANSFORMACION

Con frecuencia, los concentrados minerales recuperados por la industria minera deben ser sometidos a un proceso de primera

transformación, ligado a la actividad de beneficio, que los hace más idóneos para su destino final.

En este capítulo debería incluirse, en rigor, el proceso seguido con los concentrados de ilmenita-hematites para la obtención de una escoria de titanio con el 70% de TiO_2 . Sin embargo, la práctica tradicional hace que este método de transformación se incluya entre los sistemas de preparación mineralúrgica.

Los minerales procedentes de la transformación de la ilmenita que tienen un contenido en TiO_2 que se aproxima al presente en los concentrados de rutilo reciben el nombre de "rutilo sintético" o ilmenita beneficiada. Estos productos, normalmente fabricados por las propias empresas mineras ó sus subsidiarias más directas, son los considerados como productos de primera transformación.

Los procesos industriales seguidos para producir sustitutos del rutilo se clasifican en tres grupos:

- Aquellos en los cuales el hierro es reducido por completo a metal y separado del conjunto física o químicamente.
- Aquellos en los que el hierro es reducido a estado de ferroso y mediante una lixiviación química separado del titanio, y
- Aquellos en que la ilmenita es sometida a una cloración selectiva para separar el hierro y otras impurezas.

Siguiendo uno u otro camino para la producción del rutilo sintético, las plantas industriales existentes en el mundo se han desarrollado de acuerdo con patentes que, dando nombre al proceso, han impuesto su nombre en la terminología del titanio. Así, aun cuando existen muchos procesos, los principales establecidos y empleados son los siguientes:

- 1.- Proceso ISK. Fue desarrollado por la Ishihara Sangyo Kaisha, en 1971, en Japón.

El proceso consiste en una lixiviación con ácido sulfúrico de ilmenita reducida en presencia de óxido de titanio hidratado, que actúa de catalizador incrementando la precipitación de las sales de titanio.

La ilmenita se mezcla con coque y es reducida en horno rotatorio. Después de su enfriado los residuos se separan magnéticamente y la mena reducida es lixiviada.

- 2.- Proceso Benilite. Es el más establecido a nivel mundial y fue desarrollado por la Benilite Corp. of America.

El proceso consiste en una reducción parcial de los óxidos de hierro y un lixiviado posterior con ácido clorhídrico. La ilmenita se reduce a 900° C con coque y es lixiviada en dos etapas a 100° C con ácido clorhídrico al 20%.

- 3.- Proceso de Western Titanium. Este sistema se inició en 1968 por la Western Titanium NL, actual AMA.

El proceso consiste en una oxidación a alta temperatura para formar una pseudo brookita, y la posterior reducción con carbón del hierro, el cual se oxida y mezcla en una corriente de agua y aire para obtener un lodo de hidróxido de hierro, separándose un rutilo sintético de 92% de TiO_2 .

2.4.2. PRODUCTOS SEMIELABORADOS

Se denominan así los productos que, partiendo de minerales, naturales o sintéticos, mediante procesos de transformación química, pueden considerarse como básicos para la obtención de productos finales. En este grupo se encuentran dos materiales: el tetracloruro de titanio, $TiCl_4$, que es la base de la recuperación

de la esponja de titanio y, por tanto, de la metalurgia de este metal, y el óxido de titanio, TiO_2 , que es la materia prima para la elaboración de pigmentos y blanqueantes. Este segundo puede obtenerse también, a partir del $TiCl_4$, por lo que puede, en ocasiones, ser considerado como un producto final.

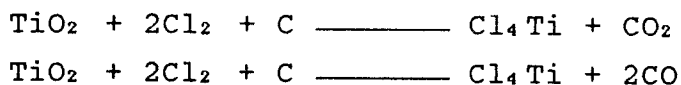
A continuación se describen brevemente los procesos tecnológicos incluidos en este apartado.

Proceso de cloruración

Este proceso proporciona un producto intermedio fundamental para la obtención del titanio metal y que puede ser utilizado en la fabricación de dióxido de titanio, el tetracloruro de titanio (Cl_4Ti).

La materia prima utilizada es el rutilo, aunque el proceso puede aplicarse también a la ilmenita e incluso a escorias de titanio.

El rutilo se combina con cloro gaseoso y coque de petróleo a una temperatura comprendida entre los 850 y 950° C según las reacciones:



Estas reacciones son exotérmicas y requieren un cuidadoso control en el seno de los tanques de cloruración donde tienen lugar. El producto obtenido, Cl_4Ti , es una vez condensado, un líquido incoloro, comúnmente denominado "tickle". El Cl_4Ti se somete a sedimentación y filtración con el fin de eliminar el lodo y otros materiales insolubles que lleva en suspensión. Normalmente se necesita un tratamiento de destilación fraccionada posterior, para conseguir el grado de pureza adecuado a la exigencia en

último término relativa a una esponja de titanio exenta de elementos contaminantes.

Las impurezas de eliminación más problemáticas son el oxiclорuro y el cloruro de aluminio por ser sus respectivos puntos de ebullición muy próximos al del tetracloruro de titanio. Para eliminar el oxiclорuro de vanadio se suele añadir ácido sulfhídrico a 90° C produciéndose un precipitado, donde se deposita todo el vanadio y hierro existentes.

El resto de los cloruros metálicos pasan a sulfuros o cloruros más reducidos y por tener un punto de ebullición más elevado se pueden ya separar con facilidad.

Tras el anterior tratamiento químico, es cuando se procede a la destilación fraccionada. La mezcla sólida de Cl_4Ti e impurezas asociadas, se somete a una nueva destilación en la que el tetracloruro de titanio se volatiliza totalmente, separándose de los elementos sólidos. Una vez condensados los vapores de Cl_4Ti se recoge el producto líquido purificado procediéndose a su almacenamiento.

Los tanques de cloruración pueden ser de lecho estático o fluido, si bien el uso de este último tipo se encuentra más extendido. Así, todas las instalaciones industriales de Estados Unidos son de lecho fluido. En los cloruradores de lecho estático la carga ha de ser previamente briqueteada o sinterizada, mientras que en los de base fluida son el propio mineral y el coque los constituyentes del lecho. Para el briqueteado o sinterizado de la carga, se cuece una mezcla bien amasada y en las debidas proporciones de rutilo, alquitrán y coque dentro de un horno de túnel. El producto sinterizado se almacena previa fragmentación.

El clorador de lecho estático se calienta eléctricamente mediante unos electrodos situados en el fondo, recubiertos por un lecho de grafito que actúa como resistencia eléctrica. Nada más

alcanzar los 800° C de temperatura y dada la naturaleza exotérmica de la reacción se puede interrumpir el suministro de calor, pues el proceso una vez iniciado no se detiene. El consumo de energía es aproximadamente de 2,2 kWh por kilo de titanio producido.

El mayor inconveniente que presenta el clorador de base estática consiste en que el material que no reacciona va acumulándose en el fondo y ha de ser interrumpido el proceso para realizar su limpieza.

En el clorador de base fluida no existe el problema anterior pues el material que no se combina va rebosando continuamente. Además, como ya se indicó anteriormente, el rutilo y el coque forman directamente el lecho de base sin tener que aglomerarse previamente. En este caso la unidad se calienta en un principio mediante la combustión de coque, manteniéndose la temperatura durante el periodo inicial de la reacción por inyección de gases de combustión y aire, desecados en las proporciones adecuadas.

Ya se estableció que el rutilo constituye la materia prima por excelencia del proceso para la obtención del Cl_4Ti , producto intermedio en la obtención de titanio metal. No obstante, también es posible la cloruración de la ilmenita, TiO_3Fe , si bien el hierro presente consume gran cantidad de cloro provocando la formación de Cl_3Fe , producto carente de interés económico. Otro inconveniente que se advierte son los mayores volúmenes y unidades con que es preciso operar para producir la misma cantidad de Cl_4Ti que se obtendría partiendo de rutilo. Además, en la cloruración de la ilmenita se producen continuas obstrucciones en el sistema de condensación debido a la formación de cloruros ferroso y férrico; cuando el cloruro férrico y el tetracloruro de titanio se condensan juntos, se forma un lodo espeso que dificulta el funcionamiento y retrasa todo el proceso.

La cloruración de las escorias de titanio procedentes del tratamiento de minerales de ilmenita-hematites presenta igualmente

considerables problemas, ya que el magnesio y el calcio presentes en la escoria forman una pasta que colapsa la reacción principal. Por otra parte, el consumo de cloro es bastante elevado y se obtiene menos cantidad de Cl_4Ti que utilizando el rutilo como materia prima mineral.

En cualquier caso, el mejor tipo de escoria para cloruración es la que se obtiene a partir de ilmenita de alta ley, que ha requerido una mínima adición de fundentes para su tratamiento.

El Cl_4Ti puede emplearse, como ya se ha dicho, indistintamente para la obtención de TiO_2 , pigmento de Ti, o para la obtención de esponja de titanio y consecuentemente titanio metal, mediante una pequeña variación de las especificaciones.

En la producción de pigmento, TiO_2 , el Cl_4Ti se oxida con aire u oxígeno y el producto, TiO_2 , de tamaño de grano fino, se calcina entre 500 y 600° C para eliminar el cloro residual y todo el ácido clorhídrico que pueda haberse formado durante la reacción. El cloruro de aluminio se añade al Cl_4Ti para asegurar que virtualmente todo el titanio es oxidado en la forma cristalina, rutilo.

La recuperación del dióxido de titanio en las plantas de obtención de pigmento, TiO_2 , es de aproximadamente un 89%, mediante el proceso de cloruración. No obstante, la obtención de TiO_2 se realiza preferentemente por el proceso de sulfatación, procedimiento que es objeto de análisis en el siguiente apartado.

En la figura nº 8 se incluye un esquema completo de este proceso de sulfatación.

Proceso de sulfatación

La producción comercial de dióxido de titanio, TiO_2 , es realizada prioritariamente por el proceso de sulfatación mediante el

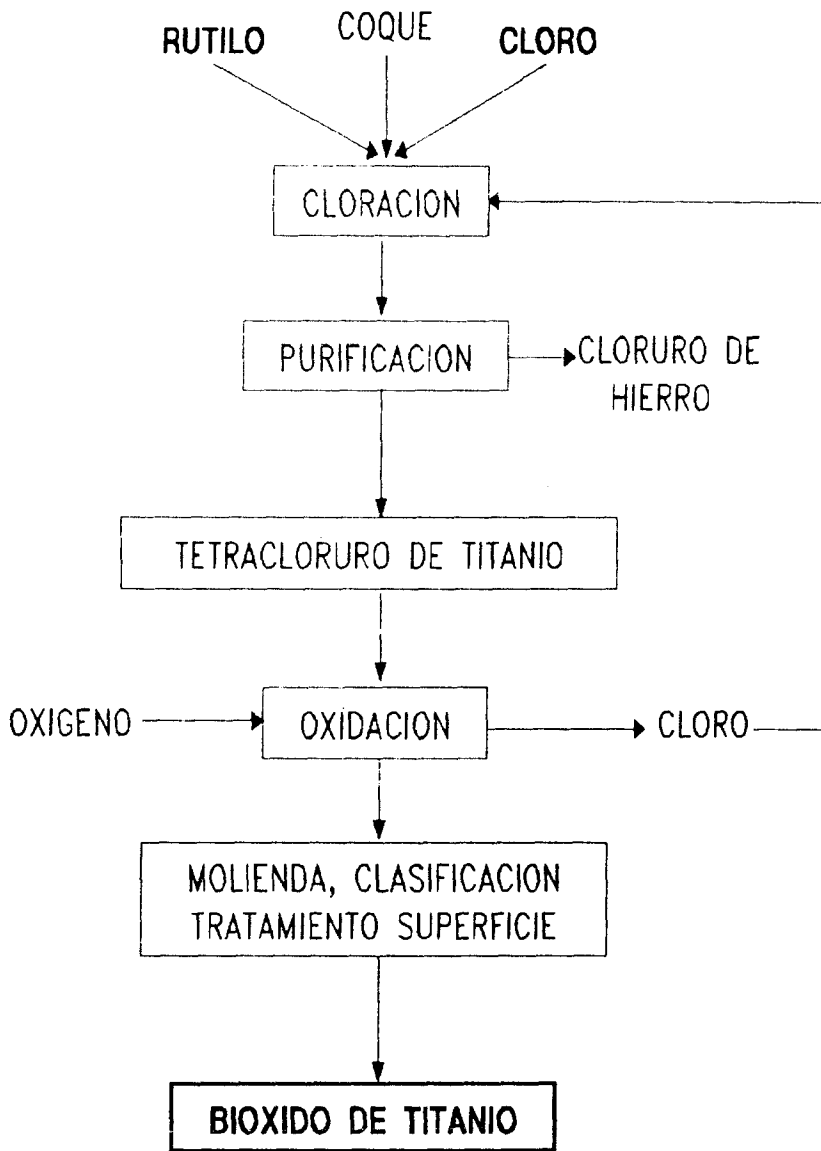


FIG. 8.- ESQUEMA DEL PROCESO DE CLORACION PARA OBTENCION DE BIOXIDO DE TITANIO

cual la materia prima, ilmenita o escoria de titanio de diversa procedencia, reacciona con ácido sulfúrico concentrado al 90%. Una parte importantes del sulfato de hierro existente cristaliza y se elimina, precipitando hidróxido de titanio mediante un proceso de hidrólisis.

A continuación se comentan más detalladamente las etapas principales del proceso de sulfatación.

En primer lugar es necesaria una etapa de molienda en la que en el caso de la ilmenita ha de lograrse que al menos el 95% de la materia prima presente un tamaño inferior a 44μ .

La segunda etapa consiste en la digestión del concentrado en una serie de tanques al efecto, a los que se incorpora SO_4H_2 . La reacción se lleva a cabo bajo presión y a un temperatura que puede llegar a los 110°C , aunque dado el fuerte carácter exotérmico de la misma una vez iniciada se desarrolla espontáneamente, haciendo innecesaria una nueva aportación de calor.

El siguiente paso lo constituye la sedimentación y reducción con chatarra de hierro. La mezcla pastosa obtenida de la reacción anterior una vez tratada con agentes coagulantes, normalmente sulfuro sódico, se bombea a los tanques de sedimentación. Una vez que se ha decantado la solución mediante un filtro centrifugador, pasa a los tanques de reducción donde por aportación de chatarra de hierro se consigue que todo el hierro presente se reduzca a estado ferroso.

En la disolución se encuentran $\text{SO}_4\text{TiO} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ y $\text{SO}_4\text{Fe} \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ principalmente. Más del 60% de este último compuesto se cristaliza al enfriar la solución en vacío hasta una temperatura de 10°C . Mediante una centrifugación y un lavado posterior se logra, centrifugando de nuevo, recuperar parte de la solución de titanio existente. La parte de solución restante se clarifica mediante

distintos procedimientos de filtrado, con arenas y diatomeas, principalmente.

Se realiza a continuación la etapa de hidrólisis. La disolución con un contenido aproximado de 140-150 gr/l de TiO_2 , 30 gr/l de Fe y 65-70 gr/l de SO_4H_2 , se concentra en un evaporador de plomo, pasando el concentrado a un tanque donde por hidrólisis precipita el $TiO(OH)$. En función del tipo de pigmento a cristalizar se añade previamente al producto precipitado, rutilo o anatasa, compuesto este último de igual composición química que el rutilo, TiO_2 , pero de características físicas netamente diferentes. Durante la hidrólisis es preciso mantener un control muy riguroso de los distintos parámetros que intervienen en la reacción, tales como temperatura, tiempo, concentración del SO_4H_2 y del SO_4Ti .

El pigmento precipitado se bombea a los tanques de enfriamiento y posteriormente al sistema de filtros, quedando el sulfato de hierro y otros materiales solubles separados mediante filtración y lavado. Las últimas cantidades de hierro son eliminadas convirtiendo en pasta el pigmento existente en los filtros, reduciendo el óxido férrico que pueda quedar con sulfato de titanio y filtrando y lavando de nuevo.

Con el objeto de que en la siguiente etapa, la de calcinación, pueda evitarse la sinterización, se añade previamente un agente que será carbonato sódico o carbonato potásico, según el pigmento haya cristalizado en forma de anatasa o de rutilo. También en este último caso se puede emplear además de carbonato sódico sulfatos de cinc o litio.

Una vez formada la pasta, se conduce a un horno rotatorio para su calcinación. Las temperaturas de entrada y salida de aproximadamente 360 y 980° C y el periodo de calcinación oscila entre 8 y 12 h. Después de obtener el producto calcinado, se pulveriza y enfría por inmersión en agua. El barro formado se trata con Na OH bombeándose a un hidroseparador. Los finos rebosan por

la parte superior y pasan a un espesador en el que son coagulados con cloruro cálcico. Este material ya espesado se filtra a presión, se deshidrata y se seca, y, por último, se prepara para su utilización mediante molienda. Los gruesos se tratan directamente en un molino de bolas.

La recuperación de dióxido de titanio en las plantas de obtención de pigmento de TiO_2 , mediante el proceso de sulfatación, es de aproximadamente un 80%.

En la figura nº 9 se especifica el diagrama general de este proceso.

2.4.3. PROCESOS FINALES. METALURGIA DEL TITANIO

La producción industrial del titanio metal se realiza fundamentalmente a partir del tetracloruro de titanio mediante tres procesos que se diferencian por su agente reductor. Mediante estos procedimientos se obtiene la denominada esponja de titanio, que una vez purificada y compactada por sucesivas fusiones, dará lugar al lingote de titanio metal.

Los procesos más comunes seguidos por la industria se describen a continuación.

Proceso Kroel

Consiste en la reducción del tetracloruro con magnesio. Se trata de una reacción fuertemente exotérmica.

Las principales características de este proceso se describen a continuación.

La reacción tiene lugar en un reactor de acero inoxidable, donde se ha introducido el magnesio en lingotes, cerrado con una

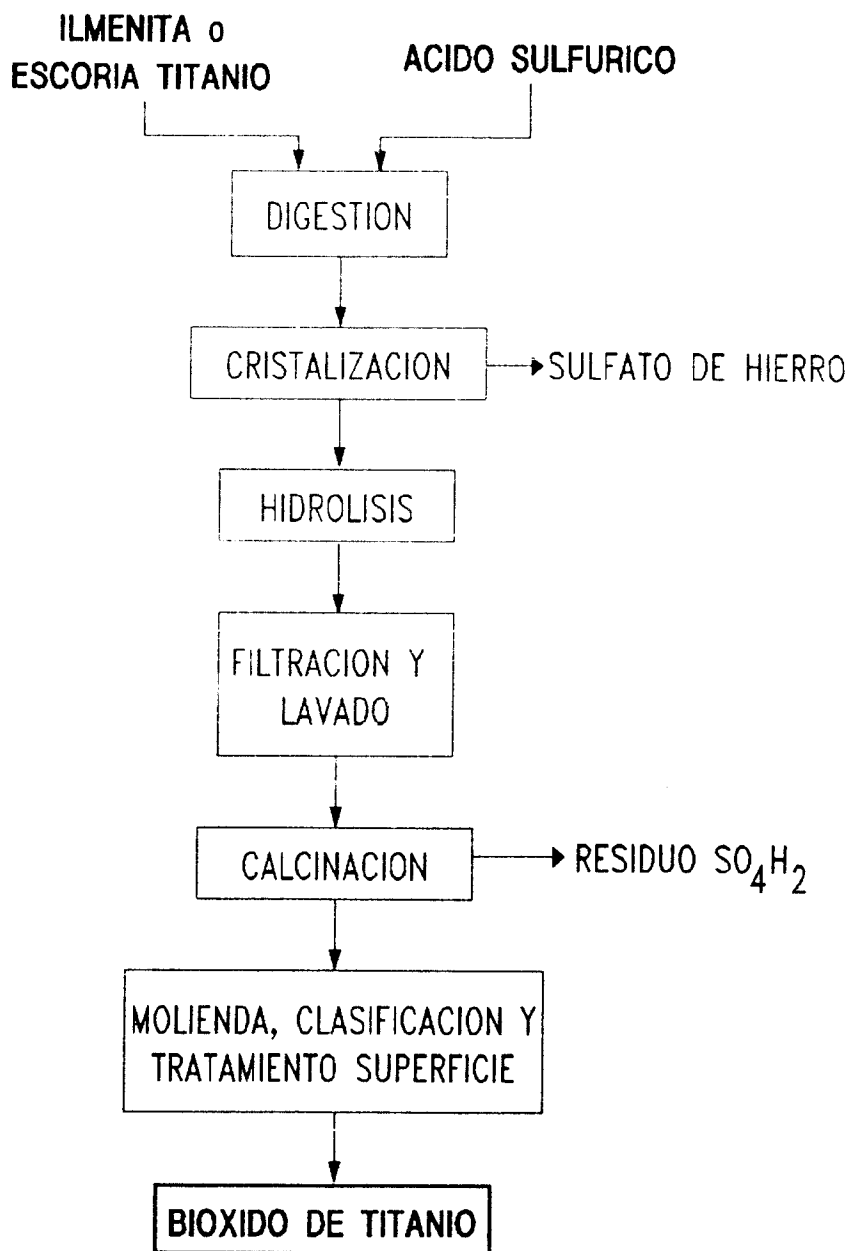


FIG. 9.- ESQUEMA DEL PROCESO DE SULFATACION PARA OBTENCION DE BIOXIDO DE TITANIO

tapa provista de tubos para dar entrada al tetracloruro y al gas inerte (helio, argón) que va a formar la atmósfera.

Para comenzar la operación, una vez cargado, se extrae el aire del reactor, se hace el vacío y se da entrada al gas, alcanzando la presión atmosférica. Se calienta el reactor hasta que comience la fusión del magnesio. Se añade el cloruro de titanio por uno de los tubos cuando la temperatura alcance los 750 ó 800° C. La temperatura aumenta rápidamente por lo que se regula la entrada del Cl_4Ti para mantenerla entre 800 y 900° C. El cloruro de magnesio producido es evacuado en sucesivas coladas a partir del momento en que se ha introducido un 60% de Cl_4Ti .

A continuación el reactor se enfría y se abre en un recinto donde la atmósfera esté muy seca. Las escamas de titanio obtenidas se recogen en un recipiente calentándose en un horno al vacío, hasta una temperatura de 910° C ó mas, con el fin de volatilizar el magnesio residual y el cloruro de magnesio, obteniéndose una esponja de titanio que se puede lixiviar con ClH para una mejor depuración.

La Oregon Metallurgical Corporation (OREMET) ha realizado una importante mejora mediante la aplicación de un gas inerte de lavado y utilizando un reactor horizontal, obteniéndose una serie de ventajas. Las cargas son mayores, el gas elimina el magnesio y el cloruro de magnesio residuales, pudiendo recuperarse el magnesio y el cloro para volver a utilizarlos.

Proceso Nilson-Petterson ó Hunter

Químicamente tiene el mismo fundamento que el proceso Kroel, variando únicamente el agente reductor que en este caso es el sodio. Es una reacción intensamente exotérmica.

Originalmente se desarrollaba en una etapa, pero investigaciones efectuadas por el U.S. Bureau of Mines han detectado que se

trata de una sucesión de reacciones. La reacción conjunta, globalmente considerada, puede suponerse escindida en dos etapas principales. En la Fig. 10 se muestra de forma esquemática el proceso.

En la primera etapa del proceso de reducción, el Cl_4Ti se introduce en un reactor continuo a 232°C , donde se combina con sodio metálico para formar dicloruro de titanio y cloruro sódico, que se descarga en fase fundida en una cuba de sinterización, a la cual se añade más sodio y se efectúa la segunda parte de la reacción, en la que reacciona el dicloruro de titanio y el sodio.

La segunda etapa se realiza en un horno de sinterización a temperatura inferior a 1.038°C . El titanio obtenido se presenta en forma de escamas que constituyen la esponja. En la Fig. 11 se presenta el esquema de flujo de la ICI MOND DIVISION para la obtención del titanio metal según el procedimiento Nilson-Petterson.

Proceso electrolítico

Ha sido desarrollado por la Titanium Metal Corporation of America (TIMET). Está basado en la electrolisis de una mezcla de Cl_4Ti con un electrolito de sales fundidas, mediante el cual se deposita el metal en el cátodo, mientras el cloro se libera en el ánodo. El diagrama de flujo de este proceso se indica en el Fig. 12.

La esponja purificada del Cl_4Ti se introduce en un cátodo tipo cesta de metal perforado, rodeado por una serie de ánodos de grafito en forma de barras cilíndricas alojadas en una celda refractaria y hermética llena de gas.

El titanio metal se va depositando en las paredes del cátodo formando una estructura cristalina porosa (esponja). Su recuperación se realiza eliminando el electrolito en una solución de ácido diluido.

PROCESO DE REDUCCION POR SODIO EN DOS ETAPAS

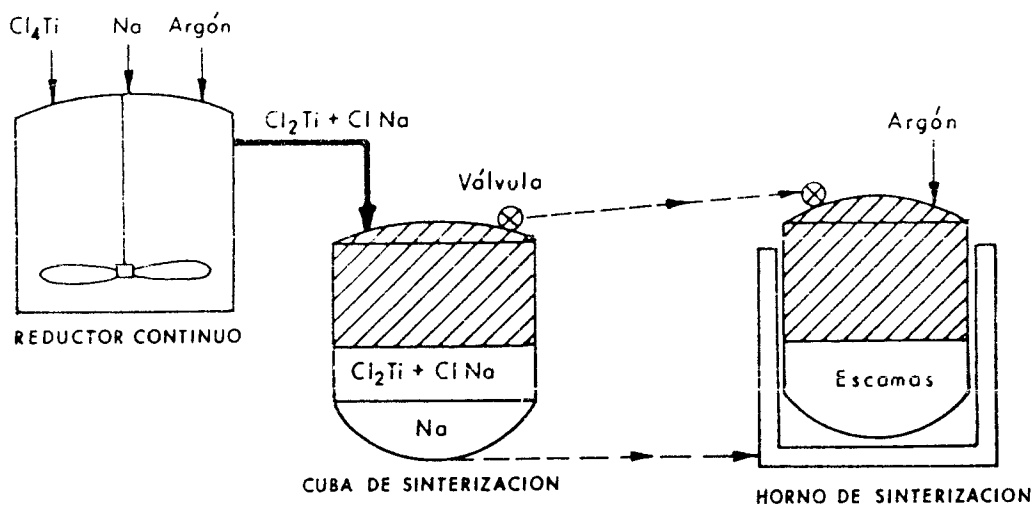


FIGURA 10.

DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA OBTENCION DEL Ti METAL
(ICI MOND DIVISION)

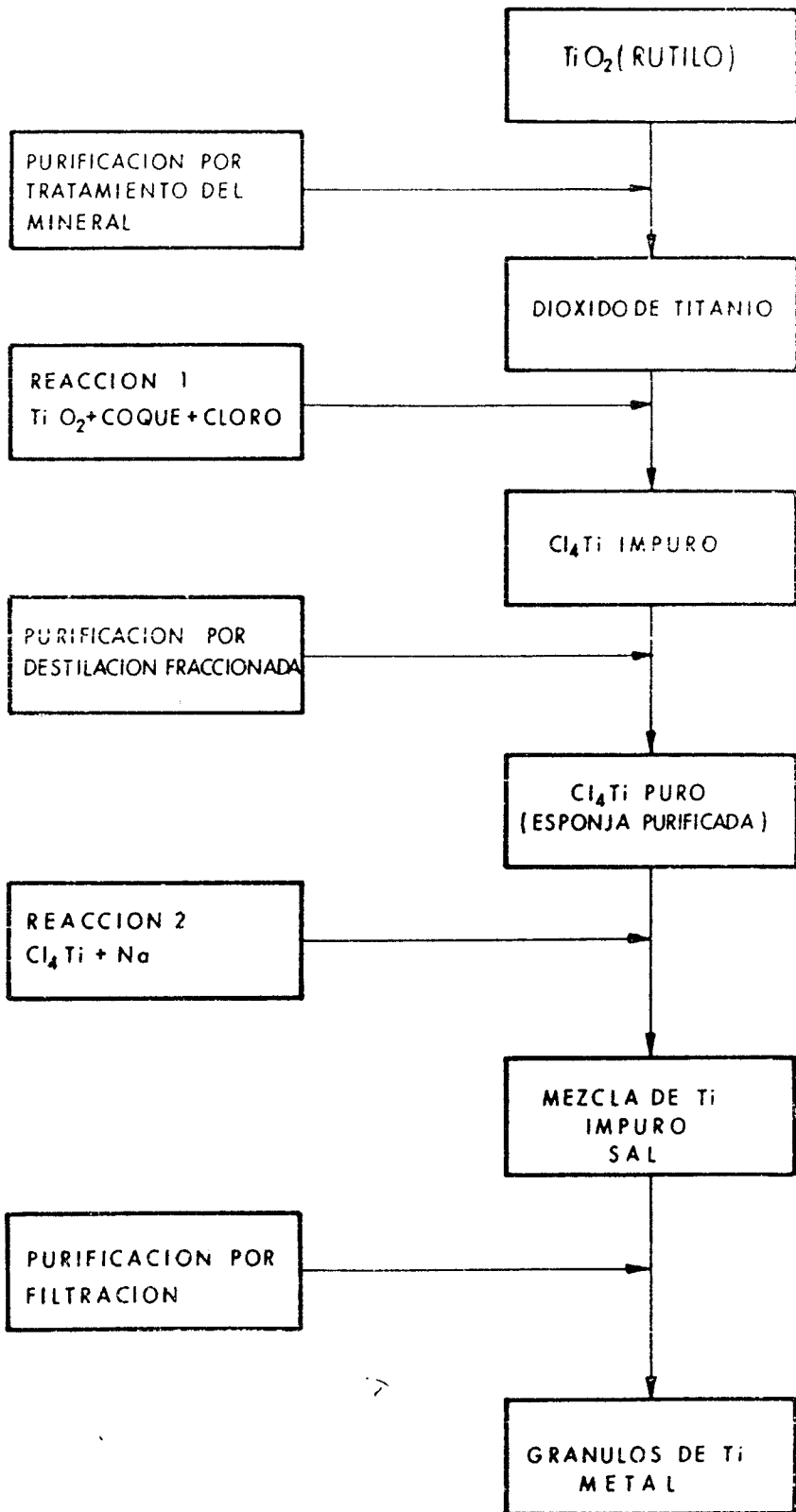


FIGURA 11.

Otros procesos

En los últimos tiempos se han desarrollado una serie de procesos de reducción directa que a continuación se resumen.

- Proceso con halogenuros: Es el de mayor interés, ya que por cloruración del material de partida se origina un producto de mayor actividad que los óxidos. Se puede realizar mediante tres tipos de reducción. Gaseosa, mediante hidrógeno, monóxido de carbono o hidrocarburos gaseosos. Asubhalogenuros, es decir, reducir el tetracloruro de titanio mediante hidrógeno en etapas. Metalotérmica, reducción del Cl_4Ti con sodio.
- Procesos sin halogenuros. Contempla la posibilidad de utilizar la ilmenita o el rutilo directamente o convertirlos en compuestos no halogenados, tales como carburo de titanio, nitruro, etc. Las diversas reducciones son las siguientes: Gasesoso, empleándose hidrógeno. Metalotérmico, es una reducción directa del dióxido de titanio con un agente metálico para obtener una aleación de titanio, que es refinada químicamente para obtener el titanio puro, y una escoria del óxido de metal reducido. Carbotérmico, utilizando carbón para reducir el TiO_2 . Sulfuración, conversión del dióxido en sulfuro y posterior tratamiento con magnesio para obtener titanio puro.
- Procesos electrolíticos. Se han hecho experiencias con electrolitos acuosos y con soluciones de compuestos de titanio en disolventes orgánicos, pero se presentan problemas para la electrodeposición del metal. Los mejores resultados se han obtenido utilizando Cl_4Ti como material de partida.

Procesos para la obtención del lingote

Existen dos procedimientos fundamentales para la consecución del lingote a partir de una esponja de titanio pura y acabada, la

fusión por arco y la fusión por inducción. Otro procedimiento menos extendido y bastante específico es el pulvimetalúrgico.

a) Fusión por arco al vacío

Es el de mayor utilización ya que prácticamente elimina la contaminación que lleve el titanio.

En primer lugar se compacta la esponja de titanio con virutas de metal y otros constituyentes, cuando se quiere alear. Las barras así formadas se sueldan por arco bajo atmósfera inerte, constituyendo un electrodo continuo, que según se va consumiendo por fusión es vertido a crisoles de cobre, cuyas paredes están refrigeradas por agua. De esta forma se obtiene un lingote de 1ª fusión. Este doble proceso de fundición proporciona al lingote de titanio metal o de aleación unas características de homogeneidad, acabado y consistencia, superiores a las obtenidas en el caso de fusión simple.

b) Fusión por inducción

Tiene mayores problemas que el anterior procedimiento en lo que a contaminación del lingote se refiere. Para paliar de alguna forma este inconveniente, la fusión de la esponja se realiza en atmósfera inerte, empleando crisoles de grafito de elevada densidad.

2.5. DATOS ECONOMICOS

Al igual que sucede con la mayoría de las sustancias minerales que presentan un carácter dual, y que pueden ser consideradas bien como minerales industriales, bien como base para la recuperación de un metal, la minería del titanio presenta una serie de peculiaridades en función de las características de sus productos vendibles.

Por tanto, como se ha estudiado en el apartado anterior, existen transformaciones más o menos ligadas a la minería (escoria y rutilo sintético), así como a la elaboración de productos intermedios, por uno u otro procedimiento, que prefieren, como materia prima, distintos materiales.

Debido a esta situación, la recopilación y estudio de los datos económicos que, a nivel mundial, establecen la evolución de la demanda de minerales de titanio y permiten extrapolar previsiones y tendencias, resulta muy dificultoso y a menudo no suficientemente satisfactorio.

Sin embargo, a continuación se examina la información de carácter económico que, en relación con los distintos escalones de esta industria, permite extraer una serie de conclusiones, a corto y medio plazo, cuyo interés es significativo, especialmente a la hora de valorar la evolución previsible de los recursos y las reservas de estos minerales.

2.5.1. PRODUCCION MINERA

La oferta mundial de titanio proviene, en una proporción muy elevada situada alrededor del 85% de la ilmenita y el resto en su casi totalidad del rutilo, quedando pequeñas cantidades para la anatasa, perouskita y leucóxeno.

En los cuadros nº 5 y 6 puede observarse la producción de concentrados de titanio proveniente de ambos minerales.

Las cifras totales de ilmenita, recogidas en la serie estadística correspondiente a los años comprendidos entre 1970 y 1985, muestran dos variaciones importantes en una tendencia casi lineal y estable; el descenso acusado entre los años 1974 y 1978 y el incremento surgido entre 1978 y 1983.

PRODUCCION MUNDIAL DE ILMENITA

| | 1970 | 1971 | 1972 | 1973 | 1974 | 1975 | 1976 | 1977 | 1978 | 1979 | 1980 | 1981 | 1982 | 1983 | 1984 | 1985 | 1986 | 1987 |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|
| EUROPA | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| FINLANDIA | 151 | 140 | 150 | 159 | 152 | 123 | 123 | 125 | 132 | 132 | 150 | 162 | 168 | 164 | 167 | 53 | | |
| NORUEGA | 579 | 642 | 608 | 753 | 848 | 527 | 767 | 829 | 767 | 820 | 828 | 660 | 552 | 556 | 652 | 735 | | |
| PORTUGAL | 0.238 | 0.890 | 0.752 | 0.610 | 0.274 | 0.212 | 0.367 | 0.229 | 0.251 | 0.268 | 0.232 | 0.334 | 0.472 | 0.247 | 0.164 | 0.227 | | |
| ESPAÑA | 27 | 24 | 22 | 5 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | | |
| U.R.S.S. (*) | - | - | - | - | 307 | 327 | 380 | 400 | 410 | 410 | 420 | 430 | 430 | 435 | 440 | 445 | | |
| TOTAL | 757 | 807 | 781 | 918 | 1.307 | 977 | 1.270 | 1.354 | 1.309 | 1.362 | 1.398 | 1.252 | 1.150 | 1.155 | 1.259 | 1.233 | | |
| AMERICA | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CANADA (1) | 1.892 | 1.893 | 2.049 | 2.082 | 844 | 750 | 814 | 1.442 | 1.810 | 1.004 | 1.853 | 2.008 | 1.735 | 940 | 1.160 | 1.350 | | |
| EE.UU. (*) (2) | 787 | 620 | 615 | 704 | 675 | 651 | 592 | 579 | 535 | 580 | 505 | 492 | 239 | 235 | 250 | 290 | | |
| BRASIL | 21 | 11 | 4 | 6 | 7 | 5 | 15 | 13 | 20 | 13 | 17 | 20 | 13 | 30 | 41 | 76 | | |
| TOTAL | 2.700 | 2.524 | 2.668 | 2.792 | 1.526 | 1.406 | 1.421 | 2.039 | 2.365 | 1.597 | 2.375 | 2.520 | 1.987 | 1.205 | 1.451 | 1.716 | | |
| ASIA | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| INDIA (4) | 79 | 91 | 91 | 77 | 132 | 82 | 175 | 154 | 173 | 163 | 185 | 189 | 177 | 134 | 140 | 170 | | |
| JAPON (4) | 3 | 2 | 2 | 2 | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | | |
| MALASIA | 223 | 156 | 154 | 185 | 154 | 112 | 180 | 154 | 166 | 212 | 199 | 177 | 77 | 207 | 224 | 249 | | |
| SRI LANKA | 85 | 93 | 83 | 93 | 81 | 64 | 65 | 34 | 36 | 55 | 34 | 80 | 68 | 80 | 102 | 115 | | |
| CHINA (*) | | | | | | | | | | | | 135 | 135 | 140 | 140 | 140 | | |
| TOTAL | 390 | 342 | 330 | 357 | 368 | 258 | 420 | 342 | 375 | 430 | 418 | 581 | 457 | 561 | 606 | 674 | | |
| OCEANIA | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| AUSTRALIA (4) | 886 | 814 | 707 | 720 | 817 | 991 | 959 | 1.033 | 1.255 | 1.181 | 1.385 | 1.321 | 1.149 | 893 | 1.493 | 1.317 | | |
| AFRICA | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SUDAFRICA (3) | - | - | - | - | - | - | - | - | 154 | 487 | 224 | 218 | 188 | 274 | 256 | 257 | | |
| TOTAL MUNDIAL | 4.733 | 4.487 | 4.486 | 4.787 | 4.018 | 3.632 | 4.070 | 4.768 | 5.458 | 5.057 | 5.800 | 5.892 | 4.931 | 4.088 | 5.065 | 5.197 | | |

UNIDAD: Miles de tm de titanio concentrado

FUENTE: World Mineral Statistics

(*) : Estimaciones

(1) : Excepto pequeñas cantidades de ilmenita, su producción correspondiente a slag

(2) : Las cifras comprenden tanto minerales de ilmenita, como de rutilo y escoria

(3) : Titanio contenido en minerales de titanio y slag

(4) : Parte de la ilmenita considerada da lugar a producción de rutilo sintético.

PRODUCCION MUNDIAL DE RUTILO

| | 1970 | 1971 | 1972 | 1973 | 1974 | 1975 | 1976 | 1977 | 1978 | 1979 | 1980 | 1981 | 1982 | 1983 | 1984 | 1985 |
|----------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| EUROPA | | | | | | | | | | | | | | | | |
| U.R.S.S. | - | - | - | - | - | - | 9.000 | 9.000 | 10.000 | 10.000 | 10.000 | 10.000 | 10.000 | 10.000 | 10.000 | 10.000 |
| AMERICA | | | | | | | | | | | | | | | | |
| BRASIL | 1 | - | 316 | 178 | 146 | 104 | 51 | 128 | 365 | 439 | 428 | 205 | 225 | 463 | 412 | 713 |
| ASIA | | | | | | | | | | | | | | | | |
| INDIA | 2.500 | 2.900 | 3.065 | 3.400 | 5.800 | 3.600 | 7.005 | 7.058 | 7.107 | 6.642 | 7.192 | 8.752 | 7.866 | 5.500 | 6.000 | 7.000 |
| SRI-LANKA | 2.395 | 2.586 | 2.151 | 2.252 | 3.051 | 3.111 | 1.019 | 950 | 11.497 | 14.675 | 12.789 | 13.301 | 7.212 | 8.386 | 6.467 | 8.605 |
| OCEANIA | | | | | | | | | | | | | | | | |
| AUSTRALIA | 370.867 | 374.705 | 313.139 | 335.231 | 318.702 | 348.350 | 389.750 | 325.281 | 257.075 | 274.533 | 311.744 | 230.817 | 220.697 | 163.374 | 170.424 | 207.566 |
| AFRICA | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SIERRA LEONA | 44.056 | 11.932 | - | - | - | - | - | - | - | 7.500 | 45.440 | 50.795 | 46.576 | 71.801 | 91.289 | 80.611 |
| SUDAFRICA (*) | | | | | | | | | 18.000 | 42.000 | 48.000 | 49.900 | 54.000 | 54.400 | 72.400 | 72.500 |
| TOTAL MUNDIAL | 419.819 | 392.123 | 318.671 | 341.061 | 327.699 | 355.165 | 406.825 | 346.917 | 304.044 | 355.789 | 435.593 | 363.770 | 346.576 | 313.924 | 356.992 | 386.995 |

UNIDAD: T de titanio contenido
FUENTE: World Mineral Statistics
(*) : Estimaciones

El primero se debió básicamente a la crisis económica mundial que tanto influyó en la atonía de la demanda de la industria en general y de la industria consumidora en particular.

A partir de 1978 dicha crisis comienza a superarse y este hecho, junto a la importante subida de los precios de los concentrados y productos de titanio, impulsó a los productores a aumentar fuertemente su oferta. Ya en 1982, los precios descienden de nivel y con ellos la producción de concentrados que, en 1985, se mantenía en niveles bastante equivalentes a los de 1970, habiendo aumentado tan solo un 10% sobre las cifras de dicho año.

En los primeros años de la década de los setenta, la producción del continente americano era, con diferencia, la mayor, representando un 57% del total mundial. aportando Canadá un 40% y el resto EE.UU.

Sin embargo, en los años posteriores, esta aportación ha ido decreciendo hasta representar en la actualidad un 26% para Canadá y solo un 5.6% para EE.UU. Este último caso no significa falta de reservas para este país, sino refleja su tendencia a conseguir importaciones a precios muy económicos de un material con costes elevados de producción y sin mermar así sus recursos de un material estratégico.

La disminución observada en los países mencionados no ha supuesto disminución de la producción mundial, ya que la misma se vio compensada con el aumento de la producción europea, especialmente de la U.R.S.S. y Noruega, así como la de Australia (2º productor mundial), China, India y Malasia.

Con respecto a la producción de rutilo, su evolución ha sido similar, manteniéndose unas cifras totales bastante constantes. El primer productor mundial es Australia, con volúmenes que, actualmente suponen un 54% del total mundial, pero que aún así son bastante inferiores a las de 1970. Sin embargo, su menor aportación

se vio compensada por la de Sierra Leona y Sudáfrica, que han aumentado sus aportaciones de forma muy importante desde 1978.

La producción de estos tres países supone el 93% de la producción mundial de rutilo.

2.5.2. PRODUCCION DE SEMIELABORADOS

Dentro de la industria del titanio, se consideran como productos semielaborados:

- Rutilo Sintético
- Slag (escorias)
- Dióxido de titanio (TiO_2)
- Tetracloruro de titanio ($TiCl_4$).

No se conocen ni si se publican cifras reales de las cantidades obtenidas de estos productos, incluso cuando sí existen cifras de su comercio.

Tanto la producción de rutilo sintético como de escorias (slag), se pueden considerar íntimamente unidas a la producción minera, de tal forma que, en gran número de casos, las obtienen las industrias extractoras mediante tratamiento químico de los minerales originales. Debido a esta situación, las cifras de producción de rutilo sintético quedan englobadas en las de producción minera de ilmenita, pues conjuntamente las dan las compañías explotadoras.

Sin embargo, sí se conocen las principales compañías productoras de este material, así como sus capacidades teóricas de producción, que quedan recogidas en el cuadro nº 7.

El mismo problema presenta el estudio de la producción de slag, teniendo también que acudir al estudio de las empresas productoras y de sus capacidades, para formarse una idea de la

PRINCIPALES COMPAÑIAS PRODUCTORAS DE RUTILO SINTETICO

| COMPAÑIA | LOCALIDAD | CAPACIDAD (t/a) | ZTiO2 | CARACTERISTICAS |
|-----------------------------------|-------------------------|-----------------------------|-------|-------------------------------|
| AUSTRALIA | | | | |
| Associated Minerals Consolidated | Capel, WA | 60 | 92/93 | Tecnología "Western Titanium" |
| | Naringulu, WA | 112 | 92/93 | |
| Westralian Sands, Ltd | Capel, WA | 100 | 92/93 | Proceso Lurgi |
| INDIA | | | | |
| Dhrangadhra (Chemical Works Ltd.) | Sahapuram Tamil Nadu | 25 | 90/92 | Proceso Wah Chang |
| Kerala Minerals of Metals Ltd | Chavara (Kerala) | 25 | 92 | Proceso Benelite |
| Indian Rare Earths Ltd | Orissa | 100 | 92 | Proceso Benelite |
| JAPON | | | | |
| Ishihara Sangyo Kaisha Ltd | Yokkaichi | 48 | 95 | Tecnología ISK |
| EE.UU. | | | | |
| Kerr Mc Gel Chemical Corp. | Mobile (Alabama) | 100 | | Proceso Benelite |
| TOTAL MUNDIAL | | 570 t/a de capacidad | | |

FUENTE: "Industrial Minerals"

actividad productora de esta industria. Ver cuadro nº 8, donde destaca el hecho de que solo tres países, Canadá (61%), República de Sudáfrica y Noruega, son suministradores de este material.

Algo similar ocurre cuando se intenta obtener cifras de producción del tetracloruro y del dióxido de titanio.

Del primer producto apenas puede obtenerse información, aunque sí del segundo y del sistema por el que lo obtienen, lo que permite, en principio, conocer los principales fabricantes del mismo.

Por lo que se refiere al dióxido de titanio, existe información tanto sobre las empresas productoras, (cuadro nº 9), como sobre la capacidad real de producción, diferenciando las cantidades de dióxido obtenido según proceso utilizado. (Cuadro nº 10)

A partir del cuadro nº 9, se llega a la conclusión de que alrededor del 74% del dióxido destinado a la producción de metal es obtenido en América del Norte y un 18% en Europa Occidental, quedando solo un 8% para el resto del mundo.

Por el contrario, el TiO_2 destinado a la fabricación de pigmentos se reparte de la forma siguientes: 50% producido en Europa Occidental, 17% en Norteamérica, y el 33% restante por los demás países productores.

2.5.3. PRODUCCION MUNDIAL DE TITANIO METAL Y SUS ELABORADOS

Como en el caso de los productos estudiados en los apartados anteriores, no existe información estadística ni sobre la producción de la esponja de titanio, titanio metal o ferroaleaciones. Por ello, hay que recurrir a informaciones similares a las ya utilizadas, que permitan situarse en el mercado de estos materiales.

PRINCIPALES COMPAÑIAS PRODUCTORAS DE SLAG

| COMPANIA | LOCALIDAD | CAPACIDAD (000 t/a) | ZTiO2 |
|--|--------------------------------|------------------------|-------|
| QIT-Fer et Titane Inc. | Allard Lake/Sorel | 1.300 | 80 |
| | Quebec (Canadá) | 200 | 85 |
| Richards Bay Minerals Tisand Pty. Ltd. | Richards Bay Natal (Sudáfrica) | 440 | 85 |
| K/S Ilmenittsmeltverket A/S | Tyssedal (Noruega) | 200 | 75 |
| TOTAL MUNDIAL | | 2.140 | |

FUENTE: "Industrial Minerals"

PRINCIPALES COMPAÑIAS PRODUCTORAS DE DIOXIDO DE TITANIO

| COMPAÑIA | LOCALIDAD | CAPACIDAD (t/a) | Proceso (1) | PROPIETARIO |
|--------------------------------|------------------------|--------------------|-------------|--|
| <u>AMERICA</u> | | | | |
| <u>BRASIL</u> | | | | |
| Tibras (Titanio de Brasil) | Bahía | 30.000 | S | Bayer afiliada |
| <u>CANADA</u> | | | | |
| Canada Titanium Pigments | Varenes (Quebec) | 36.000 | S | N.L. Industries Group |
| Tioxido Canada | Tracy (Quebec) | 33.000 | S | Tioxide Group |
| <u>MEJICO</u> | | | | |
| Pigmentos y Productos Químicos | Tampico | 30.000 | C | Du Pont afiliados |
| <u>EE.UU.</u> | | | | |
| E.I. Du Pont de Nemours | New Johnsonville | 207.000 | C | Du Pont de Nemours |
| | Edge Moore (Delaware) | 150.000 | C | " " |
| | Antioch (Calif.) | 25.000 | C | " " |
| N.L. Industries | Sayreville (N.Yersey) | 100.000 | S | N.L. St. Louis |
| American Cyanamid | Savannah (Georgia) | 69.000 | S | |
| | | 38.000 | C | |
| Glidden Pigments | Baltimore (Maryland) | 50.000 | S | Glidden Durkee |
| | | 30.000 | C | |
| | Ashtabula (Ohio) | 35.000 | C | |
| Gulf & Western | Gloucester (N.Yersey) | 40.000 | S | Gulf Western Natural |
| | Ashtabula (Ohio) | 25.000 | C | Ressources Group |
| Kerr McGee Chemical | Hamilton (Mississippi) | 46.000 | C | Kerr McGee Corp. |
| <u>EUROPA OCCIDENTAL</u> | | | | |
| <u>BELGICA</u> | | | | |
| Kronos SA-NV | Langerbrugge | 40.000 | S | Miembro N.L. Industries Group (EE.UU.) |
| Bayer S.A. | Antwerp | 25.000 | S | Miembro Bayer Group |
| <u>FINLANDIA</u> | | | | |
| Kemira Oy | Pori | 80.000 | S | Compañía Estatal |
| <u>FRANCIA</u> | | | | |
| Thann et Mullhouse | Thann | 20.000 | S | |
| | Le Havre | 80.000 | S | |
| Tioxide, S.A. | Calais | 63.000 | S | Miembro de Tioxide Group (U.K.) |

PRINCIPALES COMPAÑIAS PRODUCTORAS DE DIOXIDO DE TITANIO

| COMPAÑIA | LOCALIDAD | CAPACIDAD (t/a) | Proceso (1) | PROPIETARIO |
|--------------------------------|-------------------|--------------------|-------------|---|
| <u>ALEMANIA, R.F.</u> | | | | |
| Bayer, AG | Verdingen | 75.000 | S | |
| | | 20.000 | C | |
| Kronos Titan GmbH | Leverhusen | 80.000 | S | N.L. Industries Group (USA) |
| | | 40.000 | C | |
| Sachtleben Chemie | Nordenham | 60.000 | S | |
| | Homburg | 55.000 | S | Metallgesellschaft Gruppe |
| <u>ITALIA</u> | | | | |
| Montedison | Sprinetta-Marengo | 40.000 | S | |
| | Scarlino | 40.000 | S | |
| <u>PAISES BAJOS</u> | | | | |
| Tiofine | Botlek | 35.000 | S | American Cyanamid (USA) |
| <u>NORUEGA</u> | | | | |
| Kronos Titan A/S | Frederikstad | 25.000 | S | N.L. Industries Group |
| <u>ESPAÑA</u> | | | | |
| Dow-Unquinesa Titanio, S.A. | Bilbao | 25.000 | S | Dow Chemical (U.S.A.) Tioxide (U.K.) y U.E.R.T. |
| | Huelva | 30.000 | S | |
| <u>REINO UNIDO</u> | | | | |
| Laporte Industries | Stallingborough | 55.000 | S | |
| | | 40.000 | C | |
| BTP Tioxide Ltd. | Billingham | 30.000 | S | Tioxide Group (USA) |
| | Grimsby | 100.000 | S | |
| | Greatham | 30.000 | C | |
| <u>YUGOSLAVIA</u> | | | | |
| Cinkarna Celje | Celje | 20.000 | S | Estatal |
| <u>CHECOSLOVAQUIA</u> | | | | |
| Prerouske Chemishe | Prerov | 20.000 | S | Estatal |
| <u>POLONIA</u> | | | | |
| ZPN | Police | 36.000 | S | Estatal (tecn.Kronos) |
| <u>URSS</u> | | | | |
| | Armysansk | 80.000 | S | Estatal |
| | Sumy | 40.000 | S | " |
| | Yaroslavl | 4.000 | S | " |

PRINCIPALES COMPAÑIAS PRODUCTORAS DE DIOXIDO DE TITANIO

| COMPANIA | LOCALIDAD | CAPACIDAD (t/a) | Proceso (1) | PROPIETARIO |
|--|---------------------|--------------------|-------------|-------------------------|
| <u>ASIA</u> | | | | |
| <u>INDIA</u> | | | | |
| Travancore Titanium Products | Trivandrum (Kerala) | 14.000 | S | Tioxide Group y Estatal |
| <u>JAPON</u> | | | | |
| Teikoku Kako | Saidaju | 30.000 | S | Mitsubishi Group |
| Ishihara Sangyo Kaisha | Yokkaichi | 12.000 | C | |
| | | 92.000 | S | |
| Sakai Chemical Ind | Onahama | 25.000 | S | |
| Furukawa Mining | Osaka | 17.000 | S | |
| Tohoku Chemical | Akita | 14.000 | S | |
| Titan Kogyo | Ube | 13.000 | S | |
| Fuji Titanium Ind. | Kobe | 12.000 | S | |
| <u>COREA DEL SUR</u> | | | | |
| Hankuk | Yong Dung Po | 10.000 | S | |
| <u>CHINA</u> | | | | |
| Se piensa que produce entre 15-20.000 t/a de dióxido de titanio en Pekin y Shangai | | | | |
| <u>TAIWAN</u> | | | | |
| También tiene pequeñas producciones en Chin Shan y Kaohsing | | | | |
| <u>AUSTRALIA</u> | | | | |
| Tioxide Australia | Burnie, Tasmania | 30.000 | S | Tioxide Group |
| Laporte Titanium | Bunbury | 30.000 | S | Laporte Ind. |
| <u>SUDAFRICA</u> | | | | |
| South African Titan Products | Uabogintwini | 27.000 | S | Tioxide Group |

FUENTE: "Industrial Minerals"

(1) : Explotación subterránea o a cielo abierto.

CAPACIDAD MUNDIAL DE PRODUCCION DE DIOXIDO DE TITANIO

| ANOS | NORTEAMERICA | % PROCESO | EUROPA OCCIDENTAL | % PROCESO | RESTO DEL MUNDO | % PROCESO | TOTAL MUNDIAL | % PROCESO |
|-----------------|--------------|-----------|-------------------|-----------|-----------------|-----------|---------------|-----------|
| <u>1981</u> | | | | | | | | |
| Proceso cloruro | 542 | 66.0 | 93 | 9.7 | 50 | 9.8 | 682 | 29.5 |
| Proceso sulfato | 280 | 34.0 | 842 | 90.3 | 510 | 91.2 | 1.632 | 70.5 |
| Total TiO2 | 822 | | 932 | | 560 | | 2.314 | |
| <u>1982</u> | | | | | | | | |
| Proceso cloruro | 572 | 66.7 | 117 | 12.0 | 55 | 9.6 | 744 | 31.0 |
| Proceso sulfato | 285 | 33.3 | 857 | 88.0 | 515 | 90.4 | 1.657 | 69.0 |
| total TiO2 | 857 | | 974 | | 570 | | 2.401 | |
| <u>1983</u> | | | | | | | | |
| Proceso cloruro | 631 | 68.3 | 134 | 13.7 | 63 | 10.6 | 828 | 33.3 |
| Proceso sulfato | 293 | 31.7 | 833 | 86.3 | 531 | 89.4 | 1.662 | 66.7 |
| Total TiO2 | 924 | | 972 | | 594 | | 2.490 | |
| <u>1984</u> | | | | | | | | |
| Proceso cloruro | 645 | 68.3 | 148 | 15.1 | 71 | 11.3 | 864 | 34.0 |
| Proceso sulfato | 300 | 31.7 | 828 | 84.9 | 553 | 88.7 | 1.681 | 66.0 |
| Total TiO2 | 945 | | 976 | | 624 | | 2.545 | |
| <u>1985</u> | | | | | | | | |
| Proceso cloruro | 655 | 68.6 | 161 | 16.3 | 70 | 10.8 | 886 | 34.2 |
| Proceso sulfato | 300 | 31.4 | 828 | 83.7 | 577 | 89.2 | 1.705 | 65.8 |
| Total TiO2 | 955 | | 989 | | 647 | | 2.591 | |

UNIDAD: Miles de toneladas

FUENTE: Elaboración propia de "Industrial Minerals"

Así, solo se van a dar a conocer las principales compañías fabricantes de estos productos, sin mencionar a las que producen ferrotitanio y ferrosilicotitanio, que por ser más numerosas y extendidas por el mundo, tienen menor importancia específica. Básicamente son países de Europa Occidental y Europa del Este, EE.UU, Japón y Brasil.

Con respecto al resto de los productos obtenidos por esta industria metalúrgica: esponja de titanio, titanio metal (lingotes), titanio en polvo y titanio manufacturado, puede observarse que su explotación corresponde solo a países muy industrializados con alto grado de desarrollo tecnológico, fundamentalmente: EE.UU., Japón, Alemania, R.F., Canadá, Francia, Italia y Reino Unido.

A continuación se indican estas compañías:

- Esponja de titanio

- . TIMET (EE.UU.)
- . RMICo. (EE.UU.)
- . Oremet (EE.UU.)
- . International Titanium (EE.UU.)
- . Albany Titanium Inc. (EE.UU.)
- . Deeside Titanium Ltd. (U.K.)
- . E.M.G. (Elettrochimica Marco Ginatta SpA (Italia)
- . Nippon Soda Co. Ltd (Japón)
- . Osaka Titanium Co. Ltd. (Japón)
- . Showa Titanium Co. Ltd. (Japón)
- . Toho Titanium Co. Ltd. (Japón)
- . New Metals (Japón)
- . Ishizuka Research (Japón)

- Titanio metal (lingotes)

- . Schminiedewerk Krupp-Klöckner (Alemania)

- . EGS Lohans KG (Alemania)
- . W.C. HeraensgmbH (Alemania, R.F.)
- . Contimet Titanium Div (Alemania, R.F.)
- . Eldorado Ressources Ltd. (Canadá)
- . Futena Metal Technology (EE.UU.)
- . Howmet Turbine Componenty Corp. (EE.UU.)
- . International Light Metals Corp. (EE.UU.)
- . A. Johnson Metals Corp (EE.UU.)
- . Oremet Titanium (EE.UU.)
- . R.M.I. Co. (EE.UU.)
- . Southwestern Alloys Inc. (EE.UU.)
- . Teledyne Allvac (EE.UU.)
- . Teledyne Wah chang Albany (EE.UU.)
- . Teledyne Rodney Metals (EE.UU.)
- . Timet (EE.UU.)
- . Viking Metallurgical (EE.UU.)
- . Wyman-Gordon Co. (EE.UU.)
- . IMI Titanium Ltd. (Reino Unido)
- . Kauto Special Steel Works Ltd. (Japón)
- . Kobe Steel Ltd. (Japón)
- . Osaka Titanium Co. Ltd. (Japón)
- . Toho Titanium Co. Ltd. (Japón)

- Titanio metal en polvo

- . EMG. Elettrochimica Marco Ginatta SpA (Italia)
- . M & A Powders Ltd. (Reino Unido)
- . SPMS (Francia)
- . Albany Titanium (EE.UU.)
- . American Nickel Alloy Co. (EE.UU.)
- . Teledyne Work Chang Co. (EE.UU.)
- . Chemalloy Co. Inc. (EE.UU.)
- . R.M.I. Co. (EE.UU.)
- . Micron Metals Inc. (EE.UU.)
- . Nippon Soda Co. Ltd. (Japón)
- . Nippon Stell Co. (Japón)

- Titanio manufacturado

- . ALS Metals Co. (EE.UU.)
- . Cezus Compagnie Européenne du Zirconium (Francia)
- . Contimet Titanium (Alemania, R.F.)
- . IMI Titanium (Reino Unido)
- . Kobe Steel Ltd (Japón)
- . Schmiedewerke Krupp-Klöckner (Alemania)
- . Nippon Mining Co. (Japón)
- . Nippon Stell Corp (Japón)
- . Nu-Tech Precision Metals (Canadá)
- . RMI Co (EE.UU.)
- . Sumitomo Metals Industries Ltd. (Japón)
- . Teledyne Work Chang Albany (EE.UU.)
- . Titanium Industries (EE.UU.)
- . Titanium Metal Alloys Ltd. (Reino Unido)

2.5.4. COMERCIO INTERNACIONAL

2.5.4.1. Importaciones mundiales

Las compras de minerales de titanio, concentrados, titanio metal y óxidos de titanio, quedan recogidas en los cuadros nºs 11, 12, 13, 14 y 15.

En el primero de los cuadros enumerados, puede observarse la evolución de las importaciones de los minerales y concentrados de titanio, entre los años 1970 y 1985. En este último año, la cifra total solo es superior en un 10% a la del primer año de la serie.

Destaca la importante recesión aparecida entre 1976 y 1983, descenso compensado por las cifras importadoras de la ilmenita en el mismo periodo.

En este mercado, el mayor comprador fue Japón, país que por sí solo absorbió en 1985 casi el 50% del total mundial, seguido de

IMPORTACIONES MUNDIALES DE MINERALES DE TITANIO

| | 1970 | 1971 | 1972 | 1973 | 1974 | 1975 | 1976 | 1977 | 1978 | 1979 | 1980 | 1981 | 1982 | 1983 | 1984 | 1985 |
|----------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------|------------------|
| EUROPA | | | | | | | | | | | | | | | | |
| REINO UNIDO | 49.867 | 36.221 | 48.749 | 49.291 | 75.707 | 33.379 | 84.232 | 89.055 | 45.302 | 80.546 | 50.809 | 62.929 | 95.918 | 92.691 | 72.792 | 88.900 |
| BELG.-LUXEMB. | 61.954 | 68.348 | 69.247 | 71.120 | 121.125 | 31.350 | (2)101.941 | (2)67.244 | 36.979 | 26.577 | 45.020 | 41.435 | 34.281 | 40.626 | 48.251 | 51.062 |
| FRANCIA | 126.834 | 112.961 | 139.703 | 142.385 | 176.359 | 9.134 | (2)8.929 | (2)8.183 | 7.900 | 9.700 | 25.953 | 70.072 | 73.741 | 62.070 | 77.338 | 108.891 |
| ITALIA | 107.519 | 96.981 | 133.389 | 134.224 | 167.229 | 3.659 | (2)3.372 | (2)7.527 | 4.531 | 5.538 | 5.425 | 3.874 | 5.296 | 4.212 | 4.996 | 4.760 |
| FINLANDIA | 243 | 7.295 | 304 | 2.082 | 17.561 | 15.282 | 3.315 | 10.368 | 6.399 | 5.535 | 37.602 | 10.375 | 20.961 | 31.435 | 30.400 | |
| SUECIA | 3.505 | 2.728 | 2.927 | 3.754 | 4.797 | 4.234 | 3.075 | 2.718 | 1.448 | 2.393 | 3.592 | 2.050 | 3.730 | 2.233 | 3.200 | 4.636 |
| TURQUIA | 238 | 446 | 2.612 | 655 | 502 | 2.132 | 2.350 | 3.226 | 700 | 1.930 | 2.111 | 2.996 | 2.773 | 3.721 | | |
| ALEMANIA, R.F. | 213.785 | 209.003 | 121.570 | 116.739 | 108.815 | 83.757 | (2)88.376 | (2)121.029 | 112.570 | 52.471 | 33.814 | 22.465 | 29.899 | 29.956 | 30.242 | 19.193 |
| HOLANDA | - | - | - | - | - | 25.550 | (2)5.213 | (2)5.791 | 934 | 1.372 | 33.826 | 20.658 | 22.048 | 53.063 | 42.018 | 35.014 |
| U.R.S.S. (*) | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | 131.900 | 47.000 | 91.700 | 110.700 | 89.200 |
| TOTAL | 463.945 | 533.983 | 518.501 | 520.250 | 672.095 | 208.477 | 300.803 | 315.141 | 216.763 | 186.062 | 238.152 | 368.754 | 335.557 | 411.707 | 419.937 | 401.656 |
| AMERICA | | | | | | | | | | | | | | | | |
| EE.UU. | 220.688 | 196.512 | 270.576 | (1)215.228 | (1)214.342 | (1)192.942 | (1)155.895 | (1)156.439 | (1)135.327 | (1)100.888 | (1)176.896 | (1)220.511 | 224.842 | 125.834 | 190.363 | 264.742 |
| ARGENTINA | 1.348 | 1.736 | 1.755 | 1.815 | 2.433 | 1.568 | 1.809 | 2.053 | 2.493 | 2.142 | 2.034 | 1.125 | 1.930 | 2.402 | ... | ... |
| TOTAL | 222.036 | 198.248 | 272.331 | 217.043 | 216.775 | 194.510 | 157.504 | 158.492 | 137.820 | 103.030 | 178.930 | 221.636 | 226.772 | 128.236 | 190.363 | 264.742 |
| ASIA | | | | | | | | | | | | | | | | |
| HONG-KONG | 120 | 146 | 97 | 203 | 150 | 90 | | | | | | | | | | |
| JAPON | 538.270 | 553.723 | 446.161 | 493.719 | 680.511 | 444.056 | 496.750 | 495.967 | 399.161 | 420.433 | 409.080 | 323.057 | 367.500 | 411.047 | 645.972 | 604.044 |
| REP. COREA | | 6.222 | 4.722 | 13.956 | 18.469 | 5.222 | 15.861 | 22.292 | 31.963 | 12.314 | 31.150 | 21.376 | 29.086 | 32.447 | 39.259 | 34.300 |
| SINGAPUR | 129 | 58 | 595 | 143 | 144 | 196 | 397 | 491 | 655 | 1.177 | 541 | 85 | 779 | - | - | - |
| TAILANDIA | 148 | 181 | 461 | 1.031 | 591 | ... | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| FILIPINAS | - | - | - | - | - | - | - | - | 726 | 493 | 922 | 676 | 1.099 | 973 | 713 | 487 |
| TOTAL | 538.667 | 560.330 | 452.036 | 509.352 | 699.865 | 449.564 | 513.008 | 518.750 | 432.505 | 434.417 | 441.693 | 345.194 | 398.458 | 444.467 | 685.944 | 638.831 |
| AFRICA | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ARGELIA | - | - | 356 | 107 | 111 | 322 | 482 | 277 | 288 | 433 | 451 | 390 | - | 0 | - | ... |
| TOTAL | - | - | 356 | 107 | 111 | 322 | 482 | 277 | 288 | 433 | 451 | 390 | - | 0 | - | ... |
| TOTAL MUNDIAL | 1.274.648 | 1.292.561 | 1.243.224 | 1.246.752 | 1.588.846 | 852.873 | 971.797 | 992.660 | 787.376 | 723.942 | 859.226 | 935.974 | 960.787 | 984.410 | 1.296.244 | 1.305.229 |

UNIDAD: Toneladas

FUENTE: World Mineral Statistics

(*) : Estimaciones a partir de exportaciones de otros países

(1) : Minerales de titanio y slag

(...): Desconocidas

(2) : Cifras que incluyen importaciones de ilmenita y rutilo

EE.UU. (20%), Francia (8%), Bélgica-Luxemburgo (6%) y la U.R.S.S. (6%), llevándose entre estos seis países el 90% de las compras de estos materiales.

Con respecto a la ilmenita, destaca Europa, que por sí sola demanda el 70% de las importaciones, absorbiendo el resto el continente americano.

Por países, el primer puesto lo ocupan Alemania, R.F. (30%) y EE.UU. (30%), seguidos por Inglaterra (18%), Italia (9%) y Francia (8%).

Las cifras referentes al rutilo quedan recogidas en el cuadro nº 13, en el que se observa el fuerte incremento surgido entre 1972 y 1980, para luego descender paulatinamente hasta 1983 y mantenerse, con ligeras oscilaciones, a partir de tal fecha.

En general, el comercio del rutilo implica a muy pocos países, tanto en su oferta como en su demanda, ya que entre los países compradores solo destacan EE.UU. (74% del total) y Yugoslavia (21%).

El titanio metal, cuya evolución queda recogida en el cuadro nº 14, ha duplicado su volumen de importaciones entre los años de comienzo y fin de la serie, si bien su fuerte marcha ascendente se cortó en 1981, sufriendo a partir de tal fecha ligeras oscilaciones, aunque con tendencia claramente positiva.

Con respecto a este producto, Europa es la principal importadora (77%), quedando el resto para América (23%).

Por países, Inglaterra supera a EE.UU., siguiendo a ambos Alemania, Italia y Francia.

Por último, se analiza el comercio de los óxidos de titanio, que queda reflejado en el cuadro nº 15, que recoge la marcha

IMPORTACIONES MUNDIALES DE ILMENITA

| | 1970 | 1971 | 1972 | 1973 | 1974 | 1975 | 1976 | 1977 | 1978 | 1979 | 1980 | 1981 | 1982 | 1983 | 1984 | 1985 |
|----------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| EUROPA | | | | | | | | | | | | | | | | |
| REINO UNIDO | 345.525 | 361.312 | 275.586 | 358.511 | 317.421 | 225.264 | 297.087 | 298.983 | 261.405 | 302.444 | 261.615 | 225.772 | 258.955 | 188.703 | 248.110 | 277.971 |
| BELG.-LUXEMB. | - | - | - | - | - | - | 36 | 2.041 | 63.641 | 75.517 | 33.058 | 78.510 | 37.020 | 63.501 | 43.251 | 71.237 |
| FRANCIA | - | - | - | - | - | - | 185.073 | 135.944 | 146.577 | 119.708 | 85.377 | 90.755 | 80.118 | 116.251 | 90.513 | 124.164 |
| ALEMANIA, R.F. | 363.117 | 278.202 | 335.929 | 373.185 | 419.623 | 246.434 | 384.357 | 478.333 | 406.992 | 521.534 | 451.088 | 516.503 | 379.513 | 373.776 | 425.444 | 467.169 |
| ITALIA | - | - | - | - | - | - | 176.382 | 133.985 | 121.897 | 76.629 | 25 | 43 | 1.199 | 2.102 | 17.386 | 141.419 |
| HOLANDA | - | - | - | - | - | - | 5.807 | 2.021 | 412 | 2.885 | 3.312 | 3.628 | 200 | 639 | 9.850 | 4.816 |
| ESPAÑA | 12.648 | 30.268 | 39.468 | 43.766 | 76.596 | 54.851 | 101.302 | 133.272 | 106.200 | 162.977 | 134.920 | 145.166 | 138.016 | 130.137 | 185.060 | - - - |
| TOTAL | 721.290 | 669.782 | 650.983 | 775.462 | 813.640 | 526.549 | 1.150.044 | 1.184.579 | 1.107.124 | 1.261.694 | 969.395 | 1.060.377 | 895.021 | 875.109 | 1.019.614 | 1.086.776 |
| AMERICA | | | | | | | | | | | | | | | | |
| EE.UU. | 14.928 | 205.070 | 13.459 | 63.177 | 74.796 | 110.686 | 152.772 | 303.898 | 280.022 | 334.025 | 333.547 | 225.465 | 322.380 | 237.186 | 376.374 | 460.548 |
| BRASIL | 10.109 | 10.161 | 20.829 | 37.765 | 35.880 | 27.517 | 41.250 | 69.632 | 56.335 | 56.437 | 55.016 | 69.408 | 59.510 | 21.020 | 35.729 | - - - |
| MEXICO | - | - | - | - | - | - | - | - | 63.572 | 59.724 | 63.588 | 50.820 | 41.994 | 76.157 | 95.518 | 29.567 |
| TOTAL | 125.037 | 215.231 | 34.288 | 100.942 | 110.676 | 138.203 | 194.022 | 373.530 | 399.929 | 450.186 | 452.151 | 345.693 | 423.884 | 334.363 | 507.621 | 490.115 |
| TOTAL MUNDIAL | 846.327 | 885.013 | 685.271 | 876.404 | 924.316 | 664.752 | 1.344.066 | 1.558.109 | 1.507.053 | 1.711.880 | 1.421.456 | 1.406.070 | 1.138.905 | 1.209.472 | 1.527.235 | 1.576.891 |

UNIDAD: Toneladas

FUENTE: World Mineral Statistics

- - - : No se dispone de datos

IMPORTACIONES MUNDIALES DE RUTILO

| | 1970 | 1971 | 1972 | 1973 | 1974 | 1975 | 1976 | 1977 | 1978 | 1979 | 1980 | 1981 | 1982 | 1983 | 1984 | 1985 |
|-------------------|-------|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| EUROPA | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PORTUGAL | 432 | 257 | 149 | 268 | 259 | 180 | 239 | 523 | 476 | - | - | - | - | - | - | - |
| YUGOSLAVIA | 1.427 | 1.874 | 2.637 | 24.031 | 36.757 | 51.969 | 45.093 | 47.305 | 45.980 | 23.742 | 52.142 | 47.232 | 48.070 | 53.470 | 47.209 | .... |
| TOTAL | 1.859 | 2.131 | 2.786 | 24.299 | 37.016 | 52.149 | 45.332 | 47.828 | 46.456 | 23.742 | 42.142 | 47.232 | 48.070 | 53.470 | 47.209 | .... |
| AMERICA | | | | | | | | | | | | | | | | |
| BRASIL | 1.061 | 1.364 | 2.654 | 2.310 | 3.213 | 3.206 | 4.800 | 2.066 | 4.070 | 2.942 | 4.964 | 2.421 | 3.052 | 1.972 | 2.496 | .... |
| EE.UU. (2) | .... | .... | 200.064 | 205.804 | 223.611 | 203.662 | 255.565 | 112.309 | 262.736 | 272.176 | 250.468 | 206.953 | 162.930 | 101.222 | 163.754 | 162.988 |
| MEXICO (3) | - | - | - | - | - | - | - | - | 1.944 | 2.692 | 2.938 | 3.218 | 2.563 | 2.297 | 2.506 | 2.507 |
| TOTAL | 1.061 | 1.364 | 202.718 | 208.114 | 226.824 | 206.868 | 260.365 | 114.375 | 268.750 | 277.810 | 258.370 | 212.592 | 168.545 | 105.491 | 168.756 | 165.495 |
| ASIA | | | | | | | | | | | | | | | | |
| REP. DE COREA (1) | .... | 597 | 680 | 1.029 | 1.456 | 1.675 | 2.343 | 3.220 | 4.138 | 4.631 | 3.740 | 4.652 | 4.375 | 5.252 | 4.812 | 5.270 |
| FILIPINAS | - | - | 918 | 615 | 552 | 573 | 539 | 252 | 726 | 493 | 922 | .... | .... | .... | .... | .... |
| TAILANDIA | - | - | - | 441 | 618 | 799 | 930 | 955 | 1.225 | 799 | 930 | 955 | 1.225 | 1.235 | 781 | 1.867 |
| TOTAL | .... | 597 | 1.598 | 2.085 | 2.626 | 3.047 | 3.812 | 4.427 | 6.089 | 5.923 | 5.592 | 5.607 | 5.600 | 6.487 | 5.593 | 7.137 |
| TOTAL MUNDIAL | 2.920 | 4.092 | 207.102 | 234.498 | 266.466 | 262.064 | 309.509 | 166.630 | 321.295 | 307.475 | 316.104 | 2653431 | 222.215 | 465.448 | 221.558 | 172.632 |

(1) : Arenas de rutilo

(2) : Incluyendo rutilo sintético

(3) : Arenas de rutilo micronizadas

IMPORTACIONES MUNDIALES DE TITANIO METAL

| | 1970 | 1971 | 1972 | 1973 | 1974 | 1975 | 1976 | 1977 | 1978 | 1979 | 1980 | 1981 | 1982 | 1983 | 1984 | 1985 |
|----------------------|---------------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| EUROPA | | | | | | | | | | | | | | | | |
| INGLATERRA (*) (1) | 839 | 318 | 744 | 1.373 | 1.258 | 3.487 | 5.866 | 3.952 | 7.981 | 7.000 | 8.000 | 6.200 | 7.100 | 6.900 | 7.900 | 7.960 |
| BELG-LUXEMB. | 540 | 312 | 454 | 967 | 1.739 | 1.598 | 1.659 | 607 | 1.463 | 4.097 | 1.420 | 914 | 1.015 | 790 | 463 | 1.313 |
| FRANCIA | 1.095 | 1.556 | 1.071 | 1.121 | 1.137 | 1.518 | 1.660 | 1.025 | 965 | 1.786 | 2.809 | 3.348 | 2.896 | 1.774 | 2.397 | 2.700 |
| ALEMANIA, R.F. | 3.078 | 2.018 | 1.485 | 3.090 | 3.806 | 4.431 | 3.298 | 2.284 | 3.871 | 3.836 | 4.878 | 4.843 | 3.189 | 2.046 | 4.223 | 3.976 |
| ITALIA | - | - | - | - | - | 2.195 | 1.609 | 1.954 | 2.770 | 2.856 | 1.539 | 1.965 | 1.850 | 1.991 | 2.806 | 3.010 |
| HOLANDA | - | - | - | - | - | - | 264 | 221 | 240 | 260 | 239 | 394 | 171 | 244 | 253 | 215 |
| ESPAÑA | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 280 | 1.390 | 1.354 | 1.094 | .... |
| SUECIA | 511 | 319 | 274 | 650 | 961 | 1.554 | 1.396 | 737 | 1.169 | 1.025 | 1.401 | 1.737 | 1.033 | 1.145 | 802 | 634 |
| TOTAL | 6.063 | 4.523 | 4.028 | 7.201 | 8.901 | 14.783 | 15.752 | 10.780 | 18.459 | 20.860 | 20.286 | 19.681 | 18.544 | 16.244 | 19.938 | 19.808 |
| AMERICA | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CANADA | 262 | 160 | 202 | 252 | 416 | 405 | 439 | 372 | 641 | 731 | 616 | 552 | 504 | 275 | 356 | 587 |
| EE.UU. | 6.437 | 4.009 | 3.442 | 6.477 | 10.149 | 5.060 | 3.584 | 6.788 | 5.975 | 8.930 | 9.179 | 10.794 | 3.400 | 4.368 | 7.164 | 5.283 |
| TOTAL | 6.699 | 4.169 | 3.644 | 6.729 | 10.565 | 5.465 | 4.023 | 7.160 | 6.616 | 9.661 | 9.795 | 11.346 | 3.904 | 4.643 | 7.520 | 5.870 |
| ASIA | | | | | | | | | | | | | | | | |
| COREA, REP. | - | - | - | - | - | - | - | - | 3 | 82 | 124 | 936 | 391 | 367 | 361 | 111 |
| TOTAL | - | - | - | - | - | - | - | - | 3 | 82 | 124 | 936 | 391 | 367 | 361 | 111 |
| TOTAL MUNDIAL | 12.762 | 8.692 | 7.672 | 13.930 | 19.466 | 20.248 | 19.775 | 17.940 | 25.078 | 30.603 | 30.205 | 31.963 | 22.839 | 21.254 | 27.819 | 25.789 |

UNIDAD: Toneladas

FUENTE: World Mineral Statistics

(*) : Estimaciones a partir de exportaciones de otros países

(1) : Cifras estimadas a partir de 1979.

IMPORTACIONES MUNDIALES DE OXIDOS DE TITANIO

| | 1976 | 1977 | 1978 | 1979 | 1980 | 1981 | 1982 | 1983 | 1984 | 1985 |
|--------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|------------|----------|
| EUROPA | | | | | | | | | | |
| INGLATERRA | 24.170 | 26.470 | 32.180 | 34.996 | 28.221 | 36.685 | 36.072 | 39.309 | 34.248 | 34.400 |
| BELG-LUXEMB. | 19.898 | 20.783 | 23.193 | 24.888 | 21.642 | 21.146 | 22.530 | 25.497 | 29.124 | 29.808 |
| DINAMARCA | 7.806 | 7.042 | 7.559 | 7.898 | 7.421 | 8.338 | 7.482 | 8.370 | 9.926 | 10.554 |
| FRANCIA | 39.414 | 37.620 | 45.576 | 45.211 | 43.885 | 44.860 | 43.707 | 44.079 | 48.828 | 46.700 |
| ALEMANIA, R.F. | 57.328 | 61.308 | 69.603 | 73.206 | 70.834 | 70.260 | 67.402 | 73.730 | 76.783 | 81.916 |
| GRECIA | 7.005 | 3.313 | 2.179 | 17.122 | 8.691 | 9.278 | 8.051 | 8.484 | 8.770 | 9.547 |
| IRLANDA | 3.451 | 3.677 | 3.644 | 3.464 | 2.880 | 3.655 | 3.017 | 2.289 | 3.419 | 3.071 |
| ITALIA | 42.318 | 38.026 | 45.791 | 45.976 | 43.678 | 49.987 | 48.299 | 53.236 | 54.769 | 55.216 |
| HOLANDA | 22.240 | 20.714 | 23.068 | 27.723 | 20.127 | 24.467 | 21.116 | 23.102 | 27.333 | 29.312 |
| AUSTRIA | 9.176 | 8.792 | 10.557 | 9.195 | 8.967 | 8.894 | 9.001 | 9.640 | 10.637 | 11.915 |
| BULGARIA (*) | - | - | 2.300 | 2.700 | 2.300 | 2.700 | 1.400 | 1.400 | 1.900 | 3.400 |
| CHECOSLOVAQUIA (*) | - | - | - | 6.000 | 7.300 | 5.600 | 3.800 | 3.000 | 2.900 | 3.800 |
| FINLANDIA | - | - | - | 700 | 918 | 953 | 1.147 | 2.125 | 2.261 | 2.498 |
| ALEMANIA, R.D. (*) | 16.171 | 16.163 | 16.750 | 23.100 | 23.500 | 21.000 | 19.000 | 17.200 | 20.700 | 17.900 |
| NORUEGA | 4.179 | 3.445 | 3.168 | 4.582 | 4.490 | 4.189 | 4.373 | 5.086 | 4.924 | 6.609 |
| PORTUGAL | 6.632 | 7.528 | 7.834 | 8.278 | 8.840 | 9.101 | 9.473 | 8.727 | 10.371 | .... |
| RUMANIA (*) | - | - | - | 12.800 | 10.900 | 9.500 | 5.000 | 5.500 | 5.800 | 6.300 |
| U.R.S.S. (*) | - | - | - | 4 | - | 4.100 | 4.600 | 2.800 | 2.500 | 9.800 |
| ESPAÑA | 2.216 | 3.961 | 4.586 | 6.774 | 7.902 | 10.128 | 12.660 | 11.608 | 10.622 | .... |
| SUECIA | 19.460 | 16.705 | 17.819 | 18.419 | 16.406 | 17.385 | 18.213 | 22.887 | 22.752 | 23.899 |
| SUIZA | 6.754 | 7.768 | 7.194 | 6.141 | 3.773 | 1.826 | 2.020 | 2.134 | 2.290 | 2.348 |
| TURQUIA | 2.148 | 3.121 | 1.000 | 3.321 | 1.681 | 1.173 | 1.746 | 2.250 | 2.387 | 2.782 |
| YUGOSLAVIA | 2.419 | 2.853 | 6.686 | 6.876 | 5.397 | 5.686 | 4.199 | 3.142 | 3.026 | 1.080 |
| TOTAL | 292.785 | 289.289 | 330.687 | 388.874 | 349.653 | 370.911 | 354.308 | 375.595 | 396.270 | 392.855 |
| AFRICA | | | | | | | | | | |
| ARGELIA | 1.884 | 3.030 | 2.902 | 4.561 | 7.775 | 6.647 | 10.047 | 6.334 | 6.946 | .... |
| EGIPTO | - | - | 1.116 | 1.218 | 1.905 | 1.995 | 2.239 | 1.264 | .... | .... |
| KENIA | - | - | - | - | - | 1.141 | 1.530 | 314 | 261 | .... |
| MARRUECOS | 1.685 | 1.939 | 2.624 | 3.245 | 2.333 | 2.538 | 3.200 | 2.097 | 3.145 | 3.293 |
| SUDAFRICA | 332 | 324 | 805 | 544 | 1.655 | 2.830 | 1.447 | 3.592 | 4.176 | 1.104 |
| TOTAL | 3.901 | 5.293 | 7.447 | 9.568 | 13.668 | 15.151 | 18.463 | 13.601 | 14.528 | (1)4.397 |
| AMERICA | | | | | | | | | | |
| CANADA | 5.241 | 4.974 | 7.095 | 11.330 | 6.283 | 7.300 | 6.106 | 18.768 | 25.557 | 25.129 |
| EE.UU. | 62.454 | 103.966 | 106.529 | 95.203 | 88.532 | 113.367 | 126.039 | 161.260 | 174.425 | 177.672 |
| BRASIL | 22.860 | 17.053 | 13.926 | 27.929 | 26.262 | 24.067 | 14.918 | 10.362 | 3.701 | .... |
| CHILE (*) | - | - | 3.160 | .... | .... | 3.000 | 2.000 | 2.600 | 3.400 | 2.500 |
| COLOMBIA | - | - | 5.343 | 7.108 | 5.241 | 4.967 | 7.397 | 6.245 | 7.883 | .... |
| URUGUAY | - | - | 1.972 | 3.404 | 1.745 | 2.210 | 1.532 | 2.001 | 2.986 | 2.580 |
| VENEZUELA | - | - | 10.203 | 9.897 | .... | .... | 11.723 | .... | .... | .... |
| TOTAL | 90.555 | 125.993 | 148.228 | 154.871 | 128.063 | 154.911 | 169.715 | 201.236 | 217.952(1) | 207.881 |
| ASIA | | | | | | | | | | |
| CHINA (*) | - | - | 3.500 | 5.300 | 7.600 | 12.000 | 21.400 | 12.000 | 9.200 | 23.500 |
| HONG-KONG | 3.833 | 4.349 | 6.968 | 6.077 | 5.406 | 6.246 | 5.103 | 6.108 | 6.633 | 7.492 |
| INDIA | 4.376 | 5.703 | 7.313 | 8.460 | 6.497 | 9.917 | 9.349 | .... | .... | .... |
| INDONESIA | 7.339 | 7.330 | 9.734 | 11.840 | 10.192 | 12.021 | 14.343 | 14.885 | 12.589 | .... |
| IRAN (*) | - | - | - | - | - | 6.500 | 7.800 | 13.100 | 7.400 | 2.100 |
| ISRAEL | - | - | - | - | - | 3.229 | 2.658 | 2.213 | 1.807 | 1.537 |
| JAPON | 13.416 | 11.644 | 13.416 | 20.486 | 21.011 | 27.230 | 30.018 | 38.087 | 37.141 | 39.212 |
| JORDANIA | - | - | - | - | - | 1.338 | 1.135 | 1.593 | 2.173 | 1.921 |
| REP. COREA | 5.700 | 7.689 | .... | 15.113 | 10.099 | 14.235 | 15.502 | 19.333 | 21.861 | 22.651 |
| MAI ASIA | - | - | 4.444 | 5.327 | 4.999 | 5.720 | 5.941 | 7.426 | 7.302 | 7.623 |
| PAKISTAN | - | - | - | - | - | 181 | 1.803 | 1.994 | 2.140 | 2.437 |
| FILIPINAS | 5.323 | 4.796 | 6.443 | 6.802 | 4.393 | 5.448 | 6.338 | 9.111 | 6.239 | 5.483 |
| ARABIA SAUDI | - | - | 358 | 1.480 | 1.948 | 2.876 | 3.184 | 4.277 | 6.637 | 4.700 |
| SINGAPUR | 2.949 | 3.882 | 3.420 | 4.338 | 3.768 | 4.099 | 4.636 | 6.365 | 9.236 | 6.854 |
| TAIWAN | 9.530 | 8.651 | 16.334 | 18.933 | 18.099 | 17.292 | 21.406 | 28.910 | 34.115 | 32.536 |
| TAILANDIA | 3.158 | 1.577 | 1.442 | 1.458 | 565 | 602 | 757 | 846 | 1.135 | 1.828 |
| TOTAL | 55.624 | 55.621 | 73.372 | 105.614 | 94.577 | 128.934 | 151.373 | 166.248 | 165.608(1) | 159.874 |
| OCEANIA | | | | | | | | | | |
| AUSTRALIA | 885 | 1.016 | 1.162 | 807 | 802 | 682 | 1.094 | 852 | 1.566 | 1.202 |
| NUEVA ZELANDA | 5.932 | 6.102 | 5.091 | 6.806 | 5.708 | 5.246 | 5.958 | 5.268 | 6.562 | 6.626 |
| TOTAL | 6.817 | 7.118 | 6.253 | 7.613 | 6.510 | 5.928 | 7.052 | 6.120 | 8.128 | 7.828 |
| TOTAL MUNDIAL | 449.682 | 483.314 | 565.987 | 666.540 | 592.471 | 675.835 | 700.911 | 762.800 | 802.486(1) | 772.835 |

UNIDAD: Toneladas

FUENTE: World Mineral Statistics

(*) : Estimaciones hechas a través de exportaciones de otros países

.... : Datos desconocidos

(1) : Las cifras correspondientes a 1985 adolecen de insuficiencia de datos, ya que numerosos países no habían confeccionado sus estadísticas.

ascendente de los mismos desde el año 1976, en que da comienzo la serie, hasta la actualidad.

Como en el caso del metal, los principales compradores son países altamente industrializados, entre los cuales figura a la cabeza EE.UU. (23%), Luxemburgo, (11%), Francia (6%), Japón (5%), Bélgica-Luxemburgo (5%), Taiwán, Canadá, Suecia, China y República de Corea.

2.5.4.2. Exportaciones mundiales

Las exportaciones de titanio, ya sea bajo la forma de minerales, de concentrados, de metal o de compuestos químicos, quedan recogidas en los cuadros nºs 16, 17, 18, 19 y 20.

En todos ellos se aprecia el escaso número de países dedicados a su venta, ya que, entre pocos y fuertes productores suministran el total de la oferta mundial.

Así, en el caso de los minerales y concentrados de titanio, entre Noruega (70% y Sudáfrica (25%), abastecen el 95% del total mundial.

De forma parecida ocurre con la ilmenita y el rutilo. En el primer caso, Australia aporta el 75% y junto con Malasia (16%) y Sri-Lanka (8%), completan la oferta total de ilmenita.

Algo aún más radical sucede con el rutilo, que tiene dos únicos oferentes: Australia (70%) y Sierra Leona (30%).

Cuando se trata de materiales no primarios, metal y óxidos, el panorama cambia bastante. Los países exportadores suelen estar altamente industrializados, especialmente en el caso del titanio metal, cuyo mercado está abastecido por EE.UU. (38%), Japón (30%), Inglaterra (10%), Alemania (8%) y Francia (7%).

EXPORTACIONES MUNDIALES DE MINERALES DE TITANIO

| | 1970 | 1971 | 1972 | 1973 | 1974 | 1975 | 1976 | 1977 | 1978 | 1979 | 1980 | 1981 | 1982 | 1983 | 1984 | 1985 |
|----------------|-------|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|
| EUROPA | | | | | | | | | | | | | | | | |
| INGLATERRA | - | - | 77 | 209 | 1.846 | 15.177 | 386 | 234 | 3.081 | 1.551 | 645 | 344 | 970 | 512 | .... | .... |
| BELG.-LUXEMB. | - | - | - | - | - | - | 22 | 36 | 3 | 3.426 | 2.814 | 0 | 24 | 13 | - | - |
| FRANCIA | 139 | 124 | 336 | 277 | 372 | 515 | 425 | 370 | 331 | 715 | 2.160 | 1.070 | 105 | 235 | 95 | 247 |
| ALEMANIA, R.F. | 147 | 313 | 299 | 565 | 1.044 | 1.579 | 1.881 | 2.334 | 5.556 | 4.067 | 6.114 | 3.545 | 3.351 | 6.636 | 7.551 | 7.520 |
| ITALIA | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 96 | 54 | 1.174 | 536 | 990 | 1.906 |
| HOLANDA | - | - | - | - | - | - | 12.413 | 9.574 | 377 | 142 | 22.212 | 19.827 | 21.520 | 40.983 | 46.890 | 29.925 |
| NORUEGA | .... | .... | 589.729 | 684.660 | 776.814 | 534.606 | 728.346 | 723.543 | 714.108 | 741.430 | 779.741 | 619.329 | 470.223 | 519.611 | 599.214 | 641.910 |
| SUECIA | 308 | 205 | 100 | - | 72 | - | - | - | - | 388 | 23 | 47 | 9 | 34 | 76 | 5 |
| TOTAL | 594 | 642 | 590.541 | 685.711 | 780.148 | 551.877 | 743.473 | 736.091 | 723.456 | 751.719 | 813.805 | 644.216 | 497.376 | 568.560 | 654.816 | 681.513 |
| AFRICA | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SUDAFRICA (1) | - | - | - | - | - | - | (*) | (*) | (*)1 | 103.300 | 183.001 | 186.871 | 189.596 | 180.988 | 220.547 | 225.000 |
| TOTAL | - | - | - | - | - | - | (*) | (*) | (*)1 | 103.300 | 183.001 | 186.871 | 189.596 | 180.988 | 220.547 | 225.000 |
| AMERICA | | | | | | | | | | | | | | | | |
| EE.UU. | 960 | 1.597 | 1.645 | 1.482 | 3.064 | 3.521 | 4.576 | 23.108 | 5.070 | 9.780 | 16.567 | 7.004 | 19.725 | 4.369 | 7.867 | 25.183 |
| TOTAL | 960 | 1.597 | 1.645 | 1.482 | 3.064 | 3.521 | 4.576 | 23.108 | 5.070 | 9.780 | 16.567 | 7.004 | 19.725 | 4.369 | 7.867 | 25.183 |
| ASIA | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MALASIA | .... | 9 | .... | 241 | 153 | - | - | 16.004 | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... |
| TOTAL | .... | 9 | .... | 241 | 153 | - | - | 16.004 | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... |
| TOTAL MUNDIAL | 1.554 | 2.248 | 592.186 | 687.434 | 783.365 | 555.398 | 748.049 | 775.203 | 728.526 | 864.799 | 1.013.373 | 838.091 | 706.697 | 753.917 | 883.230 | 931.696 |

UNIDAD: Toneladas

FUENTE: World Minerals Statistics

(1) : Minerales y slag

.... : Falta de datos

(*) : Estimaciones por falta de información

EXPORTACIONES MUNDIALES DE ILMENITA

| | 1970 | 1971 | 1972 | 1973 | 1974 | 1975 | 1976 | 1977 | 1978 | 1979 | 1980 | 1981 | 1982 | 1983 | 1984 | 1985 |
|----------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| EUROPA | | | | | | | | | | | | | | | | |
| INGLATERRA | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 20 | 4 | 0 | 27 | 1.125 |
| ALEMANIA, R.F. | - | - | - | - | - | 24 | 187 | 27 | 639 | 1.535 | 3.149 | 5.186 | 2.026 | 16 | 788 | 7.556 |
| FINLANDIA | 24.667 | 10.500 | 9.079 | - | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| HOLANDA | - | - | - | - | - | 1.664 | 1.985 | 886 | 563 | 2.457 | 4.174 | 1.919 | 657 | 617 | 769 | 739 |
| NORUEGA (1) (2) | 532.126 | 513.835 | 598.729 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| TOTAL | 556.793 | 524.335 | 607.808 | - | 1 | 1.688 | 2.172 | 913 | 1.202 | 3.992 | 7.323 | 7.125 | 2.687 | 633 | 1.584 | 9.420 |
| ASIA | | | | | | | | | | | | | | | | |
| INDIA | 54.053 | 50.358 | 68.945 | 75.055 | 118.634 | 68.975 | 120.727 | 76.699 | 96.728 | 53.043 | 11.306 | 49.702 | 40.167 | .... | .... | .... |
| MALASIA | 222.611 | 155.952 | 154.320 | 185.413 | 153.530 | 112.248 | 180.004 | 153.679 | 165.984 | 212.837 | 199.486 | 176.432 | 77.159 | 207.297 | 224.042 | 249.218 |
| SRI LANKA | 78.082 | 86.669 | 85.501 | 87.012 | 87.182 | .... | 70.615 | 39.995 | 40.700 | 32.640 | 23.970 | 32.816 | 14.144 | 11.190 | 96.066 | 134.550 |
| TOTAL | 354.746 | 292.979 | 308.766 | 347.480 | 359.346 | 181.223 | 371.346 | 270.373 | 303.412 | 298.520 | 234.762 | 258.950 | 131.470 | 218.487 | 320.108 | 383.768 |
| OCEANIA | | | | | | | | | | | | | | | | |
| AUSTRALIA | 657.445 | 676.329 | 426.782 | 668.101 | 750.091 | 545.064 | 951.142 | 1.082.504 | 993.636 | 906.779 | 1.058.712 | 907.810 | 879.317 | 816.933 | 1.172.986 | 1.151.921 |
| TOTAL | 657.445 | 676.329 | 426.782 | 668.101 | 750.091 | 545.064 | 951.142 | 1.082.504 | 993.636 | 906.779 | 1.058.712 | 907.810 | 879.317 | 816.933 | 1.172.986 | 1.151.921 |
| TOTAL MUNDIAL | 1.568.984 | 1.493.643 | 1.343.356 | 1.015.581 | 1.109.438 | 727.975 | 1.324.660 | 1.353.790 | 1.298.250 | 1.209.291 | 1.300.797 | 1.173.885 | 1.013.474 | 1.036.053 | 1.494.678 | 1.545.109 |

UNIDAD: Toneladas

FUENTE: World Minerals Statistics

(1) : Cifras conjuntas de ilmenita y rutilo

(2) : A partir de 1973 aparecen sus producciones en "Minerales de Titanio"

EXPORTACIONES MUNDIALES DE RUTILO

| | 1970 | 1971 | 1972 | 1973 | 1974 | 1975 | 1976 | 1977 | 1978 | 1979 | 1980 | 1981 | 1982 | 1983 | 1984 | 1985 |
|-----------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| <u>AFRICA</u> | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SIERRA LEONA | 29.230 | 16.379 | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | 27.687 | 27.375 | 38.000 | 69.100 | 91.600 | 91.815 |
| TOTAL | 29.230 | 16.379 | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | 27.687 | 27.375 | 38.000 | 69.100 | 91.600 | 91.815 |
| <u>ASIA</u> | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SRI LANKA | 78.082 | 86.669 | 3.277 | 2.846 | 2.393 | .... | .... | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| TOTAL | 78.082 | 86.669 | 3.277 | 2.846 | 2.393 | .... | .... | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| <u>OCEANIA</u> | | | | | | | | | | | | | | | | |
| AUSTRALIA | 374.200 | 335.955 | 353.767 | 339.246 | 344.539 | 319.006 | 346.862 | 246.724 | 371.317 | 317.780 | 315.314 | 216.048 | 199.296 | 217.662 | 191.507 | 211.687 |
| TOTAL | 374.200 | 335.955 | 353.767 | 339.246 | 344.539 | 319.006 | 346.862 | 246.724 | 371.317 | 317.780 | 315.314 | 216.048 | 199.296 | 217.662 | 191.507 | 211.687 |
| TOTAL MUNDIAL | 481.512 | 439.003 | 357.044 | 342.092 | 346.932 | 319.006 | 346.862 | 246.724 | 371.317 | 317.780 | 343.001 | 243.423 | 237.296 | 286.762 | 283.107 | 303.502 |

UNIDAD: Toneladas

FUENTE: World Minerals Statistics

.... : Cifras desconocidas

EXPORTACIONES MUNDIALES DE TITANIO METAL

| | 1970 | 1971 | 1972 | 1973 | 1974 | 1975 | 1976 | 1977 | 1978 | 1979 | 1980 | 1981 | 1982 | 1983 | 1984 | 1985 |
|----------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| EUROPA | | | | | | | | | | | | | | | | |
| INGLATERRA (*) | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | 2.512 |
| BELG. LUXEM. | - | - | - | - | .... | .... | 54 | 109 | 164 | 191 | 110 | 103 | 113 | 137 | 185 | 173 |
| FRANCIA | .... | .... | .... | .... | .... | .... | 532 | 636 | 530 | 604 | 734 | 1.185 | 700 | 969 | 1.188 | 1.715 |
| ALEMANIA, R.F. | .... | .... | .... | .... | .... | .... | 1.411 | 1.643 | 1.905 | 1.866 | 2.234 | 2.132 | 1.817 | 2.300 | 2.325 | 1.868 |
| ITALIA | - | - | - | - | - | - | 59 | 119 | 137 | 131 | 103 | 63 | 134 | 182 | 200 | 130 |
| HOLANDA | - | - | - | .... | .... | .... | 151 | 109 | 135 | 114 | 77 | 154 | 101 | 36 | 115 | 73 |
| U.R.S.S. (*) | .... | .... | .... | .... | .... | .... | 1.000 | 2.300 | 2.400 | 4.700 | 2.800 | 1.500 | 1.300 | 1.200 | 700 | 1.200 |
| TOTAL | | | | | | | 2.807 | 4.916 | 5.271 | 7.606 | 6.058 | 5.137 | 4.165 | 4.824 | 4.713 | 7.671 |
| AMERICA | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CANADA (1) | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | 231 | 774 | 728 | 698 | 1.899 | 643 | 702 | 370 | 328 |
| EE.UU. | 2.633 | 1.552 | 3.196 | 3.760 | 4.291 | 3.928 | 6.569 | 4.080 | 7.086 | 7.903 | 8.094 | 8.816 | 7.433 | 7.198 | 6.727 | 9.468 |
| TOTAL | 2.633 | 1.552 | 3.196 | 3.760 | 4.291 | 3.928 | 6.569 | 5.011 | 7.860 | 8.631 | 8.792 | 10.715 | 8.076 | 7.900 | 7.097 | 9.796 |
| ASIA | | | | | | | | | | | | | | | | |
| JAPON | 4.358 | 2.803 | 3.256 | 2.264 | 2.892 | 2.391 | 2.555 | 3.444 | 5.741 | 7.113 | 8.065 | 10.005 | 7.503 | 6.044 | 9.700 | 7.330 |
| TOTAL | 4.358 | 2.803 | 3.256 | 2.264 | 2.892 | 2.391 | 2.555 | 3.444 | 5.741 | 7.113 | 8.065 | 10.005 | 7.503 | 6.044 | 9.700 | 7.330 |
| TOTAL MUNDIAL | 6.991 | 4.355 | 6.452 | 6.024 | 7.183 | 6.319 | 11.931 | 13.371 | 18.872 | 19.977 | 23.350 | 22.915 | 19.744 | 18.768 | 21.510 | 24.797 |

UNIDAD: Toneladas

FUENTE: World Minerals Statistics

.... : Cifras no comunicadas

(1) : Exportaciones a EE.UU.

(*) : Estimaciones sobre operaciones con otros países

EXPORTACIONES MUNDIALES DE ÓXIDOS DE TITANIO

| | 1976 | 1977 | 1978 | 1979 | 1980 | 1981 | 1982 | 1983 | 1984 | 1985 |
|----------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| EUROPA | | | | | | | | | | |
| INGLATERRA | 86.425 | 97.709 | 94.888 | 94.602 | 108.149 | 89.409 | 96.549 | 119.012 | 117.190 | 120.134 |
| BELG-LUXEMB. | 51.112 | 60.417 | 57.964 | 58.418 | 56.755 | 66.727 | 55.834 | 64.101 | 62.727 | 68.898 |
| FRANCIA | 103.289 | 101.969 | 110.843 | 126.370 | 107.461 | 126.407 | 118.413 | 141.958 | 148.788 | 155.077 |
| ALEMANIA, R.F. | 156.233 | 172.682 | 198.127 | 210.947 | 185.349 | 215.703 | 208.495 | 210.503 | 209.287 | 220.838 |
| ITALIA (b) (*) | 33.063 | 29.065 | 25.648 | 24.577 | 19.733 | 31.895 | 11.100 | 14.000 | 17.900 | 17.700 |
| HOLANDA | 21.392 | 34.760 | 28.283 | 28.446 | 25.300 | 31.776 | 26.584 | 29.624 | 32.863 | 35.060 |
| CHECOSLOVAQUIA (*) | - | - | - | 2.400 | 2.100 | 800 | 2.600 | 3.700 | 2.700 | 2.300 |
| FINLANDIA (c) (*) | 49.398 | 54.240 | 50.511 | 42.600 | 36.100 | 32.000 | 30.000 | 61.959 | 44.700 | 43.300 |
| NORUEGA (d) | 1.102 | 853 | 1.133 | 1.227 | 1.137 | 1.110 | 1.179 | 2.996 | 2.474 | 3.245 |
| U.R.S.S. (*) | - | - | - | - | - | 1.500 | 1.300 | 1.200 | 700 | 1.200 |
| ESPAÑA | 7.061 | 16.078 | 27.260 | 38.974 | 25.745 | 21.991 | 42.716 | 39.124 | 46.813 | (e)10.816 |
| SUECIA | - | - | - | - | - | 184 | 303 | 438 | 671 | 568 |
| YUGOSLAVIA | 14.219 | 13.355 | 13.453 | 12.132 | 11.353 | 12.560 | 12.847 | 13.867 | 16.173 | 12.302 |
| TOTAL | 523.294 | 571.128 | 608.110 | 640.695 | 579.182 | 632.062 | 607.920 | 702.482 | 703.043 | 691.438 |
| AMERICA | | | | | | | | | | |
| CANADA (e) | 10.237 | 14.185 | 15.642 | 17.970 | 9.367 | 14.252 | 19.878 | 23.190 | 23.779 | 14.799 |
| EE.UU. | 18.861 | 15.134 | 35.696 | 46.680 | 41.562 | 56.661 | 61.910 | 84.904 | 98.340 | 93.640 |
| TOTAL | 29.098 | 29.319 | 51.338 | 64.650 | 50.929 | 70.913 | 81.788 | 108.094 | 122.119 | 108.439 |
| ASIA | | | | | | | | | | |
| CHINA (*) | - | - | 1.300 | 1.500 | 1.700 | 1.900 | 2.500 | 1.900 | 2.300 | 3.700 |
| HONG-KONG (f) | 587 | 1.285 | 30.36 | 1.878 | 2.529 | 2.554 | 1.814 | 2.055 | 1.926 | 2.743 |
| JAPON | 60.349 | 42.064 | 34.602 | 41.163 | 46.343 | 45.491 | 58.241 | 60.351 | 59.923 | 61.662 |
| TAIWAN | 13.992 | 8.471 | 468 | 961 | 789 | 113 | 234 | 7.971 | 81 | 29 |
| AUSTRALIA (*) | 10.100 | 11.100 | 13.500 | 16.800 | 14.300 | 19.800 | 19.800 | 24.700 | 27.700 | 24.300 |
| TOTAL | 85.028 | 62.920 | 52.906 | 62.302 | 65.661 | 69.858 | 82.589 | 96.977 | 91.930 | 92.434 |
| TOTAL MUNDIAL | 637.420 | 663.367 | 712.354 | 767.647 | 695.772 | 772.833 | 772.297 | 907.553 | 907.092 | 892.311 |

UNIDAD: Toneladas

FUENTE: World Mineral Statistics

(*) : Estimaciones en base a importaciones de otros países

(b) : Italia aparece con estimaciones desde 1982

(d) : Se excluyen óxidos para pigmentos

(f) : Reexportaciones

(c) : Finlandia aparece con estimaciones desde 1979

(e) : Solo contienen exportaciones a EE.UU.

En el caso de los óxidos de titanio, cuya evolución es ascendente desde 1976, existen mayor número de países que ofertan sus productos, situándose a la cabeza Alemania, (25%), Francia (17%), Inglaterra (13%), EE.UU. (10%), Bélgica-Luxemburgo (8%), Japón, Finlandia, Holanda e Italia, siendo por tanto Europa el continente más exportador con un 77% del total.

2.5.5. CONSUMO MUNDIAL

Es prácticamente imposible conocer el consumo de titanio, ya que, en general, los países evitan dar a conocer dichas cifras por considerar este producto de interés estratégico.

Como dato de interés, pero de carácter aproximativo, se ha llegado a hacer una estimación del consumo de los minerales de titanio, cuyo total se ha repartido, geográficamente, de la siguiente forma:

| | |
|---------|-----|
| Europa: | 42% |
| EE.UU.: | 17% |
| Japón: | 11% |
| India: | 10% |
| Corea: | 6% |
| Taiwán: | 3% |
| Otros: | 11% |

Estos minerales, ilmenita y rutilo, han tenido dos destinos básicos: producción de metal y producción de pigmentos y otros usos no metálicos.

En 1983, según el U.S. Bureau of Mines, del consumo total de ilmenita, solo un 3% se destina a la producción de metal y el resto a pigmentos y otros usos.

Para el rutilo estas cifras variaban, dedicándose un 14% al primer uso y todo el resto al segundo.

Por usos finales, puede afirmarse que un 63% del metal primario proviene de la ilmenita y un 37% del rutilo, mientras que en el segundo grupo estas cifras se convierten en un 89% para la ilmenita y un 11% solamente para el rutilo.

Estas tendencias no se cree puedan variar a corto plazo y la preponderancia del consumo de la ilmenita se mantendrá todavía durante largo tiempo. Como causa más importante de la misma está el descenso del número de plantas industriales de pigmentos y la conversión de las ya existentes con procesos de sulfatos, que consumían rutilo y deterioraban mucho el medio ambiente, en plantas que utilizan procesos de cloruros de titanio y que funcionan con rutilo sintético, obtenido a partir de la ilmenita.

Por otra parte, no se cree que el consumo de TiO_2 aumente demasiado, ya que, además del descenso ya indicado del número de plantas de pigmentos de titanio, los usos de tales pigmentos no se han incrementado en absoluto, por lo que la demanda de los mismos por parte de los países industrializados, no ha existido o ha sido pequeña.

Igualmente ocurre con el titanio metal, cuyas aplicaciones tampoco se han desarrollado tanto como para demandar mayores cantidades de TiO_2 , por lo que tampoco por este lado se espera gran aumento de la demanda.

En lo que respecta a la distribución del consumo por usos finales, no se puede hablar de una distribución específica, ya que varía por áreas geográficas y países, según su grado de industrialización. Un pequeño resumen de este reparto del consumo de TiO_2 por usos y países queda reflejado en el cuadro n° 21.

CONSUMO DE TiO₂ POR USOS FINALES (%)

| | EUROPA | AMERICA | AFRICA | ORIENTE MEDIO | OCEANIA | TOTAL |
|--------------------|--------|---------|--------|---------------|---------|-------|
| PINTURA | | | | | | |
| . Al agua | 24.3 | 30.0 | 33.7 | 41.2 | 18.7 | 26.4 |
| . Otras | 42.6 | 24.5 | 52.3 | 44.4 | 42.0 | 34.9 |
| TOTAL PINTURA | 66.9 | 54.5 | 86.0 | 85.6 | 60.7 | 61.3 |
| PAPEL | 8.0 | 20.0 | 1.4 | -- | 6.1 | 12.7 |
| PLASTICOS/SUELOS | 15.9 | 16.1 | 6.6 | 7.4 | 14.3 | 15.5 |
| GOMA | 1.1 | 2.0 | 0.7 | 1.3 | 4.3 | 1.9 |
| TINTAS | 2.0 | 1.6 | 1.2 | 0.6 | 3.8 | 2.1 |
| FIBRAS TEXTILES | 2.6 | 2.1 | 1.2 | 2.2 | 5.0 | 2.7 |
| INDUSTRIA CERAMICA | 1.6 | 1.6 | 0.5 | 1.6 | 3.5 | 1.8 |
| OTROS | 1.9 | 2.1 | 2.4 | 1.3 | 2.3 | 2.0 |
| TOTAL | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |
| PORCENTAJE ZONA | 39.2 | 43.2 | 2.0 | 1.5 | 14.1 | 100.0 |

FUENTE: Industrial Minerals.

2.5.6. PRECIOS

Al hablar de los precios del titanio hemos de hacer referencia no sólo a los precios del metal, sino también a los de los minerales de los cuales se obtiene.

El indicador de los precios internacionales que más elevada aceptación tiene es el publicado por el Metal Bulletin de Londres.

Esta cotización es empleada por los grandes agentes internacionales y, en la actualidad, continúa siendo la base para las negociaciones con los países del Este, y, especialmente, con la R.P. China.

La cotización se fija como estimación de la revista, a partir de las informaciones realizadas de forma voluntaria, sobre las operaciones concertadas entre productores, agentes y consumidores de todo el mundo y, particularmente, de Europa.

La evolución de los precios de los minerales y productos de titanio de los últimos años, queda recogida en los cuadros nºs 22, 23 y 24.

En general, estos precios han seguido una tendencia ascendentes, especialmente la ilmenita, debido al continuo incremento de su demanda. Por el contrario, el rutilo tuvo un descenso bastante acusado durante los años 1980 y 1982, motivado por la restricción de su demanda, restricción que tuvo su origen en dos causas: la disminución del número de plantas de pigmentos, principales consumidores de este mineral y el uso del rutilo sintético, que sustituirá al natural, fabricado a partir de ilmenita.

Este descenso en los precios llevó a la consiguiente reducción de la producción minera, especialmente en el caso del mineral suministrado por la Costa Oeste de Australia, desencadenándose así un nuevo aumento en las cotizaciones a partir de 1983.

PRECIOS MUNDIALES DE LOS MINERALES DE TITANIO

| AÑOS | ILMENITA(1) (concent.min.54% TiO2) | RUTILO(granel)(2) (concent.95-97% TiO2) | RUTILO(lotes)(2) (concent.95-97% TiO2) |
|------|--|---|--|
| 1978 | A \$ 24 - 25 | A \$ 270 - 290 | A \$ 300 - 320 |
| 1979 | A \$ 17 - 19 | A \$ 290 - 330 | A \$ 320 - 350 |
| 1980 | A \$ 20 - 22 | A \$ 290 - 330 | A \$ 320 - 350 |
| 1981 | A \$ 24 - 25 | A \$ 270 - 290 | A \$ 300 - 320 |
| 1982 | A \$ 27 - 30 | A \$ 250 - 260 | A \$ 260 - 270 |
| 1983 | A \$ 33 - 37 | A \$ 310 - 330 | A \$ 320 - 340 |
| 1984 | A \$ 40 - 43 | A \$ 400 - 420 | A \$ 425 - 450 |
| 1985 | A \$ 55 - 60 | A \$ 560 - 580 | A \$ 600 - 650 |
| 1986 | A \$ 70 - 80 | A \$ 620 - 640 | A \$ 660 - 700 |
| 1987 | A \$ 70 - 80 | A \$ 570 - 600 | A \$ 605 - 650 |

UNIDAD : Dolares australianos por tm (cotizaciones de
Diciembre de cada año)

FUENTE : Metal Bulletin

(1) : Precios F.O.B.

(2) : Precios F.O.B./F.I.D.

PRECIOS MUNDIALES DEL TITANIO METAL

| | ESPONJA (1) (99,3% max) | VARILLAS(2) (50 mm diám.) | ALAMBRE(2) (2 mm diám.) | LAMINAS (2) (espesor 1 mm) | PLANCHAS (2) (espesor 12 mm) | TUBOS (3) (lotes de 1500 m) |
|------|----------------------------|------------------------------|----------------------------|-------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|
| 1978 | £ 3,400 - 3,600 | £ 17,21 | £ 23,81 | £ 17,07 | £ 13,95 | £ 11,71 |
| 1979 | £ 3,400 - 3,600 | £ 17,21 | £ 23,81 | £ 17,08 | £ 13,95 | £ 11,71 |
| 1980 | £ 3,400 - 3,600 | £ 18,74 | £ 27,47 | £ 18,18 | £ 14,84 | £ 11,71 |
| 1981 | \$ 2,50 - 3,50 | £ 18,74 | £ 27,47 | £ 18,18 | £ 14,84 | £ 11,71 |
| 1982 | \$ 2,50 - 3,50 | £ 18,74 | £ 27,47 | £ 18,18 | £ 14,84 | £ 11,71 |
| 1983 | \$ 3,25 - 4,50 | £ 18,74 | £ 27,47 | £ 18,18 | £ 14,84 | £ 11,71 |
| 1984 | \$ 4,00 - 4,25 | £ 18,74 | £ 27,47 | £ 18,18 | £ 14,84 | £ 11,71 |
| 1985 | \$ 3,45 - 3,65 | £ 18,74 | £ 27,47 | £ 18,18 | £ 14,84 | £ 11,71 |
| 1986 | \$ 3,70 - 3,90 | £ 18,74 | £ 27,47 | £ 18,18 | £ 14,84 | £ 11,71 |
| 1987 | \$ 4,00 - 4,20 | £ 18,74 | £ 27,47 | £ 18,18 | £ 14,84 | £ 11,71 |

UNIDAD: Precios de final de año

(1) : Libras/t. Precios C.I.F. hasta 1980. A partir de 1981: \$/lb.

(2) : Libras por kg - Lotes de 2.000 kg

(3) : £ por metro - lotes de 1.500 m.

FUENTE: Metal Bulletin

CUADRO N° 24

PRECIOS CHATARRAS DE TITANIO (1)

| AÑOS | RECORTES (comercialm.puro) | VIRUTAS (comercialm.puro) | VIRUTAS (90%) |
|------|-------------------------------|------------------------------|------------------|
| 1980 | \$ 2,25 - 2,50 | \$ 1,50 - 1,80 | \$ 0,70 - 0,80 |
| 1981 | \$ 0,80 - 1,10 | \$ 0,70 - 1,00 | \$ 0,43 - 0,50 |
| 1982 | \$ 0,65 - 0,77 | \$ 0,45 - 0,55 | \$ 0,22 - 0,27 |
| 1983 | \$ 0,70 - 0,85 | \$ 0,60 - 0,75 | \$ 0,40 - 0,50 |
| 1984 | \$ 1,35 - 1,65 | \$ 0,85 - 1,35 | \$ 0,69 - 0,83 |
| 1985 | \$ 1,15 - 1,40 | \$ 0,90 - 1,20 | \$ 0,58 - 0,66 |
| 1986 | \$ 1,15 - 1,40 | \$ 0,90 - 1,15 | \$ 0,56 - 0,65 |
| 1987 | \$ 1,15 - 1,40 | \$ 1,20 - 1,40 | \$ 0,75 - 0,82 |

UNIDAD : U.S. \$ por libra. Precios C.I.F.

FUENTE : Metal Bulletin

(1) : Cotizaciones correspondientes a los meses de Diciembre de cada año.

Por otro lado, los precios de los metales y chatarras de titanio, o bien permanecieron prácticamente constantes, caso de los productos terminados, o bien tuvieron un ligero descenso entre los años 1980 y 1983, para, a partir de dicho año, volver a situarse en niveles similares o ligeramente inferiores a los de 1980.

Aparte de los factores coyunturales y fluctuaciones en la demanda y oferta de cada producto que inciden sobre sus precios, éstos pueden variar, para una misma época y producto, en función de factores externos, como la calidad y presentación de los mismos.

En general, la comercialización de los materiales de titanio se suele hacer bajo las siguientes formas y presentaciones:

- A granel: - Concentrados y escorias de ilmenita
 - Concentrados de rutilo
 - Pigmentos de dióxido de titanio
- En sacos ó contenedores: - Concentrados de rutilo
- En sacos o cisternas: - Dióxido de titanio
- En barriles: - Titanio metal, esponja y polvo
- Lotes: - 5.000 t para concentrados de rutilo
 - 2.500 - 5.000 t para concentrados de ilmenita a Europa
 - 10.000 - 25.000 t para concentrados de ilmenita a ultramar
 - 500 libras para titanio metal
 - 2 t para titanio metal (tochos)
 - 20 t para pigmentos (camión)
 - 40-65 t para pigmentos (ferrocarril)

Con respecto a la calidad de los productos, las más normalizadas son las siguientes:

Ilmenita

Calidad normalizada: concentrados con contenido mínimo del 54% TiO_2 .

Rutilo

Calidad normalizada: concentrados con un contenido mínimo 95-97% TiO_2 .

3. EL TITANIO EN ESPAÑA

En España los primeros datos conocidos sobre la extracción de minerales de titanio se remontan a 1935, siendo en la provincia de La Coruña donde dieron comienzo los primeros trabajos. La producción en general ha sido pequeña y en 1973 cesó toda actividad conocida. El principal problema de esta minería en nuestro país fue de costos, una bajada en la cotización internacional, así como un cambio en nuestra política económica dió lugar a que los recursos existentes pasaran a la categoría de subeconómicos. Asimismo, la existencia en aquella época de un solo comprador nacional presentaba aspectos negativos para los explotadores de minerales de titanio.

A continuación se examinan los yacimientos conocidos, la minería que se practicaba y los datos relativos a comercio y consumo del mercado español de titanio

3.1. YACIMIENTOS

La mayor parte de los indicios y de los principales yacimientos de titanio en España se encuadran, desde el punto de vista tipológico, en el grupo A (mineralizaciones en relación con complejos básicos) y en el C (Placeres, tanto de tipo aluvionar como de playa) .

Debido a que los criterios geológicos y de proximidad geográfica, fueron los seguidos para definir las zonas de España con indicios y mineralizaciones en el Mapa Previsor de Mineralizaciones de Titanio (IGME, 1972) y no han variado con las investigaciones geológicas más recientes, se ha establecido una división muy similar a la establecida en el citado trabajo.

Se ha dividido el país en cuatro zonas:

- 1.- Galicia
- 2.- Oeste (Zamora, Salamanca, Extremadura)
- 3.- Andalucía

4.- Resto de España.

De éstas, solo la 1 (La Coruña) y la 3 (Huelva), presentan mayor interés económico y tradición en esta minería.

3.1.1. GALICIA

La minería del titanio se localizó principalmente en la provincia de La Coruña y dió la totalidad de la producción nacional en los últimos años de actividad registrada, de 1970 a 1973.

Titanio, S.A. y Mina Artemia fueron las primeras empresas que se dedicaron a esta minería, aunque también existían otros pequeños explotadores, que en un principio se limitaban a vender sus preconcentrados a las dos empresas anteriormente citadas. Posteriormente se constituyeron otras empresas como MINS, S.A. y Midusa, que hasta el final del periodo extractivo fueron las más importantes de la región.

También se conocen manifestaciones de poca importancia en las provincias de Pontevedra y Orense.

Contexto geológico

Desde el punto de vista geológico Galicia se incluye en la zona Galaico-Castellana, según la división en zonas del Macizo Hespérico realizado por Lotze y posteriormente revisada por Matte.

Esta división se estructura en bandas o zonas alargadas con diferente sentido paleográfico y con sensibles diferencias en cuanto al metamorfismo y al magmatismo.

La zona se caracteriza por el predominio de los materiales magmáticos intrusivos sobre los metasedimentos, así como por la ausencia de materiales devónico-carboníferos en contraposición a la abundancia de materiales preordovícicos y silúricos.

A grandes rasgos, está constituido por un sustrato precámbrico, variado e irregularmente repartido, sobre el que se halla, mediante contactos anormales discordantes, un Paleozoico incompleto de facies muy diversas, el mesozoico está ausente, y la serie estratigráfica culmina con depósitos terciarios en cuencas aisladas intramontañosas y un Cuaternario más o menos aterrazado en el cauce de los principales ríos que cruzan la región.

Yacimientos

La localización de las mineralizaciones titanníferas de la zona está controlada por factores tanto litológicos como estructurales.

Así, es evidente la relación entre los afloramientos de gabros y las concentraciones de minerales titanníferos (tipo A). Dentro de estas manifestaciones se pueden distinguir como más importantes los siguientes:

Al NO de Santiago de Compostela, en la comarca denominada Monte Castelo, y emplazada en el gran lopolito básico, se sitúa un complejo de gabros de inyección múltiple, constituido por diferentes capas y cuyos espesores varían entre 100 y 500 m, así como su orientación, oscilando entre N-20°-O y N-20°-E.

Otra zona con importantes afloramientos de gabros es la situada al norte de la anterior, entre los pueblos de Carballo, Laracha y la costa Atlántica.

Además existen, dentro del complejo básico de Cabo Ortegá, una serie de pequeños afloramientos de gabros, dispersamente situados.

Dentro de los factores definidos, la mayor parte de las mineralizaciones están relacionadas con una serie de fracturas, debidas probablemente a la tercera fase de la tectónica hercínica, lo cual

permite considerar estas fracturas como factor geológico estructural (tipo C). Tienen gran importancia las formaciones mioceno-pliocénicas caracterizadas por las formaciones de depósitos coluviales, aluviales, fluviales y terrazas costeras coronadas por alineaciones dunales.

Para describirlos se han agrupado en dos áreas geográficas. La primera comprende los yacimientos de La Coruña y la segunda los indicios de Pontevedra y Orense.

3.1.1.1. La Coruña

En esta provincia se explotaron los aluviales y coluviales procedentes de la denudación de los gabros del Macizo de Monte Castedo. Han existido en total alrededor de 90 concesiones de ilmenita de las que 25 estuvieron en actividad hasta 1973. A continuación se describen con mas detalle los grupos mineros de este área pertenecientes a las cuatro empresas explotadoras mas importantes: Midusa, Mins, S.A., Ferreiro y Suarez Lago.

3.1.1.1.1. Yago y Carmen

En estas dos minas se centraba la principal actividad minera que la empresa Midusa tenia en los términos de Coristanco, Santa Comba, Tordoya y Valle del Dubra, donde llegó a tener 20 concesiones que ocupaban 1.982 Ha., situadas principalmente a ambos lados de la carretera de Angeriz a Santa Comba.

Yacimiento

Son placeres de tipo aluvial, constituidos por una masa arcillosa en la que se encuentran fragmentos dispersos constituidos exclusivamente por rocas básicas (gabros), del tipo que forman la zona circundante y a los que se debe la formación del aluvial. El aluvión descansa, casi siempre, sobre una formación llamada localmente "lastre", que procede de la alteración de la roca básica in

situ, que constituye las primitivas cuencas (brañas) en las que se han ido depositando los aluviones.

En la roca madre la concentración en ilmenita es del orden del 1% y en cambio en las brañas esta concentración es muy variable, desde el 2% en sus márgenes, hasta el 15-20% en el centro. En un principio, aunque los aluviones presentaban grandes variaciones en su grosor, composición granulométrica y contenido en ilmenita, se consideraron explotables con un mínimo de 3-3,5% de ilmenita.

Minería

La explotación se realizaba mediante dragalinas con un cazo de 200-250 litros.

Mineralurgia

El todo-uno se vertía en trómeles desenlodadores, pasando luego el producto a una criba giratoria con dos rejillas de 18 y 4 mm. Los tamaños entre 0-4 mm iban a dos jigs donde se concentraban y los mayores se consideraban estériles, pasando a la escombrera. Se trataban diariamente 1.000-1.500 t de tierra, obteniéndose un preconcentrado del 31%.

Parte de este preconcentrado se transportaba al lavadero que la empresa tenía en Angeriz, y otra parte era cedida a Mins, S.A., para su posterior concentración al 52%, mediante concentración magnética ó electrostática, de la cual carecía Midusa.

El lavadero tenía una capacidad de 18 t/h de preconcentrado, del que se obtenía, después de un cribado, tres tamaños: finos, medios y gruesos, cada uno de los cuales pasaba a un jig y de allí a un grupo de mesas Wilfley escalonadas. La producción era del orden de 10 a 10,5 t/h de un concentrado del 48-50% en TiO_2 .

De 1961 a 1964 la mayor parte de la producción se exportaba por el puerto de La Coruña principalmente al grupo italiano Montecatini.

Producciones

Entre 1961-1969 Midusa produjo de sus concesiones alrededor de 170.000 t, distribuidas de la siguiente forma:

| Año | Concentrados de ilmenita | |
|------|--------------------------|--------------------|
| | Toneladas | % TiO ₂ |
| 1961 | 8.000 | 48 |
| 1962 | 20.000 | 48 |
| 1963 | 25.000 | 48 |
| 1964 | 20.000 | 48 |
| 1965 | 13.000 | 50 |
| 1966 | 20.000 | 50 |
| 1967 | 22.000 | 50 |
| 1968 | 22.000 | 50 |
| 1969 | 20.000 | 50 |

FUENTE: Estadística Minera. Ministerio de Industria.

Siendo de 240.000 t el total de su producción desde su comienzo hasta aproximadamente 1973 año en que se terminó la actividad minera.

3.1.1.1.2. Estrella y M^a Antonia

Estas minas, pertenecientes a Mins, S.A., fueron las mas explotadas del conjunto de 20 concesiones que ocupaban cerca de 2.500 ha en los términos de Carballo, Valle del Dubra, Coristanco y Tordoya. La actividad minera comenzó en 1952 y terminó en 1969.

Yacimientos

Son depósitos de tipo coluvial y aluvial con parecidas características a las descritas en el apartado anterior.

Minería

La explotación se realizó mediante dragalinas.

Mineralurgia

El todo-uno extraído se lavaba mediante trómeles para obtener un preconcentrado del 34%, que se llevaba al lavadero que la compañía tenía cerca de Carballo, junto a la carretera de Finisterre.

En el lavadero, el preconcentrado se conducía desde la tolva a un molino de barras para su molturación, pasaba a un clasificador y de allí, por gravedad, junto con gran cantidad de agua, a las mesas de separación magnética, donde se obtenía: estériles, que iban directamente a la escombrera; mixtos, que se devolvían al clasificador; y concentrados, los cuales, después de perder el agua, se llevaban a un horno rotatorio para su secado. Una vez seco se conducía a una criba vibratoria y por medio de sinfines se distribuía a cuatro separadores que hacían una primera separación electrostática, obteniéndose un estéril que iba a la escombrera y un producto rico que pasaba a las separadoras electromagnéticas, que eran las que producían el concentrado.

El lavadero tenía una capacidad de 60.000 t/a y trataba tanto estos preconcentrados como otros procedentes de Midusa, para obtener dos clases de productos, uno con el 52% de TiO_2 para la exportación, y otro del 51% para el mercado interior.

Producciones

Desde el inicio de las actividades hasta 1969 la producción total obtenida ha sido superior a las 150.000 t de concentrados, gran parte destinadas a la exportación, principalmente a Francia.

Entre 1961 y 1969, año de cierre de las minas, las producciones han sido las siguientes:

| Año | Concentrados de ilmenita | |
|------|--------------------------|--------------------|
| | Toneladas | % TiO ₂ |
| 1961 | 2.339 | 51-52 |
| 1962 | 1.711 | 51-52 |
| 1963 | 1.463 | 51-52 |
| 1964 | 986 | 51-52 |
| 1965 | - | - |
| 1966 | 10.121 | 51-52 |
| 1967 | 6.564 | 51-52 |
| 1968 | 11.334 | 51-52 |

FUENTE: Estadística Minera. Ministerio de Industria.

3.1.1.1.3. Grupos Mineros de Tordoya y Erbecedo

La actividad minera mas importante se desarrolló en las minas La Deseada y Antonio del primero grupo y Santo Tomas de Erbecedo. Se encuentran situadas en los términos de Tordoya, Coristanco y Carballo.

Yacimientos

Son depósitos de tipo coluvial y aluvial constituidos por la descomposición de gabros y anfibolitas del Macizo de Monte Castelo, con contenidos explotables de ilmenita. En Erbecedo, la ilmenita contiene del 3-4% de rutilo.

Minería

La explotación se llevaba a cabo mediante dragalinas de 250 l de capacidad.

Mineralurgia

El todo-uno se llevaba a un trómel clasificador con cribas de 4 mm. El tamaño superior iba a la escombrera y el inferior a una criba hidráulica que realizaba una depuración, obteniéndose un preconcentrado con el 34-36% de TiO_2 . La capacidad de la planta era de 450 m³/d.

El preconcentrado se trasladaba a otra instalación donde era desenlodado mediante agua y bolas de hierro, pasando después a las mesas de refino, donde se obtenía un producto con el 48% en TiO_2 . Como contenía tierras raras y arenas de circonio se pasaba a un horno de secado y a un vibro clasificador, continuando el proceso mediante una separadora electromagnética, obteniéndose un concentrado del 51-52% en TiO_2 . La planta tenía una capacidad de tratamiento de 1.000 t/mes.

Producciones

Desde 1961 a 1969, año en que terminó la actividad, la producción total fue de 33.437 t distribuidas de la siguiente forma:

| Año | Concentrados de ilmenita | |
|------|--------------------------|--------------------|
| | Toneladas | % TiO ₂ |
| 1961 | 3.600 | 51-52 |
| 1962 | 4.900 | 51-52 |
| 1963 | 6.800 | 51-52 |
| 1964 | 5.400 | 51-52 |
| 1965 | 3.600 | 51-52 |
| 1966 | 2.700 | 51-52 |
| 1967 | 369 | 51-52 |
| 1968 | 2.500 | 51-52 |
| 1969 | 3.568 | 51-52 |

FUENTE: Estadística Minera. Ministerio de Industria.

3.1.1.1.4. Pala Fracción 1ª

Se encuentra en el Valle del Dubra, tenía una superficie de 167 ha y el explotador fue D. Manuel Suarez Lago, manteniéndose en actividad desde 1963 a 1970.

Yacimientos

Depósito aluvionar formado por materiales anfibólicos y gabroides mezclado con arcillas con contenidos en ilmenita de interés.

Minería

La explotación se realizaba mediante tractores con scraper.

Mineralurgia

El material extraído se llevaba a un trómel clasificador con cribas de 2 mm, el superior a esta granulométrica iba directamente a escombrera y el menor pasaba a una criba hidráulica. La capacidad de tratamiento era de 50 t/d, obteniéndose un

preconcentrado del 34-36% que lo trataba A. Ferreiro para obtener un concentrado del 50-52% en TiO_2 .

Producciones

Las producciones entre 1963 y 1969 fueron las siguientes:

| Año | Concentrados de ilmenita | |
|------|--------------------------|-----------|
| | Toneladas | % TiO_2 |
| 1963 | 261 | 34-36 |
| 1964 | 864 | 34-36 |
| 1965 | 1.311 | 34-36 |
| 1966 | 960 | 34-36 |
| 1967 | 764 | 34-36 |
| 1968 | 794 | 34-36 |
| 1969 | 1.315 | 34-36 |

FUENTE: Estadística Minera. Ministerio de Industria.

3.1.1.1.5. Playa de Balares

Se encuentra situada cerca del pueblo del mismo nombre a unos 10 km al oeste de Puente-Ceso.

Yacimientos

El yacimiento propiamente dicho está constituido por dos zonas: la playa en sentido estricto, con concentraciones naturales de hasta un 70% de minerales densos y las dunas del interior, bastante extensas, con una proporción del 3 al 5% de minerales densos. La mineralización es mas regular en las dunas que en la playa. El mineral base es la ilmenita, presentándose también el granate, rutilo, circón, monacita, casiterita y oro.

Historia minera

Hacia 1943, la empresa Titania, S.A. instaló una planta de concentración y tratamiento de arenas en dicha playa, con la idea de tratar no sólo éstas, sino también las de otros yacimientos próximos.

Minería

Para la extracción se utilizaba dragalina y/o scraper.

Mineralurgia

La planta de concentración y tratamiento estaba constituida por dos secciones. La primera constaba de una batería de seis mesas, cuyos concentrados pasaban a la sección magnética para la ulterior separación de sus componentes. Esta última sección constaba de secado, clasificación, separación primaria o de desbaste, mediante separadora de cilindros, y separación selectiva, utilizando una separadora de bandas cruzadas de ocho campos, que permitían la obtención de nueve productos de diferentes susceptibilidades.

La capacidad de tratamiento era de 4 k/h, tratándose de 5.000 a 10.000 t/a.

Producciones

Son escasos los datos de producción que se disponen, se sabe que en 1952 se obtuvieron casi 800 t de ilmenita.

3.1.1.1.6. Otros yacimientos

Existen otras zonas en las que se conoce la existencia de yacimientos improductivos, como son:

Laracha-Cayon

Entre estas dos poblaciones se conocen manifestaciones de titanio principalmente en Monte Neme, asociadas a anfibolitas, y en las rocas básicas enclavadas en los granitos de Monteagudo y Lendo.

En el km 4 de la carretera de Baldayo se encuentra la braña de Seijo, donde hace tiempo se realizaron trabajos para la extracción de ilmenita. No se conocen datos de producción, pero se aprecian importantes movimientos de tierra.

En las playas de Baldayo, Razo y Barrañan, el titanio es un elemento frecuente en las arenas, sobre todo en las zonas que tienen drenaje de las corridas de gabros y anfibolitas. En la de Razo, la mineralización se presenta sobre una longitud de 2 km y mas de 200 m de ancho, apareciendo en sus arenas cantidades notables de W, Sn y Ti, procedentes seguramente de los diques de Monte Neme.

En las cercanías de Lema existen otros aluviones en los cuales la ilmenita suele ir acompañada de algo de estaño. El espesor del depósito es de unos 30 cm, apoyándose sobre granito alterado o sobre arcilla rojiza. La ilmenita parece proceder de un gabro titannífero que aflora al SO, donde existen vestigios de labores.

En el entorno de Payosaco hay tres vaguadas que fueron lavadas para extraer ilmenita, se encuentran cerca de las parroquias de Mirón, Esquipa y Cachada, esta última corresponde a la mina Midala. No existen datos de producción.

Moeche-Ortigueira

En el área de Moeche se encuentra la ilmenita asociada a rocas ultrabásicas, con un contenido en mineral del 2%, pero los aluviones tienen muy poco volumen.

En la zona de Ortigueira aparece titanio tanto en masas aluvionares de ilmenita con rutilo, como minerales titanníferos diseminados en las rocas básicas y ultrabásicas del Complejo de Cabo Ortegal. Aunque existen áreas con contenidos superiores al 2%, desde el punto de vista económico solo cabe pensar como explotables las masas aluvionares, pero la ausencia de grandes volúmenes y leyes altas han impedido su explotación.

Zas-Pazos

Dentro de los términos de Zas, Bayo, Coristanco y Pazos aparece casi exclusivamente mineral de rutilo, sin apenas impurezas, al que acompaña limonita en cantidad del 6-7%. Se obtuvieron concentrados del 91-93% en TiO_2 . En la laguna de Alcayan aparecía un mineral de ilmenita que contenía el 3-4% de rutilo con bastantes impurezas, que precisaba un tratamiento de separación electrostática y magnética junto con tostación para eliminar el azufre, obteniéndose un concentrado con mas del 94% en TiO_2 .

3.1.1.2. Pontevedra-Orense

En la provincia de Pontevedra, dentro del término de Lalín, se encuentran rocas ácidas de tipo granítico que contienen titanio, pero en los aluviones producidos por la disgregación de los materiales no se encontró ilmenita.

En Orense son sumamente escasos los indicios de titanio, apareciendo junto al Sn y W en el área de Guinzo de Limia-Blancos.

3.1.2. OESTE

Dentro de esta zona se incluyen las manifestaciones de titanio existentes en las provincias de Zamora, Salamanca, Cáceres y Badajoz.

Solamente en Salamanca se tienen noticias de producción de titanio, 8 t en 1957 y 9 t en 1958. Se conoce la existencia de mineralizaciones de titanio asociadas a las de estaño en los aluviones procedentes de la denudación de rocas graníticas.

3.1.2.1. Zamora

Se conocen unos indicios de titanio en los términos de Ceadea y Fonfría, cerca de la frontera portuguesa.

La ilmenita se encuentra en unos aluviones procedentes del granito alcalino de dos micas existentes en la zona, aunque es probable que la mineralización primaria se encuentre junto a casiterita, magnetita titannífera y cuarzo. Los aluviones tienen una extensión de 2.500 m de longitud, 60 m de anchura y 2 m de potencia.

3.1.2.2. Salamanca

Las mineralizaciones de titanio se encuentran generalmente asociadas a las de estaño, principalmente en los términos de Golpejas, Fuentes de Oñoro y Puebla de Azaba.

Se desconoce de donde se extrajo la producción indicada por la Estadística Minera en 1957 y 1958, pero es previsible que se obtuviese como subproducto de la concentración de casiterita.

En los años sesenta se extrajo titanio de la mina Bellita, situada cerca de Golpejas. La mineralización, predominantemente casiterita y columbita-tantalita, aparece diseminada en microgranito albitico caolinizado. En estos últimos años se obtenía de ella casiterita y tantalita.

Cerca del pueblo de La Alamedilla, a unos 7 km al O de Puebla de Azaba, se encontraban las minas Fernando y M^a Luisa, denunciadas

por estaño e ilmenita. Es una zona de aluviones procedentes de la descomposición de un granito de dos micas de tipo alcalino.

A 2 km al SO de Puebla de Azaba, en el paraje denominado La Cuesta, se encuentra el Grupo minero La Insuperable. El yacimiento es un aluvión cuaternario con casiterita e ilmenita, de espesores variables, entre 0,30 m hasta un máximo de 5 m en algunas vaguadas, sin ningún tipo de recubrimiento, apoyado en arcillas. La mineralización está compuesta por un 80% de casiterita y 20% de ilmenita.

El material se extrae con palas cargadoras y se trata en una pequeña instalación de concentración dotada de vibroclasificadores, conos espesadores, mesas de sacudida y separador magnético, obteniéndose concentrados de casiterita y de ilmenita, almacenándose estos últimos por no existir comprador.

Al sur de Fuentes de Oñoro, en las inmediaciones de Arroyo del Fresno, Rivera del Campo y Rivera del Mimbres, está situada la mina Ana Mari. El yacimiento es de tipo aluvionar con escasa potencia y cuya mineralización es de ilmenita, casiterita, turmalina, apatito, circón, monacita, granate, rutilo, etc. Los aluviones se encuentran sobre granitos monzoníticos y sobre arenas y areniscas. El material tiene un contenido en minerales pesados del 1% del total. En los años sesenta producía algo de titanio, últimamente se extraía estaño de los aluviones y de unos filones que arman en granito y pizarras.

3.1.2.3. Cáceres

Las manifestaciones de titanio conocidas en esta provincia se encuentran situadas principalmente en la Sierra de Gata y cerca de Cáceres.

Desde antiguo se conoce la existencia de ilmenita en la Sierra. Es una formación granítica de tipo biotítico-muscovítico, en

la cual se encuentran gran número de filones cuarzosos con mineralizaciones de titanio, estaño, wolframio, oro, etc. Así mismo, en los aluviones formados por las distintas cuencas hidrográficas de la zona se presenta la ilmenita. En la década de los años veinte se realizaron análisis de estos aluviones, cuyos resultados indicaban contenidos en ilmenita del 5%. Se desconoce si se explotaron.

En el término de Cáceres, capital, hay una serie de minas de estaño en las cuales el rutilo y/o la ilmenita van asociados a la casiterita.

El yacimiento de El Trasquilón o Grupo minero San Expedito, se encuentra 12 km al sur de la ciudad, en dirección a Mérida. El depósito es un stockwork, apareciendo la mineralización en filones cuarzosos, diseminada en el granito caolinizado y en el aluvión circundante, que es el tipo de yacimiento más explotado. La paragénesis está constituida por casiterita y como minerales accesorios wolframita, ambligonita, apatito, rutilo, ilmenita y tantalita, entre otros.

Las minas Juanjo, La Quiniela, Rosarito y Sorteo, se encuentran a ambos lados de la carretera que se dirige a Valencia de Alcántara, entre los p.k. 3 y 5. La mineralización en estas minas se presenta de la misma forma que en El Trasquilón. Se están explotando en La Quiniela y Sorteo unos aluviones de 0,5 m a 1,5 m de espesor, de arenas cuarzosas con mineralización de casiterita e ilmenita y algo de wolframita. Las arenas se extraen con pala cargadora y se lavan en mesas de sacudida obteniendo un preconcentrado de casiterita e ilmenita, del que se elimina la última por separación magnética.

A través de los trabajos realizados por el IGME en los afloramientos graníticos de la provincia mediante prospección con la batea, aparecieron en muchas muestras contenidos interesantes de

titanio en las zonas de Gata, Granadilla, Talavera la Vieja, Plascencia, Valle del Tietar y Moraleja.

3.1.2.4. Badajoz

Cerca del pueblo de Valle de la Serena se encuentra la mina Mary. En ella se han lavado aluviones hasta 1977.

El yacimiento está formado por un conjunto de depósitos aluvionares cuaternarios con casiterita y pequeñas cantidades de ilmenita, wolframita y scheelita, formados por la erosión y desmantelamiento de rocas paleozoicas situadas al NE. Los aluviones son extensos y con espesores cercanos a 1 m.

En la mina Pepita, situada en los parajes El Berrocal y La Coscoja del término de Mérida, se explotaron aluviones procedentes del batolito granítico de El Berrocal, que contenían casiterita, wolframita e ilmenita.

Otros puntos de la provincia donde se ha detectado ilmenita son San Pedro de Mérida y Villanueva de la Serena.

3.1.3. ANDALUCIA

Dentro del conjunto de provincias andaluzas que se incluyen en esta zona, solamente Huelva ha tenido producción de ilmenita entre los años 1950-1966, según datos de la Estadística Minera. Se conocen diversos indicios en las provincias de Almería, Málaga y Córdoba.

3.1.3.1. Almería

Procedentes de la destrucción de vulcanitas de la zona aparecen depósitos costeros de ilmenita con magnetita en Cabo de Gata.

3.1.3.2. Málaga

Existen indicios de ilmenita en las calizas dolomíticas de la Serranía de Ronda y en los arenales costeros desde Punta Europa (Gibraltar) hasta Málaga, principalmente en su parte oriental, en los que la ilmenita va asociada con magnetita y cromita.

3.1.3.3. Sevilla

Se reconoció ilmenita en un aluvión al norte de la provincia que trató de explotarse como aurífero.

3.1.3.4. Córdoba

En los términos de Conquista y Torrecampo se han detectado indicios de ilmenita asociada a casiterita en depósitos aluvionares.

En el término de Conquista se encuentra la mina Cerro Gordo, cuya última etapa de actividad fué entre 1974 y 1979. El yacimiento está formado por un conjunto de depósitos eluviales y aluviales pliocuaternarios, constituidos por materiales detríticos con descomposición de los materiales graníticos del Batolito de los Pedroches, cerca del contacto con pizarras carboníferas. El yacimiento ocupa una superficie de cerca de 1 km² con espesores medios de 20 m.

En terrenos del término de Torrecampo, se encuentran depósitos eluviales y aluviales con casiterita, ilmenita y monacita.

3.1.3.5. Huelva

Esta provincia es la que muestra mayor importancia para el titanio dentro de la región andaluza y la segunda a nivel nacional, después de La Coruña. La ilmenita se encuentra generalmente

en las arenas de playa y menos veces en terrenos costeros del interior.

Contexto geológico

Dentro de esta zona se distinguen tres horizontes estratigráficos, Pliovillafranquiense, Cuaternario medio y Cuaternario reciente.

El Pliovillafranquiense posee una facies típicamente de arenas y gravas, algo arcillosas, alternando con capas de cantos rodados y otras más estrechas de conglomerados. El espesor del horizonte es variable, entre 10 y 30 m, aumentando en la zona sur, cerca del contacto de las marismas, donde alcanza los 100 m.

El Cuaternario medio está representado por una zona de dunas fósiles, que siguen una dirección sensiblemente paralela a la costa actual. Su espesor medio es aproximadamente de 25 m.

El Cuaternario reciente corresponde tanto a las playas como al cordón litoral de dunas. Estas últimas alcanzan en algunos puntos de la costa considerable altura y extensión.

Yacimientos

Los depósitos de esta provincia pertenecen, dentro de la tipología definida, al tipo C (placeres de playa). La ilmenita aparece tanto en los niveles del Pliovillafranquiense (0,3%), como en las capas superficiales de las playas (2,4%) y en las profundas (0,75%).

Dentro de las capas superficiales de las playas, que son las que presentan mayor interés, existen zonas donde la concentración es mayor, ya porque el oleaje del mar erosiona el escarpe Pliovillafranquiense, produciendo un nuevo aporte a la

concentración de ilmenita, o porque a este efecto del mar se añada el producido por algunas desembocaduras de arroyos.

3.1.3.5.1. Moguer-Almonte

Las explotaciones de ilmenita en estos dos términos se han concentrado en las playas de El Picacho, Mazagón, Torre de Oro y Asperillo y con menos interés en las arenas de Punta Umbría y La Antilla. En esta zona existieron varias minas, Pinta, Niña, Santa Ana, etc., las cuales cesaron sus actividades extractivas en 1966.

Minería

Las capas de ilmenita que se explotaron eran superficiales o recubiertas por arena estéril, con espesores de hasta 0,8 m. Para extraer el mineral se abrían manualmente calicatas o zanjas a lo largo de la playa y en los sitios donde está recubierta la ilmenita por arena estéril, se separaba ésta con rodos de madera hasta llegar a la capa negra, que una vez descubierta se iba extrayendo cuidadosamente hasta llegar al estéril inferior.

Mineralurgia

El mineral extraído era bastante impuro por lo que era preciso someterla a un proceso de concentración, lo cual era realizado en pequeñas plantas de concentración constituidas por varias mesas de sacudidas y separadores magnéticos, obteniéndose concentrados con leyes del 50-55% en TiO_2 .

Producciones

Las producciones obtenidas entre los años 1957 y 1966, último de actividad, fueron las siguientes:

| Año | Concentrados de ilmenita | |
|------|--------------------------|--------------------|
| | Toneladas | % TiO ₂ |
| 1957 | 2.698 | 31 |
| 1958 | 3.082 | 31 |
| 1959 | 520 | 36 |
| 1960 | 69 | 43 |
| 1961 | - | - |
| 1962 | 515 | 36 |
| 1963 | 575 | 36 |
| 1964 | 760 | 36 |
| 1965 | 475 | 36 |
| 1966 | 620 | 36 |

FUENTE: Estadística Minera. Ministerio de Industria.

3.1.4. RESTO DE ESPAÑA

En el resto de España las explotaciones de los minerales de titanio ha sido nula. Sin embargo se conocen manifestaciones titanníferas tanto asociadas a complejos básicos y a pegmatitas graníticas, como en aluviones procedentes de la denudación de estas rocas, y de arenas de playa. Estos indicios aparecen en varias provincias aunque nunca han tenido interés.

3.1.4.1. Cataluña

El titanio se ha puesto de manifiesto en diversos estudios geoquímicos realizados por el IGME en las redes de drenaje de los ríos Besós, Llobregat y en zonas costeras del litoral de Barcelona y Tarragona.

3.1.4.2. Guadalajara

En los yacimientos argentíferos de Hiendelaencina se han observado cristales de rutilo.

3.1.4.3. Asturias-León

Se ha observado la presencia de ilmenita en las arenas auríferas y en los cuarzos con oro de algunos depósitos de estas provincias.

3.1.4.4. Canarias

En Tenerife se tienen referencias de manifestaciones titaníferas en La Laguna.

3.1.4.5. Madrid

En los años sesenta existía en los términos de Galapagar y Las Rozas la mina Maruja, que producía algo de titanio.

El contexto geológico se caracteriza por las terrazas sedimentarias de materiales de denudación del macizo granítico de Guadarrama. Estas terrazas están surcadas por la red hidrográfica que ha dado lugar a unos aluviones, en ocasiones con potencias máximas de 20 m, en los que se realizó un laboreo para extraer la casiterita y la ilmenita que vienen asociadas.

Se han investigado los aluviones de la zona y se va a comenzar la explotación y la instalación de una planta de tratamiento con separación gravimétrica y procesos electrostáticos y electromagnéticos para obtener concentrados de casiterita, ilmenita, rutilo y otros minerales pesados.

Otros puntos de la provincia con indicios de titanio son Horcajo de la Sierra, Horcajuelo, Prádena del Rincón y Somosierra, en los que aparece rutilo.

3.2. PLANTAS DE ELABORACION Y TRANSFORMACION

En España, como en la mayoría de los países del mundo occidental, se sigue, en el proceso de utilización de los minerales de titanio, el esquema clásico ya reseñado (Fig. nº 7, pág. nº 34), con las peculiaridades derivadas de su condición de país no productor de estos materiales.

Así, por ejemplo, puede establecerse que no existe empleo directo del rutilo para la fabricación de soldaduras, recubrimientos, etc., empleándose en muy pequeñas ocasiones estos materiales de forma directa, por industrias de pigmentos o de ferroaleaciones.

Como norma general, los minerales de titanio son empleados para la fabricación de dióxido de titanio y éste es consumido, generalmente, para la fabricación de pigmentos o como blanqueante (cerámica, papel, etc.).

Las plantas dedicadas a la obtención de dióxido de titanio existentes en el país son dos:

- TIOXIDE ESPAÑOLA, S.A., que dispone de una planta en Huelva, y
- DOWN CHEMICAL IBERICA, S.A., cuya factoría se ubica en Axpe, Vizcaya.

A continuación se examina brevemente cada una de estas plantas industriales.

3.2.1. PLANTA DE TIOXIDE ESPAÑOLA, S.A., EN HUELVA

Entre 1972 y 1974, las empresas The Down Chemical Company, única productora de dióxido de titanio de España, a través de la factoría de Axpe, Erandio, en Vizcaya, de su filial Down Chemical

Ibérica, S.A. y Explosivos Río Tinto, S.A., crean la empresa Titanio, S.A., la cual se pretendía que pusiera a punto una planta de fabricación de TiO_2 , aprovechando el exceso de SO_4H_2 producido por ERT, en el Polígono Industrial de Huelva.

Esta planta, en una primera fase tendría una capacidad de 50.000 t/año, ampliándose hasta alcanzar las 100.000 t/año, en una segunda fase, al término de la cual se cerraría la planta de Axpe.

En 1974, funcionaba ya la primera fase de 50.000 t/año en Palos de la Frontera (Huelva), pero diversos problemas habían cambiado la estructura empresarial que se repartía 45% Tioxide International, 55% ERT, manteniendo Down Chemical su independencia y su trabajo en Vizcaya.

Esta situación de estructura empresarial y de capacidad de producción se ha mantenido hasta 1984, en que la crisis económica de ERT alcanzó a Titanio, S.A., produciendo su cierre.

Posteriormente, el socio extranjero de la firma adquirió la mayoría en la empresa, cambiando incluso la denominación de la misma que pasó a llamarse Tioxide España, S.A.

Durante todo este periodo la factoría de Palos de la Frontera, Huelva, se ha mantenido en su capacidad inicial de 50.000 t/año, no existiendo, por el momento, ninguna intención de continuar con el proyecto de la segunda fase.

El proceso industrial seguido en esta planta es el clásico "de sulfatación" o de digestión de la ilmenita con ácido sulfúrico (ver fig. 9, pág. 46).

En esta planta se consiguen recuperar alrededor de 10.000 t/año de sulfato de hierro.

3.2.2. PLANTA DE DOWN CHEMICAL IBERICA, S.A. EN VIZCAYA

Esta planta, sita en Axpe-Erandio, en plena ría de Bilbao, ha sido la primera que se estableció en España, sufriendo diversas ampliaciones.

Esta factoría, que también trabaja mediante el proceso de sulfatación, fué establecida en 1962 con una capacidad de 7.500 t/año, pasando entre 1965 y 1969 a una capacidad de 13.000 t/año, y en 1970 alcanzó las 20.000 t/año. Posteriormente sufrió diversas ampliaciones a 22.000 t/año (año 1975) y 25.000 t/año en 1980. En la actualidad cuenta con 30.000 t/año, aún cuando raramente alcanza el 100% de su capacidad.

El desarrollo de esta fábrica se produjo después de que la empresa perdiera su participación en el antiguo Titanio, S.A., en la actualidad Tioxide España, S.A.

Las producciones obtenidas han oscilado entre el 80 y el 95% de la capacidad, para cada año.

3.3. DATOS ECONOMICOS

La industria del titanio en España se va a estudiar teniendo en cuenta los tres estadios contemplados en apartados anteriores: minería, fabricación de semielaborados y fabricación de productos terminados, entendiéndose por tales los que demanda la industria fabricante de productos de consumo directo.

Se han descrito anteriormente los principales centros mineros, cerrados en la actualidad, así como las empresas que elaboran y transforman los concentrados.

A continuación se adjuntan estadísticas de aquellos datos económicos que van a permitir conocer la estructura y evolución del sector y el funcionamiento de su mercado, con el fin de llegar a extraer determinadas conclusiones sobre tendencias futuras.

3.3.1. PRODUCCION MINERA

En España existen recursos de titanio, tanto en yacimientos primarios como secundarios, aunque sólo estos últimos hayan sido objeto de explotación.

En la actualidad, todas las minas se encuentran inactivas, habiendo cesado las extracciones de rutilo a principios de la década de los sesenta y las de ilmenita en 1973.

En el cuadro 25 se refleja la evolución seguida por la producción minera nacional de titanio desde 1956, (entendiéndose por tal mineral la ilmenita). Observando la relación entre producción vendible y su contenido en TiO_2 , se puede deducir que la ley media del mineral era relativamente baja y, en ningún caso, superior al 50%.

Este hecho se daba también en la minería del rutilo, por lo que, al elevarse drásticamente los costes de explotación, la

PRODUCCION NACIONAL DE MINERAL DE TITANIO

| AÑOS | PROVINCIAS | MINERAL | PRODUCCION (t) | CONTENIDO (TiO ₂) | MILES DE PESETAS |
|------|------------|---------------------------|----------------|-------------------------------|------------------|
| 1956 | LA CORUÑA | ILMENITA | 3.712 | 1.913 | 3.712 |
| | HUELVA | ILMENITA | 1.697 | 713 | 1.697 |
| | TOTAL..... | | 5.409 | 2.626 | 5.409 |
| 1957 | LA CORUÑA | ILMENITA | 6.181 | 3.034 | 7.128 |
| | HUELVA | ILMENITA | 2.698 | 836 | 1.080 |
| | SALAMANCA | ILMENITA | 8 | 5 | 9 |
| | TOTAL..... | | 8.887 | 3.875 | 8.217 |
| 1958 | LA CORUÑA | ILMENITA | 13.384 | 6.544 | 15.160 |
| | HUELVA | ILMENITA | 3.082 | 697 | 1.222 |
| | SALAMANCA | ILMENITA | 9 | 6 | 10 |
| | TOTAL..... | | 16.475 | 7.247 | 16.412 |
| 1959 | LA CORUÑA | ILMENITA | 6.530 | 3.332 | 5.881 |
| | LA CORUÑA | COMPLEJOS ESTAÑO/TITANIO | 265 | 120 | 321 |
| | LA CORUÑA | COMPLEJOS VARIOS ILMENITA | 43 | 22 | 21 |
| | HUELVA | ILMENITA | 520 | 188 | 241 |
| | SALAMANCA | COMPLEJOS ESTAÑO/TITANIO | 2 | 1 | 2 |
| | TOTAL..... | | 7.360 | 3.663 | 6.466 |
| 1960 | LA CORUÑA | ILMENITA | 6.874 | 3.437 | 4.711 |
| | LA CORUÑA | COMPLEJOS ESTAÑO/TITANIO | 3.814 | 1.801 | 2.396 |
| | LA CORUÑA | COMPLEJOS VARIOS | 350 | 175 | 210 |
| | HUELVA | ILMENITA | 69 | 30 | 20 |
| | SALAMANCA | COMPLEJOS ESTAÑO/TITANIO | 21 | 11 | 15 |
| | TOTAL..... | | 11.128 | 5.454 | 7.352 |
| 1961 | LA CORUÑA | ILMENITA | 19.011 | 8.891 | 18.491 |
| | LA CORUÑA | COMPLEJOS ESTAÑO/TITANIO | 10.734 | 5.185 | 8.587 |
| | LA CORUÑA | COMPLEJOS VARIOS | 355 | 177 | 284 |
| | SALAMANCA | COMPLEJOS ESTAÑO/TITANIO | 4 | 2 | 4 |
| | TOTAL..... | | 30.104 | 14.255 | 27.366 |
| 1962 | LA CORUÑA | ILMENITA | 19.438 | 10.067 | 19.739 |
| | LA CORUÑA | COMPLEJOS ESTAÑO/TITANIO | 20.754 | 9.858 | 17.630 |
| | LA CORUÑA | COMPLEJOS VARIOS | 949 | 475 | 779 |
| | HUELVA | ILMENITA | 515 | 185 | 155 |
| | SALAMANCA | COMPLEJOS ESTAÑO/TITANIO | 16 | 8 | 15 |
| | TOTAL..... | | 41.672 | 20.593 | 38.318 |

PRODUCCION NACIONAL DE MINERAL DE TITANIO

| AÑOS | PROVINCIAS | MINERAL | PRODUCCION (t) | CONTENIDO (TiO ₂) | MILES DE PESETAS |
|------|------------|--------------------------|----------------|-------------------------------|------------------|
| 1963 | LA CORUÑA | ILMENITA | 21.063 | 10.852 | 16.850 |
| | LA CORUÑA | COMPLEJOS ESTAÑO/TITANIO | 28.690 | 13.648 | 20.118 |
| | LA CORUÑA | COMPLEJOS VARIOS | 220 | 110 | 176 |
| | HUELVA | ILMENITA | 575 | 207 | 285 |
| | SALAMANCA | COMPLEJOS ESTAÑO/TITANIO | 23 | 12 | 20 |
| | TOTAL..... | | 50.571 | 24.829 | 37.449 |
| 1964 | LA CORUÑA | ILMENITA | 43.046 | 21.048 | 33.929 |
| | HUELVA | ILMENITA | 878 | 430 | 692 |
| | TOTAL..... | | 43.924 | 21.478 | 34.621 |
| 1965 | LA CORUÑA | ILMENITA | 13.095 | 6.704 | 10.776 |
| | LA CORUÑA | COMPLEJOS ESTAÑO/TITANIO | 6.540 | 3.107 | 5.886 |
| | HUELVA | ILMENITA | 475 | 171 | 190 |
| | TOTAL..... | | 20.110 | 9.982 | 16.852 |
| 1966 | LA CORUÑA | ILMENITA | 24.664 | 12.825 | 20.531 |
| | LA CORUÑA | COMPLEJOS ESTAÑO/TITANIO | 19.918 | 9.473 | 17.942 |
| | HUELVA | ILMENITA | 620 | 223 | 248 |
| | TOTAL..... | | 45.202 | 22.521 | 38.721 |
| 1967 | LA CORUÑA | ILMENITA | 37.072 | 18.188 | 33.141 |
| | TOTAL..... | | 37.072 | 18.188 | 33.141 |
| 1968 | LA CORUÑA | ILMENITA | 39.049 | 19.463 | 34.800 |
| | TOTAL..... | | 39.049 | 19.463 | 34.800 |
| 1969 | LA CORUÑA | ILMENITA | 29.232 | 14.125 | 26.329 |
| | TOTAL..... | | 29.232 | 14.125 | 26.329 |
| 1970 | LA CORUÑA | ILMENITA | 27.126 | 13.011 | 30.457 |
| | TOTAL..... | | 27.126 | 13.011 | 30.457 |
| 1971 | LA CORUÑA | ILMENITA | 24.349 | 11.455 | 30.235 |
| | TOTAL..... | | 24.349 | 11.455 | 30.235 |
| 1972 | LA CORUÑA | ILMENITA | 22.483 | 10.506 | 31.024 |
| | TOTAL..... | | 22.483 | 10.506 | 31.024 |
| 1973 | LA CORUÑA | ILMENITA | 5.416 | 2.545 | 6.861 |
| | TOTAL..... | | 5.416 | 2.545 | 6.861 |

UNIDAD: Toneladas

FUENTE: Estadística Minera de España

explotación de ambos minerales dejó de ser rentable y determinó el cese de ambos tipos de minería.

El rutilo dejó de explotarse en 1961 debido al motivo mencionado y a otras dos causas, externas al problema en sí, pero importantes en su efecto: la liberalización de la política comercial española, iniciada en 1959 y el fuerte descenso de las cotizaciones internacionales del mineral. Ambos hechos, junto a los factores ya expuestos de baja ley y altos costes de extracción, motivaron el hundimiento económico y subsiguiente cierre de las explotaciones existentes.

De forma similar aconteció con la ilmenita en época posterior. A los motivos ya mencionados de elevados costes y leyes relativamente bajas, se unió el descenso de los precios, derivado de la debilidad de la demanda de la industria consumidora, lo que originó el que los yacimientos existentes, todos ellos localizados en La Coruña, se convirtieran en subeconómicos, cesando en ese momento su explotación.

3.3.1.1. Producción de semielaborados

No existe en España producción de rutilo sintético ni de escorias o desperdicios de titanio y sí sólo de óxidos y dióxidos del mismo. En cuanto a estos últimos, aunque su producción alcanza cifras importantes, no se conocen con exactitud las correspondientes a óxidos y dióxidos y las de pigmentos a base de óxidos de titanio, ya que, a nivel nacional no se publica estadísticas tan detalladas y las que suele publicar la "Industria Química en España" las ofrece conjuntamente desde 1977.

Según esta publicación, las cifras a partir de tal año son las siguientes (cuadro nº 26):

PRODUCCION NACIONAL DE DIOXIDO DE TITANIO

| <u>AÑOS</u> | <u>PRODUCCION</u> |
|-------------|-------------------|
| 1977 | 42.700 t |
| 1978 | 53.900 t |
| 1979 | 66.100 t |
| 1980 | 51.434 t |
| 1981 | 66.587 t |
| 1982 | 67.494 t |
| 1983 | 65.380 t |
| 1984 | .... |
| 1985 | .... |
| 1986 | .... |
| 1987 | .... |

Según esta relación, la producción de estos materiales es creciente hasta 1982, si bien se desconoce su evolución a partir de tal fecha.

3.3.1.2. Producción metalúrgica

Como en casos anteriores, no existen datos fiables de esta producción que, en general, se considera nula para el titanio metal, tanto en esponja como en polvo o manufacturado y sólo se obtienen pequeñas cantidades de ferrotitanio y ferrosilicotitanio, pero también sin poder trabajar con cifras exactas.

En general, España no puede ser considerada como productora de estos materiales, teniendo que aportar todo lo necesario para abastecer su consumo.

3.3.2. COMERCIO EXTERIOR

Dentro del mercado del titanio, España es un país netamente importador, sin embargo, la situación no es la misma en todos los niveles de su industria, por lo que es necesario el análisis de sus cuadros de comercio exterior para tener una idea correcta de la situación real y tendencias del sector.

3.3.2.1. Comercio de minerales y concentrados

Los cuadros 27 y 28 recogen las importaciones de minerales de titanio, (básicamente rutilo) y de ilmenita, desde 1970 a 1985.

Con respecto al rutilo, puede observarse la evolución ascendente de las compras hasta 1977, fecha en que se inicia un fuerte y continuado descenso, que ha persistido hasta el momento actual y que ha mantenido el volumen total de importaciones en niveles similares a los del año de partida.

Este descenso estuvo originado por tres causas fundamentales:

- El alto precio alcanzado por el mineral
- El deterioro medioambiental al que daban lugar sus residuos
- La debilidad de la demanda de su principal industria consumidora: la de producción de pigmentos, motivada por un cambio en el proceso de obtención del TiO_2 , que sustituyó el tradicional proceso de sulfatación que consumía rutilo, por el de cloración, que utilizaba rutilo sintético, fabricado a partir de la ilmenita.

Esto último queda contrastado al observar el cuadro que recoge las importaciones de ilmenita, donde se refleja la tendencia claramente creciente de las mismas.

IMPORTACIONES ESPAÑOLAS DE ILMENITA

| | 1970 | 1971 | 1972 | 1973 | 1974 | 1975 | 1976 | 1977 | 1978 | 1979 | 1980 | 1981 | 1982 | 1983 | 1984 | 1985 | 1986 | 1987 |
|----------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| EUROPA | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| NORUEGA | 12.576 | 30.235 | 30.251 | 43.682 | 76.482 | 54.776 | 65.005 | 71.256 | 63.779 | 68.986 | 64.363 | 69.923 | 72.342 | 48.852 | 58.769 | 57.882 | - | - |
| PORTUGAL | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 2.092 | 1.045 | - |
| FRANCIA | - | - | - | - | - | 0,202 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| ALEMANIA, R.F. | 0,150 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| REINO UNIDO | 0,136 | 1 | - | - | - | - | 0,007 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| U.R.S.S. | - | - | 0,500 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0,004 | - | - | - |
| TOTAL | 12.577 | 30.236 | 30.252 | 43.681 | 76.483 | 54.776 | 65.005 | 71.256 | 63.779 | 68.986 | 64.363 | 69.923 | 72.342 | 48.852 | 58.769 | 59.974 | 1.045 | - |
| OCEANIA | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| AUSTRALIA | 71 | 30 | 9.190 | 69 | 93 | 35 | 23.708 | 62.016 | 42.421 | 93.986 | 65.946 | 75.238 | 65.764 | 81.285 | 104.464 | 92.933 | 84.040 | 81.848 |
| TOTAL | 71 | 30 | 9.190 | 69 | 93 | 35 | 23.708 | 62.016 | 42.421 | 93.986 | 65.946 | 75.238 | 65.764 | 81.285 | 104.464 | 92.933 | 84.040 | 81.848 |
| AFRICA | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SUDAFRICA | 0,044 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 2,197 | - | - | - | - | - | - | - |
| TOTAL | 0,044 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 2,197 | - | - | - | - | - | - | - |
| AMERICA | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| EE.UU. | - | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | 2,414 | - | - | - | 21,827 | 15,330 | - | - |
| CANADA | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 15,848 |
| ASIA | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| INDIA | - | - | 25 | 15 | 20 | 38 | - | - | - | 5 | - | 5 | - | - | - | 17,947 | - | - |
| MALASIA | - | - | - | - | - | - | 12,589 | 0,098 | - | - | - | - | - | - | - | - | 19,067 | 36,145 |
| TOTAL | - | - | 25 | 15 | 20 | 38 | 12,589 | 0,098 | - | 5 | - | 5 | - | - | - | 17,947 | 19,067 | 36,145 |
| TOTAL MUNDIAL | 12.648 | 30.268 | 39.468 | 43.766 | 76.596 | 54.851 | 101.302 | 133.272 | 106.200 | 162.977 | 134.920 | 145.166 | 138.016 | 130.137 | 185.060 | 186.184 | 104.152 | 133.841 |

UNIDAD: Toneladas

FUENTE: Estadísticas de Comercio Exterior de España.

IMPORTACIONES ESPAÑOLAS DE MINERALES DE TITANIO (RUTILO)

| PAISES | 1970 | 1971 | 1972 | 1973 | 1974 | 1975 | 1976 | 1977 | 1978 | 1979 | 1980 | 1981 | 1982 | 1983 | 1984 | 1985 | 1986 | 1987 |
|----------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| EUROPA | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Alemania R.F. | - | 5 | 142 | 31 | 13 | 11 | - | 156 | 88 | 149 | 154 | - | - | - | - | - | - | 24 |
| Bélgica | 25 | 126 | 110 | 214 | 381 | 167 | 5 | 207 | 270 | 143 | 76 | - | - | - | - | - | - | - |
| Francia | - | 41 | - | 12 | - | - | 20 | 23 | - | - | - | - | 0.200 | 0.850 | - | - | - | - |
| Italia | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 2 | 24 | - |
| Países Bajos | - | - | - | 69 | 86 | - | 1 | 15 | - | - | 9 | - | - | - | - | - | - | 113 |
| Reino Unido | 23 | 11 | 95 | - | 15 | 100 | 20 | 75 | 480 | 776 | 846 | 16 | - | - | - | - | - | 8 |
| Suecia | - | 18 | - | - | 33 | - | 9 | - | - | - | 15 | - | - | - | - | - | - | - |
| Total | 48 | 201 | 347 | 326 | 528 | 278 | 55 | 476 | 838 | 1.068 | 1.100 | 16 | 0,200 | 0,850 | - | 2 | 24 | 155 |
| AFRICA | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Sierra Leona | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 24 | - | - | - |
| Rep. Sudáfrica | 84 | 84 | 5 | - | - | - | - | 111 | 186 | 325 | 368 | - | - | 1.293 | 2.564 | 2.383 | 2.623 | 1.574 |
| Total | 84 | 84 | 5 | - | - | - | - | 111 | 186 | 325 | 368 | - | - | 1.293 | 2.588 | 2.383 | 2.623 | 1.574 |
| AMERICA | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| EE.UU | 190 | 153 | 110 | 500 | 609 | 462 | 160 | 649 | 690 | 937 | 556 | - | - | - | - | - | - | 99 |
| Canadá | - | - | - | - | 94 | - | 3 | - | 40 | 40 | 30 | - | - | - | - | - | - | - |
| Chile | - | 15 | 39 | 176 | 189 | 117 | 197 | 327 | 509 | 106 | 194 | - | - | - | - | - | - | - |
| Total | 190 | 168 | 149 | 676 | 892 | 579 | 360 | 976 | 1.239 | 1.083 | 780 | - | - | - | - | - | - | 99 |
| ASIA | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Corea Sur | - | - | - | - | 9 | 10 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Japón | 23 | - | - | - | - | - | - | 162 | 54 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Sri Lanka | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 293 | 478 | 220 | 330 | - | - | - | - |
| Australia | 879 | 786 | 4.990 | 4.788 | 5.012 | 5.801 | 2.625 | 4.669 | 2.453 | 2.326 | 2.027 | 1.137 | 319 | 288 | 141 | 48 | 119 | 271 |
| Total | 902 | 786 | 4.990 | 4.788 | 5.021 | 5.811 | 2.625 | 4.831 | 2.507 | 2.326 | 2.320 | 1.615 | 539 | 618 | 141 | 48 | 119 | 271 |
| TOTAL GENERAL | 1.224 | 1.239 | 5.491 | 5.790 | 6.441 | 6.668 | 3.040 | 5.394 | 4.770 | 4.802 | 4.568 | 1.631 | 539 | 1.912 | 2.729 | 2.433 | 2.766 | 2.099 |

FUENTE: Estadística de comercio exterior de España

UNIDAD: Toneladas métricas

NOTA : Hasta 1976, la partida reflejada (26.01.44) hace mención al mineral de Ti, excepto la ilmenita, V, Mo y Ta.

1977, en su partida 26.01.48, incluye el mineral de Circonio.

1978, 79 y 80, excluyen en la partida 26.01.48 el tántalo.

Por último, 1981, diferencia los distintos minerales, así la partida 26.01.84, recoge tan sólo el mineral de titanio, excepto ilmenita.

Sin embargo, no era esta sustitución el único motivo del incremento de las compras ya que, junto a él, incidían otros dos: el cese de la producción interna de ilmenita y la situación favorable del sector en general.

En el momento actual solo hay dos países suministradores de este material: Noruega y Australia, que aportan cada uno del 40% y el 60% respectivamente del consumo interior.

Con respecto al rutilo, nuestros principales abastecedores son Australia y la República de Sudáfrica, con un 4,5% y 95,5% respectivamente, del total importado.

De todo ello se infiere la total dependencia española frente al exterior, en lo que a estos minerales hace referencia.

No se puede hablar de exportación de minerales de titanio, ya que, de existir, se trata de reexportaciones y sus cifras son mínimas, por lo que ni siquiera se pretende recogerlas en cuadros.

3.3.2.2. Comercio de productos químicos de titanio

Se consideran como tales los óxidos y dióxidos de titanio y los óxidos para pigmentos.

Las cifras y tendencias del comercio de dichos productos quedan recogidos en los cuadros nºs 29, 30, 31 y 32.

En ellos se observa como cerca del 90% de las compras proceden de Europa, mientras que nuestras exportaciones son absorbidas por EE.UU. (50%), seguido de países europeos (30%), pertenecientes tanto al área de libre mercado como de economía centralizada.

En general, puede decirse que, con respecto a este tipo de productos nuestra Balanza Comercial es excedentaria.

IMPORTACIONES ESPAÑOLAS DE ÓXIDOS DE TITANIO

| | 1973 | 1974 | 1975 | 1976 | 1977 | 1978 | 1979 | 1980 | 1981 | 1982 | 1983 | 1984 | 1985 | 1986 | 1987 |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| EUROPA | | | | | | | | | | | | | | | |
| ALEMANIA, R.F. | 2.321 | 3.195 | 172 | 769 | 549 | 464 | 496 | 378 | 610 | 740 | 398 | 440 | 384 | 310 | 364 |
| FINLANDIA | 515 | 444 | 190 | 73 | 90 | - | 28 | 54 | 234 | 90 | 74 | 18 | 54 | 36 | 158 |
| FRANCIA | 1.745 | 978 | 529 | 453 | 443 | 479 | 516 | 342 | 613 | 492 | 313 | 259 | 270 | 283 | 483 |
| ITALIA | 1.370 | 504 | - | 129 | 32 | 114 | 5 | 66 | 444 | 302 | 334 | 71 | 6 | - | 49 |
| NORUEGA | 107 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| PAISES BAJOS | 20 | 30 | 44 | 20 | 0.5 | 0.380 | 54 | 0.450 | 1 | 3 | - | - | 0.5 | 36 | 41 |
| REINO UNIDO | 395 | 358 | 176 | 162 | 13 | 92 | 22 | 151 | 10 | 14 | 8 | 8 | 12 | 216 | 438 |
| SUIZA | 1 | 5 | - | - | - | - | 0.500 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| CHECOSLOVAQUIA | 190 | 262 | 60 | - | 4 | 6 | 2 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| BELGICA | 246 | 261 | 349 | 46 | 198 | 390 | 678 | 1.041 | 780 | 2.870 | 589 | 270 | 280 | 234 | 354 |
| SUECIA | - | 4 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| U.R.S.S. | - | - | - | - | - | - | 22 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| PORTUGAL | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 5 |
| TOTAL | 6.910 | 6.041 | 1.520 | 1.652 | 1.330 | 1.546 | 1.802 | 1.993 | 2.692 | 4.511 | 1.716 | 1.06 | 1.007 | 1.115 | 1.892 |
| AMERICA | | | | | | | | | | | | | | | |
| EE.UU. | 51 | 132 | 10 | 54 | 66 | 333 | 242 | 137 | 137 | 55 | 22 | 2 | 30 | 1 | 1 |
| CANADA | - | 8 | - | - | 0.200 | 0.854 | 0.501 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | - | - |
| TOTAL | 51 | 140 | 10 | 54 | 66 | 334 | 243 | 138 | 138 | 56 | 23 | 4 | 31 | 1 | 1 |
| ASIA | | | | | | | | | | | | | | | |
| JAPON | 147 | - | - | - | 30 | - | 15 | 21 | 36 | 44 | - | - | - | - | - |
| AUSTRALIA | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 40 | 120 |
| CHINA | - | - | - | - | - | - | - | - | 49 | - | - | - | 30 | 178 | 337 |
| TOTAL | 147 | - | - | - | 30 | - | 15 | 21 | 85 | 44 | - | - | 30 | 218 | 457 |
| TOTAL MUNDIAL | 7.108 | 6.181 | 1.530 | 1.706 | 1.426 | 1.880 | 2.060 | 2.192 | 2.915 | 4.611 | 1.739 | 1.070 | 1.068 | 1.334 | 2.350 |

UNIDAD: Toneladas

FUENTE: Estadísticas de Comercio Exterior de España

IMPORTACIONES ESPAÑOLAS DE PIGMENTOS A BASE DE OXIDOS DE TITANIO

| | 1977 | 1978 | 1979 | 1980 | 1981 | 1982 | 1983 | 1984 | 1985 | 1986 | 1987 |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|
| <u>EUROPA</u> | | | | | | | | | | | |
| ALEMANIA, R.F. | 366 | 1.481 | 3.353 | 4.082 | 4.272 | 4.113 | 4.226 | 4.614 | 4.654 | 5.070 | 5.290 |
| BELGICA | 110 | 183 | 530 | 710 | 868 | 1.084 | 1.042 | 1.120 | 557 | 925 | 1.662 |
| DINAMARCA | - | 0.750 | 1 | 0.704 | - | 0.504 | - | - | 0.500 | - | 2 |
| FINLANDIA | 16 | 74 | 52 | 20 | - | - | - | - | 18 | - | - |
| FRANCIA | 897 | 417 | 120 | 552 | 820 | 1.005 | 786 | 309 | 546 | 1.440 | 1.318 |
| ITALIA | 288 | 192 | 179 | 79 | 76 | 80 | 236 | 79 | 44 | 71 | 241 |
| NORUEGA | - | - | - | - | - | 141 | - | - | - | 178 | - |
| PAISES BAJOS | 22 | 44 | 22 | 44 | 405 | 379 | 1.584 | 1.716 | 2.108 | 2.354 | 1.763 |
| REINO UNIDO | 818 | 289 | 223 | 86 | 135 | - | 167 | 127 | 114 | 199 | 81 |
| SUIZA | 2 | 1 | 1 | 0,054 | 0,060 | 0,504 | 0,030 | 0,110 | - | 0,676 | 0,875 |
| TOTAL | 2.519 | 2.682 | 4.481 | 5.575 | 6.576 | 6.804 | 8.041 | 7.965 | 8.042 | 10.238 | 10.360 |
| <u>AMERICA</u> | | | | | | | | | | | |
| EE.UU. | 8 | 17 | 201 | 132 | 626 | 1.240 | 1.788 | 1.581 | 1.305 | 1.079 | 1.090 |
| CANADA | - | 0,023 | - | - | 5 | 1 | 36 | - | - | - | - |
| MEJICO | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 115 | 23 |
| TOTAL | 8 | 17 | 201 | 132 | 631 | 1.241 | 1.824 | 1.581 | 1.305 | 1.194 | 1.113 |
| <u>ASIA</u> | | | | | | | | | | | |
| KUWAIT | - | - | 5 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| JAPON | - | 3 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| TOTAL | - | 3 | 5 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| <u>OCEANIA</u> | | | | | | | | | | | |
| AUSTRALIA | 5 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| TOTAL | 5 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| TOTAL MUNDIAL | 2.532 | 2.702 | 4.687 | 5.707 | 7.202 | 8.045 | 9.865 | 9.546 | 9.347 | 11.433 | 11.973 |

UNIDAD: Toneladas

FUENTE: Estadísticas de Comercio Exterior de España

CUADRO N.º 31

EXPORTACIONES ESPAÑOLAS DE OXIDOS DE TITANIO

| | 1973 | 1974 | 1975 | 1976 | 1977 | 1978 | 1979 | 1980 | 1981 | 1982 | 1983 | 1984 | 1985 | 1986 | 1987 |
|----------------------|--------------|--------------|---------------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|--------------|
| EUROPA | | | | | | | | | | | | | | | |
| ALEMANIA, R.F. | 150 | - | 924 | 1.970 | 1.890 | 2.027 | 2.213 | 1.234 | 2.255 | 1.380 | 882 | 974 | 572 | - | - |
| BELGICA | - | - | 105 | 32 | 55 | 203 | 7 | 20 | 136 | 45 | 45 | 89 | 112 | - | - |
| FRANCIA | 140 | 17 | 720 | 1.911 | 1.471 | 3.071 | 3.890 | 2.858 | 3.843 | 3.712 | 2.304 | 1.848 | 1.522 | - | 1 |
| GRECIA | 245 | 7 | 72 | 77 | 16 | 25 | 20 | 15 | - | 41 | 112 | 64 | 56 | - | - |
| IRLANDA | - | - | - | - | - | - | - | 16 | - | - | - | - | 5 | - | - |
| ITALIA | - | - | 100 | 649 | 860 | 1.465 | 1.040 | 1.040 | 1.430 | 1.411 | 1.425 | 817 | 93 | - | - |
| NORUEGA | 259 | - | 20 | 25 | - | - | - | 20 | 18 | - | - | - | - | - | - |
| PAISES BAJOS | 1.206 | 250 | 400 | 130 | 665 | 1.004 | 200 | 146 | 80 | 220 | 20 | 96 | 51 | - | - |
| PORTUGAL | - | 1 | 105 | 181 | 180 | 1.333 | 465 | 728 | 174 | 460 | 20 | 100 | 93 | 37 | 10 |
| REINO UNIDO | - | - | 98 | 803 | 957 | 693 | 1.046 | 549 | 2.751 | 1.549 | 520 | 340 | 90 | 54 | - |
| SUECIA | 2 | - | - | - | 5 | 62 | 60 | 31 | 614 | 344 | 38 | - | 54 | - | - |
| SUIZA | 60 | 22 | 253 | 82 | 111 | 167 | 122 | 134 | 488 | 125 | 30 | 111 | 135 | - | - |
| ALEMANIA, R.D. | 150 | - | - | - | - | - | 20 | - | - | - | 100 | 22 | - | - | - |
| BULGARIA | - | 500 | 150 | 100 | - | 1.100 | 1.100 | 300 | 1.524 | 270 | 200 | 282 | 450 | 122 | - |
| HUNGRIA | - | - | - | - | - | - | - | 20 | 78 | - | - | - | - | - | - |
| POLONIA | 33 | 250 | 24 | - | 66 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| RUMANIA | - | 700 | - | 3 | 500 | 1.280 | 450 | 980 | 1.000 | - | 651 | 400 | - | - | - |
| TURQUÍA | - | 115 | 15 | - | - | - | - | - | 290 | - | - | - | - | - | - |
| U.R.S.S. | - | 500 | 500 | - | 200 | 200 | - | - | - | 2 | 50 | - | 500 | 176 | - |
| YUGOSLAVIA | - | - | 100 | 40 | - | - | 96 | 340 | 540 | 40 | 60 | 22 | 110 | - | - |
| TOTAL | 2.245 | 2.247 | 3.686 | 6.018 | 6.976 | 10.729 | 8.411 | 15.223 | 9.617 | 6.547 | 6.457 | 5.165 | 3.843 | 389 | 11 |
| AFRICA | | | | | | | | | | | | | | | |
| COSTA MARFIL | - | - | 10 | 5 | - | 23 | 30 | - | 70 | 48 | - | 72 | 70 | - | - |
| EGIPTO | - | - | 10 | 122 | - | 10 | 50 | 25 | 220 | 380 | 310 | 205 | - | - | - |
| KENIA | - | - | 20 | - | - | - | 16 | - | 192 | - | - | - | - | - | - |
| LIBIA | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 250 | - | - | - | - |
| MARRUECOS | - | - | 0.100 | - | - | 48 | - | 144 | 592 | 945 | 624 | 1.068 | 1.073 | - | - |
| MOZAMBIQUE | 100 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| NIGERIA | - | - | 120 | - | - | 15 | - | - | 19 | 352 | 96 | 400 | - | - | - |
| SUDAFRICA | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 54 | 58 | - | - | - |
| TUNEZ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 62 | 55 | 317 | 26 | - |
| TOTAL | 100 | - | 160,10 | 127 | - | 96 | 96 | 169 | 1.093 | 1.725 | 1.396 | 1.858 | 1.460 | 26 | - |
| AMERICA | | | | | | | | | | | | | | | |
| CUBA | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 106 |
| ARGENTINA | - | - | - | - | - | - | - | 10 | - | - | 361 | 241 | 187 | 32 | 42 |
| BRASIL | 2 | - | - | - | - | 30 | - | 106 | - | - | - | 20 | - | - | - |
| CANADA | - | - | - | - | 18 | 82 | 81 | - | 181 | 145 | 494 | 830 | 306 | 306 | 216 |
| COLOMBIA | - | 0.458 | - | 1.546 | - | 0.500 | - | - | 3 | 36 | 79 | - | 33 | 2 | - |
| ECUADOR | - | - | - | - | 15 | - | - | - | 5 | 65 | 50 | 28 | 106 | 2 | - |
| EE.UU. | - | - | 145 | - | 220 | - | 1.381 | 2.269 | 4.619 | 7.305 | 9.772 | 9.168 | 3.615 | 888 | 870 |
| VENEZUELA | - | 0.045 | - | 0.069 | - | - | - | - | - | - | - | 7 | 25 | 2 | - |
| CHILE | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 5 |
| TOTAL | - | 0.503 | 145 | 1.615 | 238 | 127,5 | 1.662 | 2.385 | 4.808 | 7.551 | 10.756 | 10.274 | 4.292 | 1.232 | 1.239 |
| ASIA | | | | | | | | | | | | | | | |
| CHINA | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 48 | 336 | - | - |
| ARABIA SAUDITA | - | - | - | - | - | - | - | 308 | 352 | 71 | 32 | 208 | - | - | - |
| AUSTRALIA | - | - | - | - | - | - | - | - | 54 | - | 35 | - | - | - | - |
| COREA DEL NORTE | - | - | - | 85 | - | - | 100 | - | 24 | 327 | 32 | - | - | - | - |
| COREA DEL SUR | - | - | - | - | - | 28 | - | - | - | 412 | - | - | 36 | - | - |
| FILIPINAS | - | - | - | - | - | - | - | - | 25 | 18 | 64 | 63 | 48 | - | - |
| INDIA | - | - | - | - | - | - | - | 6 | 48 | - | - | - | 16 | - | - |
| IRAK | - | - | - | - | - | - | 66 | 60 | - | - | - | 80 | 150 | - | - |
| IRAN | - | - | - | - | - | - | - | 50 | - | - | 65 | - | - | - | 47 |
| ISRAEL | - | - | 12 | - | - | - | 109 | 77 | 21 | 41 | 11 | - | 3 | - | - |
| JAPON | - | - | - | 674 | - | 35 | - | - | 19 | - | 126 | 30 | 516 | 256 | 176 |
| JORDANIA | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 16 | 227 | - | - | - |
| MALASIA | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1 | 128 | - | - | - |
| SINGAPUR | - | - | - | - | - | - | 54 | 39 | 16 | 26 | - | - | - | - | - |
| TAILANDIA | - | - | 226 | 25 | - | 50 | - | 37 | - | - | - | - | 34 | - | - |
| TAIWAN | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 16 | - | - | - | - |
| PAKISTAN | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 48 | 80 | - | - |
| TOTAL | - | - | 238 | 784 | - | 113 | 329 | 577 | 505 | 537 | 775 | 899 | 1.219 | 256 | 223 |
| TOTAL MUNDIAL | 2.345 | 2.248 | 4.229 | 6.931 | 7.214 | 12.967 | 12.816 | 11.542 | 21.629 | 19.430 | 19.384 | 18.196 | 10.814 | 1.903 | 1.473 |

UNIDAD: Toneladas

FUENTE: Estadísticas del Comercio Exterior de España. Ministerio de Industria.

EXPORTACIONES ESPAÑOLAS DE PIGMENTOS A BASE DE OXIDOS DE TITANIO

| | 1977 | 1978 | 1979 | 1980 | 1981 | 1982 | 1983 | 1984 | 1985 | 1986 | 1987 |
|----------------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| EUROPA | | | | | | | | | | | |
| ALEMANIA, R.F. | - | 112 | 22 | 4 | 6 | 18 | - | 120 | 250 | - | 27 |
| ALEMANIA, R.D. | - | - | - | 2.085 | - | - | - | - | - | - | - |
| BELGICA | - | - | - | - | - | - | 0,075 | - | - | - | - |
| BULGARIA | 150 | 200 | - | - | - | - | 20 | 182 | 80 | 22 | - |
| FRANCIA | 241 | 1.490 | 784 | 0.129 | 24 | 572 | 738 | 1.522 | 594 | - | 345 |
| GRECIA | 80 | 350 | 772 | - | - | - | - | 450 | 506 | 224 | - |
| IRLANDA | 20 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| ITALIA | - | 540 | 440 | 113 | - | 156 | 177 | 536 | 674 | 144 | 53 |
| NORUEGA | - | - | - | - | - | 10 | - | - | - | - | - |
| PORTUGAL | 374 | 955 | 1.733 | 1.673 | 1.674 | 1.309 | 0.020 | 1.824 | 2.312 | 2.596 | 3.358 |
| PAISES BAJOS | 1 | 337 | 230 | - | 20 | - | - | - | - | - | - |
| REINO UNIDO | 18 | 192 | 354 | - | 339 | 213 | 760 | 624 | 924 | - | 3 |
| SUECIA | 80 | 72 | 36 | - | 5 | - | 4 | 4 | 7 | 3 | 9 |
| TURQUIA | 25 | - | - | - | 30 | - | - | - | - | - | - |
| YUGOSLAVIA | 40 | - | 63 | 78 | - | - | - | - | - | 100 | - |
| U.R.S.S. | - | 500 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| POLONIA | 2.060 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| RUMANIA | 600 | 876 | 6.378 | - | 400 | 450 | - | 816 | 1.668 | 400 | - |
| SUIZA | - | - | - | - | - | - | - | 40 | 70 | 20 | 6 |
| TOTAL | 3.690 | 5.624 | 10.812 | 3.953 | 2.498 | 2.728 | 1.700 | 6.118 | 7.185 | 3.409 | 3.801 |
| AFRICA | | | | | | | | | | | |
| ARGELIA | 100 | 200 | 8 | - | - | 330 | 1.000 | - | 700 | - | - |
| ANGOLA | - | - | - | - | - | - | 60 | - | - | - | - |
| EGIPTO | 25 | 15 | - | - | 20 | 131 | 899 | 468 | 350 | 41 | - |
| LIBIA | 185 | 270 | 125 | 699 | 600 | 240 | 970 | 450 | 550 | - | - |
| MARRUECOS | 150 | 166 | 171 | 108 | 70 | 306 | 19 | 190 | 108 | 158 | 162 |
| NIGERIA | - | - | - | - | - | 150 | - | 216 | 266 | - | - |
| SUDAFRICA | - | - | - | 108 | 198 | 357 | - | - | - | - | - |
| TUNEZ | 95 | 80 | 16 | 3 | 4 | 2 | 51 | 55 | 66 | 4 | 3 |
| ZAMBIA | 41 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| TOTAL | 596 | 731 | 320 | 918 | 892 | 1.516 | 2.999 | 1.379 | 2.040 | 203 | 165 |
| AMERICA | | | | | | | | | | | |
| EE.UU. | 489 | 2.656 | 6.762 | 4.576 | 7.677 | 11.477 | 9.167 | 14.107 | 15.268 | 15.041 | 19.167 |
| CANADA | - | 65 | 146 | 5 | 290 | 454 | 217 | 811 | 80 | - | 54 |
| BRASIL | 78 | 95 | 629 | 282 | 190 | 332 | 110 | 200 | 400 | 347 | 50 |
| BOLIVIA | 70 | 120 | - | - | - | - | - | - | 30 | - | - |
| COLOMBIA | 51 | 337 | 802 | 688 | 1.009 | 1.338 | 638 | 1.617 | 1.386 | 1.415 | 1.393 |
| CUBA | 126 | 40 | 28 | 276 | 30 | - | - | - | - | - | - |
| COSTA RICA | 95 | 140 | 110 | 50 | 20 | 5 | 17 | 105 | 19 | - | - |
| CHILE | 226 | 559 | 752 | 35 | 120 | 27 | 189 | 42 | 85 | 58 | 5 |
| ARGENTINA | 230 | 1.147 | 1.671 | 963 | 253 | 1.326 | 1.338 | 812 | 220 | 184 | 204 |
| R. DOMINICANA | 512 | 209 | 544 | 60 | 122 | 201 | 102 | 418 | 70 | 148 | 15 |
| ECUADOR | 15 | 65 | - | - | - | - | - | 1 | - | - | - |
| HONDURAS | - | 40 | - | 20 | 10 | - | 10 | 8 | - | - | - |
| EL SALVADOR | 54 | 123 | 351 | - | - | 5 | 5 | 33 | - | - | - |
| NICARAGUA | - | 116 | 63 | - | 20 | 50 | - | 8 | 4 | 4 | - |
| HAITI | 75 | - | 110 | - | - | 18 | 40 | 40 | 45 | - | 19 |
| PANAMA | 5 | 38 | - | - | - | 23 | 26 | 50 | 30 | - | 6 |
| GUATEMALA | 35 | 99 | 52 | 5 | 18 | 10 | 20 | 8 | - | 6 | - |
| PERU | - | 455 | 10 | - | 0.001 | 255 | 422 | 482 | 145 | - | 0.400 |
| PUERTO RICO | 529 | - | 272 | 444 | - | - | - | - | - | - | - |
| VENEZUELA | 507 | 857 | 498 | 489 | 1.338 | 1.442 | 1.451 | 1.306 | 1.389 | 1.107 | 456 |
| URUGUAY | 70 | 92 | - | - | 300 | - | - | - | - | 95 | - |
| TOTAL | 3.167 | 7.253 | 12.800 | 7.893 | 11.397 | 16.963 | 13.752 | 20.048 | 19.171 | 18.405 | 21.370 |
| ASIA | | | | | | | | | | | |
| CHIPRE | - | 1 | - | - | - | - | - | - | 16 | - | - |
| IRAQ | 156 | - | 1.313 | 216 | 666 | 108 | 36 | 45 | - | - | - |
| IRAN | 810 | 120 | - | 772 | 522 | 920 | 378 | - | - | - | - |
| ISRAEL | 303 | 846 | 548 | 198 | 258 | 0.260 | 38 | 0,004 | 41 | 10 | 1 |
| INDIA | 120 | 180 | - | - | - | - | 358 | 276 | 329 | 46 | 18 |
| JORDANIA | - | - | - | - | - | 108 | 0,005 | - | - | - | - |
| CHINA | - | - | - | 18 | 1.000 | - | - | - | - | 16 | - |
| ARABIA SAUDI | 15 | - | - | - | 80 | 154 | - | 128 | 48 | - | - |
| EMIRAT.ARA. | - | - | 18 | 180 | - | 468 | - | 288 | 176 | - | - |
| KUWAIT | - | - | 66 | - | 446 | 378 | - | - | - | - | - |
| SRI LANKA | 20 | 5 | - | - | 10 | - | - | - | - | - | - |
| HONG KONG | - | 18 | 111 | 32 | 16 | 16 | 53 | - | - | - | - |
| JAPON | - | - | 90 | - | - | - | 342 | 323 | 108 | - | - |
| FILIPINAS | - | - | - | - | - | 18 | 70 | 0,002 | - | - | - |
| FIDJI | - | - | - | 70 | - | - | - | - | - | - | - |
| TOTAL | 1.424 | 1.170 | 2.146 | 1.486 | 3.016 | 2.152 | 1.275 | 1.060 | 718 | 72 | 19 |
| TOTAL MUNDIAL | 8.877 | 14.778 | 26.078 | 14.250 | 17.803 | 23.359 | 19.726 | 28.605 | 29.114 | 22.089 | 25.255 |

UNIDAD: Toneladas: FUENTE: Estadísticas de Comercio Exterior de España (Ministerio de Hacienda)

Sin embargo, hay que distinguir entre óxidos y dióxidos y pigmentos a base de óxidos de titanio.

Las compras de los primeros han ido decreciendo desde 1973 hasta llegar a ser en la actualidad cinco veces menor que las del año de partida, mientras que las ventas crecieron de forma importante hasta 1981, empezando a decrecer en tal fecha hasta llegar a representar en 1985 menos de la mitad de dicho año y resultando ser en 1986 inferiores a las de 1973.

Algo similar ocurre con los pigmentos, en los que las compras siguen una evolución claramente creciente, similar a sus ventas, pero, también en 1986, el descenso de las exportaciones es muy significativo.

3.3.2.3. Comercio de titanio metal

Este estadio de nuestra industria es indiscutiblemente deficitario para España.

Sólo se analiza su evolución desde 1981, primer año en que las partidas arancelarias vienen desglosadas y únicamente en lo que se refiere a compras, pues las ventas son inexistentes.

Un estudio de los cuadros 33 y 34, permite apreciar el volumen creciente de las importaciones, tanto de titanio en bruto como del manufacturado.

3.3.2.4. Comercio de ferroaleaciones de titanio

La Balanza Comercial del ferrotitanio y ferrosilicotitanio ha sido tradicionalmente deficitaria para España, únicamente 1986 ha tenido un resultado favorable, aunque en cifras no demasiado importantes. (Cuadros 35 y 36)

CUADRO 33

IMPORTACIONES ESPAÑOLAS DE TITANIO EN BRUTO EN POLVO

| PAISES | 1981 | 1982 | 1983 | 1984 | 1985 | 1986 | 1987 |
|----------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Alemania, R.F. | 12 | 15 | 76 | 41 | 29 | - | - |
| Francia | - | 3 | 65 | 351 | 193 | 247 | 184 |
| Italia | 0,100 | 0,720 | 0,720 | 1 | 148 | 1 | - |
| Suecia | - | - | - | 25 | - | - | - |
| Reino Unido | 0,003 | 21 | 32 | 8 | 169 | 71 | 0,500 |
| Paises Bajos | 13 | - | - | - | 10 | - | - |
| Austria | - | - | - | 21 | - | 69 | 3 |
| EE.UU | 108 | 144 | 241 | 141 | 266 | 297 | 30 |
| TOTAL | 121 | 193 | 415 | 588 | 815 | 685 | 218 |

UNIDAD: Toneladas

FUENTE: Estadísticas del "Comercio Exterior de España"

(1) IMPORTACIONES ESPAÑOLAS DE TITANIO MANUFACTURADO

| PAISES | 1981 | 1982 | 1983 | 1984 | 1985 | 1986 | 1987 |
|----------------------|------------|--------------|------------|------------|------------|--------------|------------|
| <u>EUROPA</u> | | | | | | | |
| Alemania | 9 | 5 | 215 | 326 | 3,656 | 202 | 10,102 |
| Bélgica | 1 | - | 22 | - | 0,020 | 5 | 3 |
| Francia | 4 | 988 | 536 | 1,546 | 2,021 | 212 | 9,198 |
| Austria | - | - | 0,115 | - | - | 0,096 | - |
| Italia | 21 | 35 | 30 | 30 | 58,150 | 90 | 102,192 |
| Suecia | 0,5 | 1 | 0,030 | 0,480 | 0,432 | 0,009 | 0,001 |
| Suiza | 0,001 | 0,002 | 0,006 | 0,001 | 0,004 | 0,001 | 0,307 |
| Países Bajos | 0,006 | 0,007 | 0,003 | - | 0,014 | 2,086 | 0,065 |
| Reino Unido | 1 | 16 | 9 | 20 | 20 | 393 | 38 |
| Total | 37 | 1.046 | 813 | 378 | 85 | 904 | 163 |
| <u>AMERICA</u> | | | | | | | |
| EE.UU. | 106 | 167 | 118 | 0,668 | 218,4 | 178 | 75,52 |
| <u>ASIA</u> | | | | | | | |
| Japón | 2 | 6 | 4 | 3 | 4 | 12 | 37,702 |
| TOTAL MUNDIAL | 145 | 1.219 | 935 | 382 | 306 | 1.094 | 276 |

(1) : Dentro de las manufacturas se engloban: chapas, hojas y tiras, barras, perfiles y alambres, tubos y todas las demás manufacturas.

UNIDAD: Tm

FUENTE: Elaboración propia a partir de la "Estadística del Comercio Exterior de España"

IMPORTACIONES ESPAÑOLAS DE FERROTITANIO Y FERROSILICOTITANIO (1)

| | 1973 | 1974 | 1975 | 1976 | 1977 | 1978 | 1979 | 1980 | 1981 | 1982 | 1983 | 1984 | 1985 | 1986 | 1987 |
|----------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|------------|------------|
| ALEMANIA, R.F. | - | - | - | 41 | 30 | 20 | 93 | 0.076 | 0.002 | 0.249 | 2 | 0.134 | 0.081 | 0.118 | - |
| BELGICA | - | - | - | - | 26 | 102 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| FRANCIA | 224 | 223 | 132 | 72 | 143 | 42 | 16 | 26 | 40 | 32 | 22 | 27 | 5 | 29 | 14 |
| ITALIA | 70 | 23 | 70 | 32 | 10 | 34 | 75 | 64 | - | 40 | 10 | - | 21 | 18 | 40 |
| PAISES BAJOS | - | - | - | - | - | 0,600 | 22 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| REINO UNIDO | 183 | 125 | 225 | 160 | 79 | 236 | 275 | 206 | 77 | 98 | 137 | 55 | 39 | 152 | 172 |
| SUECIA | - | - | - | - | - | 62 | 58 | 22 | 20 | 20 | - | - | - | - | - |
| U.R.S.S. | - | 99 | - | - | - | - | 37 | - | - | - | - | 76 | - | - | - |
| EE.UU. | - | - | - | - | - | - | 7 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| JAPON | - | - | - | - | - | - | 90 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| NORUEGA | - | - | - | 50 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| TOTAL | 477 | 470 | 427 | 355 | 288 | 497 | 673 | 318 | 137 | 190 | 171 | 139 | 65 | 199 | 226 |

UNIDAD: Toneladas

FUENTE: Estadística del Comercio Exterior de España

(1) : hasta 1980: Comprende cifras conjuntas de ferrotitanio y ferrosilicotitanio, apareciendo ya desglosadas en 1981. Sin embargo, las cifras de este último producto son tan insignificantes, que no merece la pena tenerlas en cuenta.

EXPORTACIONES ESPAÑOLAS DE FERROTITANIO Y FERROSILICOTITANIO (1)

| | 1973 | 1974 | 1975 | 1976 | 1977 | 1978 | 1979 | 1980 | 1981 | 1982 | 1983 | 1984 | 1985 | 1986 | 1987 |
|----------------|------|------|------|------|-------|------|-------|------|------|------|------|------|-------|------|-------|
| ALEMANIA, R.F. | - | - | - | 18 | - | 16 | - | - | - | - | - | - | 26 | - | - |
| PORTUGAL | - | - | - | - | - | - | 0.035 | - | - | - | - | - | 0.900 | - | 0.050 |
| REINO UNIDO | - | - | - | - | - | - | 14 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| FRANCIA | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 20 | - | - | 15 | - |
| ARGENTINA | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 10 | - | - | - | - |
| VENEZUELA | - | - | 1 | - | 0.270 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| RUMANIA | - | - | 20 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| U.R.S.S. | - | 14 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| PAISES BAJOS | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 220 | - |
| SUIZA | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 5 | - |
| COREA DEL SUR | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 9 | - |
| TOTAL | - | 14 | 20 | 18 | 0.300 | 16 | 14 | - | - | - | 30 | - | 30 | 249 | 0.050 |

UNIDAD: Toneladas

FUENTE: Estadísticas de Comercio Exterior de España

(1) : Hasta 1980 comprende cifras conjuntas de ferrotitanio y ferrosilicotitanio, apareciendo desglosadas a partir de 1981.
Sin embargo, las cifras de este último producto son tan insignificantes que no merece la pena tenerlas en cuenta.

CONSUMO APARENTE DE MINERALES DE Ti (1)

| | |
|------|-----------|
| 1970 | 40.975 t |
| 1971 | 55.850 t |
| 1972 | 67.420 t |
| 1973 | 54.939 t |
| 1974 | 82.630 t |
| 1975 | 61.423 t |
| 1976 | 104.323 t |
| 1977 | 139.604 t |
| 1978 | 110.965 t |
| 1979 | 167.739 t |
| 1980 | 139.487 t |
| 1981 | 146.797 t |
| 1982 | 138.555 t |
| 1983 | 132.049 t |
| 1984 | 187.789 t |
| 1985 | 188.617 t |
| 1986 | 106.918 t |
| 1987 | 135.940 t |

FUENTE: Elaboración propia a partir de la Estadística Minera de España y Estadística del Comercio Exterior de España

UNIDAD: Toneladas métricas

(1) Se consideran incluidas las compras y ventas de ilmenita, anatasa y rutilo

Como se ve, la tendencia del consumo de minerales es claramente ascendente, con fuertes incrementos en 1984 y 1985 y con un importante retroceso en 1986, cambios correlativos con la marcha de la producción española de óxidos de titanio, cuyos volúmenes de producción siguen la misma tónica y, como consecuencia, también aumentan y disminuyen las ventas al exterior en tales momentos.

Las cifras de consumo de óxidos y dióxidos de este mineral, habrá que obtenerlas en su conjunto, ya que, como se ha visto, no hay cifras diferenciadas según los destinos finales (metalúrgico o químico) y se reflejarían en el cuadro siguiente:

CUADRO 38

CONSUMO APARENTE DE OXIDOS DE TITANIO (1)

| <u>AÑOS</u> | <u>PRODUCCION</u> | <u>IMPORTACIONES</u> | <u>EXPORTACIONES</u> | <u>CONSUMO</u> |
|-------------|-------------------|----------------------|----------------------|----------------|
| 1977 | 47.200 | 3.958 | 16.091 | 35.067 |
| 1978 | 53.900 | 4.582 | 27.745 | 30.737 |
| 1979 | 66.100 | 6.747 | 39.524 | 33.323 |
| 1980 | 51.434 | 7.899 | 27.066 | 32.267 |
| 1981 | 66.587 | 10.177 | 29.345 | 47.419 |
| 1982 | 67.494 | 12.656 | 44.988 | 35.162 |
| 1983 | 65.380 | 11.604 | 39.110 | 37.874 |
| 1984 | .... | 10.616 | 46.801 | .... |
| 1985 | .... | 10.415 | 39.928 | .... |
| 1986 | .... | 12.767 | 24.092 | .... |
| 1987 | .... | 13.823 | 26.728 | .... |

UNIDAD: Toneladas métricas

FUENTE: Elaboración propia a partir de "Industria Química en España" y Estadísticas de Comercio Exterior

(1) : Comprende los óxidos de titanio y los pigmentos en base a óxidos de titanio

.... : No existen datos

De acuerdo con lo observado, el consumo de óxidos se mantiene bastante estable, utilizándose mas del 70% en la producción de pigmentos.

Con respecto al resto de los productos terminados, ya se ha dicho que la producción interna de los mismos podría considerarse

nula, por lo que estableciendo el consumo aparente como diferencia entre importaciones y exportaciones, éste quedaría así reflejado:

CUADRO 39

CONSUMO DE TITANIO METAL (1)

| | |
|------|---------|
| 1981 | 1.779 t |
| 1982 | 1.417 t |
| 1983 | 1.350 t |
| 1984 | 970 t |
| 1985 | 1.121 t |
| 1986 | 1.779 t |
| 1987 | 494 t |

UNIDAD: Toneladas métricas

FUENTE: Elaboración propia a partir de Estadísticas del Comercio Exterior de España

(1) : Comprende titanio en bruto y manufacturado

A la vista de la escasez de información estadística existente, más que hablar del consumo en cifras, se va a tratar de analizar el modelo de consumo español de TiO_2 por usos finales.

Dicho modelo no difiere demasiado del correspondiente a otros países europeos y queda de la siguiente forma:

CUADRO 40

CONSUMO POR USOS FINALES DE TiO₂

| | |
|---|--------|
| Fabricación de pinturas | 67,0% |
| Fabricación de plásticos y suelos | 16,2% |
| Fabricación de papel | 7,3% |
| Fabricación de gomas | 1,0% |
| Fabricación de tintas | 1,8% |
| Fabricación de fibras textiles | 2,6% |
| Industria cerámica | 2,5% |
| Otros | 1,6% |
| | <hr/> |
| | 100,0% |

FUENTE: "Industrial Minerals"

Como puede observarse, más de la mitad del consumo se destina a la fabricación de pinturas, siguiéndole a gran distancia la de plásticos y suelos y la de papel, absorbiendo entre los tres sectores el 90% del consumo total de titanio.

3.3.4. PRECIOS Y COMERCIALIZACION

El titanio no se cotiza en Bolsa y los precios que rigen en España y Europa en general, tienen su base en las cotizaciones recogidas por el Metal Bulletin, cuya evolución ya se trató en otro apartado del estudio.

En el precio influyen las características químicas y mineralúrgicas de los productos. Entre ellas tienen especial relevancia las siguientes:

- Contenido de TiO₂ en minerales y concentrados
- Existencia en ellos de óxidos de hierro

- Existencia en los pigmentos de impurezas difícilmente separables, (cromo, vanadio, manganeso, óxidos de niobio,...)
- Opacidad y resistencia a la intemperie de los pigmentos
- Pureza (mínima del 99,3%) y dureza Brinell de la esponja de titanio

Todas estas variaciones obligan a que los contratos se negocien directamente entre productores y consumidores, renovándose cada año y revisándose los precios cuando los contratos son plurianuales.

En el caso específico de los concentrados y escorias de titanio, su comercio viene marcado por el hecho de que su producción en el mundo occidental está controlada, casi en una tercera parte, por la industria consumidora. Por ello, la comercialización libre está muy limitada, ya que, en general, los procesos comprenden desde la extracción hasta la elaboración del producto terminado y se desarrollan dentro de una misma empresa o grupo.

3.3.4.1. Formas de comercialización

Ya quedaron descritas las tres fases principales de consumo de productos de titanio: productos mineros, semielaborados y productos terminados. Atendiendo a esta clasificación, consideraremos dentro de cada uno los siguientes materiales comercializados:

1°) Productos mineros:

- Minerales y concentrados de ilmenita
- Minerales y concentrados de rutilo
- Minerales de anatasa

2°) Productos semielaborados:

- Rutilo sintético
- Escorias de titanio

- Titanio metal:
- A granel: en barriles (para la esponja o el polvo
 - En lotes: de 500 libras para la esponja
: de 2 t para titanio metal
(tochos)

4 . RECURSOS ESPAÑOLES

El objeto fundamental, con el que se redactan los inventarios nacionales de sustancias minerales, es conocer, aunque sea de forma aproximada, las disponibilidades españolas y la situación de vulnerabilidad del país en el mercado de la citada sustancia.

Así, en los capítulos precedentes se ha examinado brevemente la situación del titanio en el contexto mundial (capítulo 2) y, posteriormente, se ha analizado la coyuntura española (capítulo 3), describiéndose las características más destacables de unos yacimientos e indicios que, al no encontrarse en explotación, únicamente sirven para proporcionar información sobre un potencial difícil de evaluar sin una auténtica investigación minera.

Como complemento a esta descripción geológico-minera del país, se han estudiado las características de los centros transformadores de mineral de titanio, el consumo final y el mercado de este material, lo que proporciona una buena información sobre las necesidades españolas y sus posibilidades de abastecimiento.

Para completar el inventario, se considera necesario calcular, aunque sea en base a estimaciones muy teóricas, el volumen de recursos que de minerales de titanio puede existir en España y su posibilidad de explotación en función de las cambiantes condiciones del mercado (producción, consumo, tecnología y precios).

En los apartados que siguen a continuación se intenta establecer unos límites de economicidad que definan la explotabilidad de los recursos, se fija el sistema de clasificación para los mismos y, en consecuencia, se llega a un cálculo de los recursos españoles de este material.

4.1. ECONOMICIDAD

Se define la explotabilidad de un depósito mineral como una medida de rentabilidad y el beneficio que puede obtenerse con la

explotación minera de los recursos en él contenidos, fijada de acuerdo con una situación de mercado y tecnología concreta.

La propiedad que mide la explotabilidad, en función de las variaciones de los condicionantes del mercado (oferta, demanda y precios) así como de la tecnología de explotación (costes y recuperaciones), se denomina economicidad del depósito mineral.

Si, como ya se ha dicho con anterioridad, un inventario no sólo trata de medir los recursos disponibles, sino que también pretende facilitar un conocimiento de las posibilidades de abastecer la demanda, es evidente que fijar una medida de los niveles de economicidad aplicables a los distintos tipos de yacimientos de minerales de titanio existentes en el país facilita el análisis de la vulnerabilidad del mercado hacia la sustancia examinada.

Esta información, al orientar sobre las posibilidades de producción de acuerdo con los cambios en las variables económicas y tecnológicas, da lugar a unos conocimientos verdaderamente útiles a la hora de desarrollar una determinada política minera, tanto a nivel estatal como de la industria privada.

4.1.1. PLANTEAMIENTO GENERAL

Para cada depósito concreto, con una tipología y una morfología ya conocidas, la ingeniería minera puede diseñar métodos de laboreo y plantas de tratamiento que se consideran óptimos para lograr la máxima recuperabilidad de los materiales contenidos en el criadero.

Este diseño, que la experiencia demuestra que permite sólo pequeñas variaciones para cada tipo de yacimiento, junto a unos volúmenes de reservas predeterminados, origina unos costes por tonelada de todo-uno arrancada y tratada, así como unas necesidades de inversión en el montaje de las instalaciones, logrando unos

materiales vendibles con un porcentaje de recuperación sobre el mineral en el depósito.

Por tanto, será la recuperación total (volumen de toneladas a mover para obtener una tonelada de vendible), la ley media de planta (ley media del material vendible) y el volumen de material a explotar anualmente, así como el número de años de duración de la actividad minera (volumen de reservas), los que, permitiendo la comparación entre ingresos y gastos, facilitarán la determinación de la economicidad del yacimiento.

Mientras que en el capítulo de ingresos hay un solo parámetro a tener en cuenta para determinar la explotabilidad de un criadero, el precio de los concentrados vendibles, cuando se habla de gastos, tres son los parámetros fundamentales:

- Ley media del todo-uno explotable, que establece el volumen de toneladas a arrancar para obtener una de material vendible.
- Ley mínima o ley de corte, definida como la ley que debería tener un mineral para que sus costes directos se igualasen a los ingresos por venta, que determina los límites del criadero y, por tanto, su tamaño.
- Volumen de reservas, que fija el tonelaje explotable anualmente y, según eso, los años de amortización de las inversiones.

Teniendo en cuenta estos factores que van a influir en la corriente de ingresos y en la de gastos, será necesario acudir a un sistema que, de acuerdo con la propia definición de economicidad, permita comparar ambas corrientes y fije la rentabilidad de la explotación.

En este sentido, el método universalmente adoptado es aquél que analiza y mide la rentabilidad de las inversiones necesarias para la puesta en marcha y explotación del yacimiento.

entre los diversos sistemas a utilizar para valorar y seleccionar inversiones, se van a utilizar dos: el criterio del Valor Actual Neto (V.A.N.) para valoración del depósito y el criterio de la Tasa Interior de Retorno (T.I.R.) para medir su rentabilidad y compararla con el coste del capital invertido en su financiación.

Al elegir estos criterios se pretende establecer una correlación entre los parámetros geológico-mineros, (ley del todo-uno, tipología el depósito y volumen de reservas) con los económicos, (precio del concentrado vendible y rentabilidad mínima de la inversión, necesaria para la puesta en marcha y explotación del yacimiento).

Junto a los parámetros a estudiar, se van a prefijar tres puntos de partida:

- 1) Todos los depósitos cuyas leyes sean inferiores a la ley de corte no justifican su explotación, ya que solo el coste de arrancar y tratar el mineral, aún sin pensar en los costes de la inversión, es superior al ingreso obtenido con su venta. Por tanto, tales depósitos se considerarán "subeconómicos".
- 2) Todos los yacimientos que teniendo un volumen mínimo de recursos, una tipología establecida y unas leyes medias determinadas, proporcionen una T.I.R. de la inversión en ellos realizada, superior a la prefijada, serán considerados económicos.
- 3) Todos los criaderos cuyas características sitúen a sus recursos entre los dos límites establecidos, serán considerados "marginales" y su explotabilidad dependerá en cada momento de variables coyunturales, tales como el grado de amortización

de las inversiones, costes del transporte a los centros de consumo, precio del dinero, etc...

4.1.2. EVALUACION DE LA EXPLOTABILIDAD DE LOS DEPOSITOS ESPAÑOLES DE TITANIO

De acuerdo con lo que se acaba de exponer, el criterio T.I.R. elegido para evaluar la explotabilidad de los depósitos, establece una correlación entre ingresos, gastos, inversión inicial, vida útil de criadero y leyes medias mínimas exigibles. El análisis de estos factores, permitirá establecer los límites actuales de explotabilidad de los recursos españoles de titanio.

A continuación se van a examinar cada una de las variables enumeradas, considerándolas en el contexto económico actual de España, fijando los mismos para cada tipo de depósito conocido en el país.

4.1.2.1. Inversiones

En minería, cuando no se conoce con exactitud el proyecto minero, es práctica común fijar el volumen de inversiones como una función del volumen anual de ingresos, (Blondel, 1950).

En la minería del titanio, la inversión necesaria para la puesta en marcha de nuevos yacimientos resulta difícil de establecer, ya que desde 1973 se paralizaron todos los yacimientos existentes y dejó de existir producción minera, debido tanto a los altos costes de explotación como a la baja del precio del mineral.

Sin embargo, por similitud con otras minerías de características parecidas y tras las consultas efectuadas con empresas mineras internacionales, se puede estimar que, un nuevo proyecto o la compra de una mina importante, representaría 4 veces el valor aproximado de la producción anual, siendo sólo inferior en el caso

de instalaciones que habiendo funcionado anteriormente, estuvieran amortizadas en todo o en parte.

Dado que éste no es el caso español, para el actual Inventario se va a definir que:

I: 4 veces el valor de la producción anual vendible, circunstancia que nos permite definir unos "límites" de carácter muy general.

4.1.2.2. Ingresos

Con independencia de otros ingresos atípicos, que suelen producirse en la explotación de un yacimiento: venta de subproductos o coproductos, liquidación de materiales usados, etc..., para determinar la economicidad de un depósito mineal, los únicos ingresos a considerar son los obtenidos a los precios normales de mercado.

Los concentrados de titanio, tal y como se ha comentado en el apartado 2.5.6., se valoran, como ocurre con la mayoría de los minerales de aplicación industrial, esto es, los que tienen un consumo específico sin necesidad de la obtención del metal en ellos contenido, en base a un precio que el mercado establece para un material de unas características específicas. En este caso, tipo de mineral, rutilo ó ilmenita, y contenido en TiO_2 medio, existiendo una escala de premios o deducciones para los concentrados cuyo contenido medio en TiO_2 varía, por encima o por debajo, del límite establecido.

Para los cálculos de explotabilidad, será preciso por tanto, considerar el tipo de mineral y las leyes del mercado, pero también hay que considerar que los recursos a evaluar tendrán una ley " l_1 " y que durante el proceso de aprovechamiento, explotación y beneficio, se producirán unas pérdidas que darán lugar a un rendimiento " R_1 ", siempre menos que la unidad. Este valor de " R_1 ", no se conoce en la actualidad en España, pero en los países explotadores, dada la mejora de los métodos de concentración y de

aprovechamiento ya señalada, tiende a situarse entre el 0,8 y el 0,85.

Por tanto, para los cálculos estimativos a realizar, se puede establecer que será:

a) Ilmenita

$$V_i = 0,825 \cdot \frac{P_i}{54} \cdot l_i$$

donde:

P_i = Precio de la Ilmenita en el mercado internacional

l_i = ley en % de los recursos

54 = ley mínima exigida a los concentrados

Como en la actualidad, el precio entre 70 y 80 \$ Australianos, dependiendo de la calidad del material, en condiciones F.O.B., y el \$ Australiano oscila entre 100 y 105 Pts/\$ A, para este estudio se va a tomar:

$$V_i = 0,825 \cdot 140 \cdot l_i = 115 \cdot l_i \text{ Pts/t}$$

b) Rutilo

Utilizando la misma técnica que con la ilmenita, será:

$$V_r = 0,825 \cdot \frac{P_r}{96} \cdot l_r$$

donde:

P_r = Precio del rutilo, a granel, en el mercado internacional

l_r = ley en % de los recursos

96 = ley exigida a los concentrados

Tomando, como en el caso anterior, los valores medios existentes en la actualidad que, para el precio del

rutilo oscial entre 570 y 600 \$ Australianos, para este estudio se considerará:

$$V_r = 500. l_r \text{ Pts/t}$$

Se puede considerar que 1% de TiO_2 en forma de rutilo equivale a 4,35% de TiO_2 en forma de ilmenita. En base a esta consideración, el resto de los cálculos se efectuarán, como si los depósitos fuesen de ilmenita, por ser éste el recurso más común en España.

4.1.2.3. Gastos

El total de los gastos que es necesario efectuar a lo largo de la vida de una explotación minera, siempre puede referirse, como unidad de comparación, a las toneladas de todo-uno arrancadas. Dividiendo estas toneladas arrancadas entre el número de años de vida útil prevista para la mina, se obtiene la "producción media anual", por lo que existe la posibilidad de una periodificación anual de los gastos y se puede llegar a hablar de un "coste total por tonelada de todo-uno".

A lo largo de un año, los gastos originados serán:

$$G = x_1 \cdot l_1$$

siendo

x_1 : Las toneladas anuales tratadas de todo uno

y

l_1 : El coste total de cada tonelada

Los costes totales se van a clasificar en dos grandes grupos: costes directos e indirectos.

Los costes directos constituyen el llamado "coste técnico" de explotación y tratamiento, que engloba los gastos de preparación de mina, arranque y transporte, gastos de acondicionamiento del mineral (desenlodado, trituración, etc...), gastos de concentración, almacenamiento de estériles y utilización de medios complementarios, (agua, energía,...).

Son costes proporcionales, al todo-uno extraído y si la explotación cesa los costes no se producen.

Los costes técnicos varían en función del tipo de yacimiento y del tamaño de la explotación. Ahora bien, en España, la minería del titanio ha sido siempre de pequeña escala, por lo que el tamaño del yacimiento tendrá escasa incidencia en el coste.

En cuanto al tipo de yacimiento existe la posibilidad de explotaciones a cielo abierto y en subterráneo. Sin embargo, en España debe considerarse la existencia de un tipo fundamental de minería del titanio, la minería de aluvión.

Se trata de minería a cielo abierto, donde se extrae ilmenita, mediante dragalinas, de unos terrenos pantanosos denominados "brañas", en los que la mineralización no profundiza más de 5 metros.

Para la valoración de los costes de extracción, dada la inexistencia de explotaciones en funcionamiento, habrá que acudir a los últimos datos utilizados, que son los de los explotadores gallegos en 1969 y pasados a pesetas corrientes de 1988, por lo que en la actualidad podrán determinarse unos costes de explotación situados entre las 500 y 1.200 pts/tonelada.

Por otro lado, los costes de beneficio se tomarían en función de las modernas tendencias actuales de tratamiento del mineral y podrían estimarse alrededor de 600-800 pts po tonelada de todo-uno tratada.

En definitiva, los costes técnicos oscilarían, para cada tonelada de todo-uno obtenida entre las 1.100 y 2.000 pts.

Los costes indirectos son aquellos gastos anuales que no dependen del proceso productivo y que, por tanto, pueden implantarse, según criterios subjetivos de prorrateo, a un producto ó a un centro de actividad.

En general, el criterio más aceptado es el de expresarlos como un porcentaje del valor de la tonelada vendible.

Dentro de estos costes, se integran los siguientes apartados:

- . Gastos generales
- . Gastos comerciales
- . Gastos financieros
- . Gastos de amortización

Los gastos financieros incluyen los costes del capital ajeno y el coste de oportunidad de los recursos propios.

Los gastos de amortización dependerán de la inversión realizada y de los años de vida útil del yacimiento.

En general, considerando una amortización lineal y pensando en instalaciones nuevas, los costes indirectos vienen a representar un 30% del valor de la producción.

4.1.2.4. Vida útil del yacimiento. Volumen de recursos

La inversión necesaria para la puesta en marcha y explotación de un depósito minero, requiere ser amortizada a lo largo de la vida del yacimiento.

Dada la necesidad de realizar unos cálculos de economicidad, se debe prefijar el número mínimo de años de funcionamiento del mismo y, por tanto, el volumen de reservas requerido para considerarlo económico.

De acuerdo con la experiencia aportada por otros países en la minería del titanio, se estima que una nueva explotación no debería tener una duración inferior a 20 años para que pueda resultar rentable.

4.1.2.5. Conclusiones

De acuerdo con todas las teorías anteriormente expuestas, puede decirse que en el caso de la minería española del titanio, se van a tomar como valores medios preestablecidos los parámetros estudiados, que serían los siguientes:

Inversión Inicial: 4 veces el valor de la producción vendible.

Vida útil : 20 años

Costes Indirectos: 30% del valor de la producción vendible.

T.I.R. : 10%

V.A.N. : > 0

Por consiguiente, para empezar a considerar como interesante un recurso de titanio, en la actualidad, se considera necesario

que el depósito disponga de alrededor del 25% de TiO_2 en forma de ilmenita, siendo no explotable cuando el contenido sea inferior al 14% de TiO_2 . En los casos intermedios, minerales marginales, se precisaría cálculos más exactos para la toma de decisiones.

En el caso de minerales de rutilo, serían explotables con contenido del 6% de TiO_2 y subeconómicos con contenidos inferiores al 3,5% de TiO_2 . Otros contenidos, deberían ser calculados cuidadosamente.

4.2. CRITERIO DE CLASIFICACION

De acuerdo con la norma establecida en la mayoría de los Inventarios de Recursos Minerales, elaborado por el IGME, se mantiene como sistema de clasificación el desarrollado en los EE.UU, por el U.S. Geological Survey, el U.S. Bureau of Mines y la Energy Administration y Securities Exchange Commission, que se encuentra publicado en español en el anexo del Panorama Minero 1982 (IGME-1984, pgs. 125 a 129).

El esquema del mencionado sistema se adjunta a continuación y se han adoptado los siguientes criterios de división horizontal y vertical:

Línea 1: La distinción entre recursos no descubiertos y recursos identificados se establece considerando a estos últimos como aquellos cuya ley, calidad y cantidad se conocen o se han estimado por pruebas geológicas específicas.

Línea 2: Dentro de la categoría de recursos no descubiertos, se consideran recursos hipotéticos aquellos que razonablemente puede esperarse que existan en distritos y áreas con gran tradición en la minería del estaño, bajo condiciones geológicas análogas; y recursos especulativos aquellos que pudieran existir en tipos de depósitos análogos a los conocidos, en un entorno geológico

ESQUEMA DE CLASIFICACION

| | RECURSOS IDENTIFICADOS | | RECURSOS NO DESCUBIERTOS | | |
|--------------------------|--|-----------|--|-----------------------|---------------|
| | DEMOSTRADOS | | INFERIDOS | GRADO DE PROBABILIDAD | |
| | MEDIDOS | INDICADOS | | HIPOTETICOS | ESPECULATIVOS |
| ECONOMICOS | RESERVAS | | RESERVAS INFERIDAS | | |
| ECONOMICOS MARGINALES | RESERVAS MARGINALES | | RESERVAS MARGINALES INFERIDAS | | |
| SUB- ECONOMICOS | RECURSOS SUBECONOMICOS DEMOSTRADOS | | RECURSOS SUBECONOMICOS INFERIDOS | | |

favorable, en lugares donde no se han producido descubrimientos.

Línea 3: Se entiende por recursos demostrados aquellos que se pueden calcular a partir de datos obtenidos en calicatas, sondeos y otras labores mineras.

Línea 4: Dentro de la categoría de recursos demostrados, se consideran recursos medidos aquellos para los cuales su tonelaje y ley han sido determinados a partir de labores de investigación y explotación minera.

Línea A: Establece la división entre aquella parte de los recursos cuya explotación minera es lucrativa, y aquellos otros para los cuales podría llegar a serlo si se produjeran cambios en los factores económicos y tecnológicos presentes.

Línea B: Indica el nivel mínimo, por debajo del cual, un recurso minero es inexplotable, en términos económicos, en la presente situación de mercado y tecnología.

Una vez fijado el sistema para poder llegar a calcular y clasificar los recursos españoles, se procedió a clarificar y homogeneizar los datos recopilados, procedentes de las siguientes fuentes: bibliografía, estudios y trabajos del propio IGME; información, escrita y oral, de compañías investigadoras, públicas y privadas; información procedente de productores, explotadores y Secciones de Minas, datos obtenidos durante las visitas a explotaciones e instalaciones, etc.

4.3. RECURSOS

Establecidos los criterios de clasificación seguidos para la evaluación de los recursos nacionales de titanio, se obtiene como resultado las siguientes cifras totales:

RECURSOS TOTALES

| | RECURSOS IDENTIFICADOS | | | RECURSOS NO DESCUBIERTOS | |
|-----------------------|------------------------|-----------|-----------|--------------------------|---------------|
| | DEMOSTRADOS | | INFERIDOS | GRADO DE PROBABILIDAD | |
| | MEDIDOS | INDICADOS | | HIPOTETICOS | ESPECULATIVOS |
| ECONOMICOS | 92.000 | | 55.000 | 1.130.000 | 2.035.000 |
| ECONOMICOS MARGINALES | 116.000 | | 165.000 | | |
| SUBECONOMICOS | 252.000 | | 300.000 | | |

UNIDAD.- t. de mineral con el 50% de TiO_2

Las reservas españolas de mineral de titanio con un contenido del 50% de TiO_2 alcanza un valor superior a las 90.000 t. Esta cifra es insignificante comparada con las europeas y mundiales. Sin embargo es interesante señalar que las reservas europeas sólomente se concentran en unos pocos países: Noruega, Finlandia y Rusia, por lo que potencialmente sería posible que nuestros minerales llegasen a los mercados europeos y competir con el titanio indio y australiano que deben pagar fletes considerables. En la actualidad esta perspectiva no es tan clara por la enorme competencia que presenta la ilmenita noruega, que junto con la asiática y el titanio australiano abastecen a Dow-Le Petit (antiguamente Dow-Unquinesa y Dow-Chemical) y Titanio, S.A. , las dos empresas que en España consumen mineral de titanio, por lo que nuestra minería se encuentra prácticamente paralizada desde 1.973.

Si los criterios empleados para la evaluación de las reservas del país, se hubiesen basado en la existencia de una minería reciente, no cabría la menor duda que éstas alcanzarían cifras muy superiores, del orden de las 600.000-800.000 t. por lo que a un

de las 600.000-800.000 t. por lo que a un ritmo de producción de 50.000 t/año sería suficiente para más de 12 años.

Entre recursos identificados y no descubiertos, España alcanza una cifra del orden de 4 M de t, cantidad que sería mayor si se hubiese tenido en cuenta los yacimientos primarios, los depósitos de rutilo y una mayor extensión de las arenas de playa que contienen elementos pesados de litoral gallego, onubense y otras áreas costeras.

Atendiendo a la distribución zonal establecida, la que cuenta con mayores cantidades de recursos es Galicia y más concretamente la provincia de La Coruña, en los aluviones del área de Monte Castelo.

RECURSOS GALICIA

| | RECURSOS IDENTIFICADOS | | | RECURSOS NO DESCUBIERTOS | |
|-----------------------|------------------------|-----------|-----------|--------------------------|---------------|
| | DEMOSTRADOS | | INFERIDOS | GRADO DE PROBABILIDAD | |
| | MEDIDOS | INDICADOS | | HIPOTETICOS | ESPECULATIVOS |
| ECONOMICOS | 80.000 | | 35.000 | 630.000 | 775.000 |
| ECONOMICOS MARGINALES | 100.000 | | 110.000 | | |
| SUBECONOMICOS | 220.000 | | 190.000 | | |

UNIDAD: t. de mineral con el 50% de TiO_2

Las reservas suponen casi el 87% del total nacional y los recursos totales más del 53%.

La siguiente zona en importancia por su volúmen de reservas es Andalucía, principalmente concentradas en las playas del litoral de Huelva (Playa de Castilla).

RECURSOS ANDALUCIA

| | RECURSOS IDENTIFICADOS | | | RECURSOS NO DESCUBIERTOS | |
|-----------------------|------------------------|-----------|-----------|--------------------------|---------------|
| | DEMOSTRADOS | | INFERIDOS | GRADO DE PROBABILIDAD | |
| | MEDIDOS | INDICADOS | | HIPOTETICOS | ESPECULATIVOS |
| ECONOMICOS | 12.000 | | 20.000 | 250.000 | 310.000 |
| ECONOMICOS MARGINALES | 15.000 | | 30.000 | | |
| SUBECONOMICOS | 30.000 | | 60.000 | | |

UNIDAD.- t. de mineral con el 50% de TiO_2

Las reservas representan el 13% del total nacional.

En la zona Oeste, la actividad minera del titanio ha sido insignificante y sólo en los años 1957 y 1958 se registraron unas mínimas producciones en la provincia de Salamanca, por lo que únicamente tienen cierto interés los recursos no descubiertos, que pueden encontrarse en áreas aluvionares de Salamanca, Zamora y Extremadura.

RECURSOS ZONA OESTE

| | RECURSOS IDENTIFICADOS | | | RECURSOS NO DESCUBIERTOS | |
|-----------------------|------------------------|-----------|-----------|--------------------------|---------------|
| | DEMOSTRADOS | | INFERIDOS | GRADO DE PROBABILIDAD | |
| | MEDIDOS | INDICADOS | | HIPOTETICOS | ESPECULATIVOS |
| ECONOMICOS | | | | | |
| ECONOMICOS MARGINALES | 1.000 | | 20.000 | 225.000 | 850.000 |
| SUBECONOMICOS | 2.000 | | 35.000 | | |

UNIDAD.- t. de mineral con el 50% de TiO_2

En las restantes provincias españolas los recursos de titanio tienen aún menor interés. No se han estimado recursos demostrados y las únicas labores realizadas conocidas, proceden de concesiones en aluviones de Sn-Ti dentro de la provincia de Madrid.

RECURSOS RESTO DE ESPAÑA

| | RECURSOS IDENTIFICADOS | | | RECURSOS NO DESCUBIERTOS | |
|-----------------------|------------------------|-----------|-----------|--------------------------|---------------|
| | DEMOSTRADOS | | INFERIDOS | GRADO DE PROBABILIDAD | |
| | MEDIDOS | INDICADOS | | HIPOTETICOS | ESPECULATIVOS |
| ECONOMICOS | | | | | |
| ECONOMICOS MARGINALES | | | 5.000 | 25.000 | 100.000 |
| SUBECONOMICOS | | | 15.000 | | |

UNIDAD.- t. de mineral con el 50% de TiO_2

5. CONCLUSIONES

El titanio tiene un conjunto de características físicas muy interesantes entre las que destacan su elevada resistencia mecánica, su baja densidad, su resistencia a la corrosión y su elevada resistividad eléctrica. Estas propiedades condicionan la gran mayoría de sus aplicaciones industriales, las cuales se efectúan de tres formas, como componente de aleación, como metal puro y en forma de producto químico (dióxido de titanio) donde alcanza su máximo consumo como pigmento blanco.

Las reservas mundiales (recursos económicos demostrados) de este metal son superiores a 184 Mt de titanio contenido en los minerales. El 75% procede de ilmenita y el resto de depósitos de rutilo y anatasa (los de este último mineral localizados en Brasil). Por países, el 18% de la ilmenita se encuentra en la República de Africa del Sur, mientras que el 72% del rutilo y la anatasa se ubican en Brasil.

Por lo que respecta a la producción, establecida entre 350.000 y 400.000 t/año de titanio metal contenido en los concentrados vendibles, se obtiene fundamentalmente en Australia. cerca del 60% del total mundial.

La comparación entre el volumen de recursos y la producción minera permite estimar que el abastecimiento, a nivel mundial, se encuentra asegurado por un período superior a los 20 años.

La minería española de titanio es relativamente moderna, comenzando en 1935. Este hecho coincide con lo ocurrido a nivel mundial, ya que hasta 1910 no se obtuvo por primera vez, a nivel de laboratorio, el metal puro y fue la proximidad de la II Guerra Mundial quien aceleró el proceso de utilización de aleaciones.

Dentro del país la producción ha sido pequeña obteniéndose en los años de mayor actividad, entre 1956 y 1973, alrededor de 500.000 t de concentrados vendibles, con un contenido medio de 225,000 t de TiO_2 , equivalentes a 135.000 t de titanio metal. Las

leyes eran muy bajas por lo que los rendimientos eran escasos lo que motivó que en 1973 cesase toda la actividad minera en relación con estos productos.

Los yacimientos fundamentalmente explotados eran de tipo placer, tanto aluvionar como de playa, así como algunas mineralizaciones asociadas a complejos básicos. La mayor tradición minera se ubica en la provincia de La Coruña, así como en algunas zonas de Huelva. Dado el tipo de depósitos, las labores eran predominantemente a cielo abierto.

Aunque existen indicios en diversas zonas del país: Galicia, Oeste, Andalucía, etc, los recursos económicos demostrados se han estimado ligeramente superiores a 90.000 t de mineral con un contenido medio superior al 50% de TiO_2 , ubicados fundamentalmente en Galicia (80.000 t) y en Andalucía (12.000 t). Dada la abundancia de indicios y la antigüedad de la minería que ha servido como soporte para el establecimiento de estos recursos, se estima que de poder disponer de datos más recientes, podría haberse llegado a estimar un volumen entre 600.000 y 800.000 t de mineral pero no se puede establecer que todas serían explotables por superar el 50% de TiO_2 contenido.

Existen en el país dos plantas de elaboración y transformación de minerales. Tioxide Española, S.A. en Huelva y Dow Chemical Española, S.A. en Bilbao, que obtienen unas 80.000 t/año de dióxido de titanio partiendo del tratamiento de minerales de importación.

Como consecuencia de la no existencia de producción minera, el comercio exterior de materiales de titanio, deficitario en minerales, sufre variaciones a lo largo del proceso productivo, siendo excedentario en dióxidos, deficitario en titanio metal y prácticamente de saldo nulo en ferroaleaciones.

En resumen, las cifras de consumo nacional son difíciles de calcular, sin embargo, en base a los saldos de comercio exterior, se ha estimado que, el consumo de minerales superó las 100.000 t, (107.000 t en 1987) el de óxido puede ser de 30.000 t/año y el de titanio metal de unas 1.800 t/año.

Las perspectivas de futuro del sector podrían ser bastante parecidas a las actuales, continuando la dependencia en minerales y elaborados y la exportación de pigmentos y óxidos.

BIBLIOGRAFIA

BARTLE W.W.

- "Mineral Sands Markets-the impact of Richard Bay". Industrial Minerals International Congress. Paris 1978

CLARKE G.

- "Titanium minerals. Expansion in all the Continents". Industrial Minerals. Metal Bulletin Plc. n° 225. Junio 1986.

COLLINGWOOD J.A.

- "Market outlook for titanium dioxide pigments". Industrial Minerals. Metal Bulletin Plc, n° 178. Julio 1982.

COOPE BRIAN

- "Titanium minerals focus production". Industrial Minerals. Metal Bulletin Plc n° 178. Julio 1982.
- "Titanium dioxide pigments focus on production". Industrial Minerals. Metal Bulletin Plc, n° 181. Octubre 1982.
- "Signs of a market improvement" Industrial Minerals. Metal Bulletin Plc. n° 132. Septiembre 1978.

COURT, K.

- "Value added in the mineral sands industry. An industry for the future". Industrial Minerals. Metal Bulletin Plc, n° 236. Mayo 1987.

DARBY R.J.

- "The changes markets for rutile, ilmenite and zircon". Industrial Minerals. International Congress. Munich 1976.
- "World mineral sand markets today". Industrial Minerals. International Congress, Londres 1974.

DAYTON S.

- "Direct reduction of ilmenite to recover TiO_2 slag and iron". EMJ. Mc Graw-Hill. Junio 1984.

EDGARD L.R.

- "Letter to the editor TiO_2 in blast furnaces". Industrial Minerals. Metal Bulletin Plc, nº 159. Diciembre 1980.

FEIQUE

- "La industria química en España". 1980.

FERGUSON, F.A.

- "Titanium minerals: world supply and demand". IM Pigments and Extenders Supplement. 1960.

FORCE, E.R.

- "Is the United States of America geologically dependent on imported rutile?". Industrial Minerals. International Congress. Atlanta 1980.

FORCE, E. AND GARNAR, T.

- "High-angle aeolian cross bedding at Trial Ridge, Florida". *Industrial Minerals. Metal Bulletin Plc*, nº 215. Agosto 1985

FULLER H.R.

- "Titanium". *Mining Engineering. AIME* 1981-1982.

GADSEN P.

- "Titanium Mining Engineering". *AIME* 1982.

GARNARD E.T. and DUPONT NEMOURS

- "Mineral Industry of North America". *Industrial Minerals International Congress. Atlanta* 1980.

GEOLOGICAL SURVEY

- "Titanium". *Professional Paper 820 Washington*, 1973.

GRIFFITHS, J.

- "Minerals in welding fluxes-the whys and wherefores".

GUMIEL P.

- "Essai sur la classification typologique des principaux gisements de Sn-W d'Extremadure (Espagne)". *Cronique de la Recherche Minere*. 1981.

HARBEN, P.

- "Titanium minerals in Brazil-progress and potencial"

IGME

- "Catastro minero de La Coruña".
- "Catastro minero de Orense".
- "Catastro minero de Pontevedra".
- 1959 - nº 10.075.- Ensayo de molienda sobre una muestra de mineral de rutilo de Nueva Montaña Quijano S.A. (Santander).
- 1961 - nº 10.412.- Estudio de concentración sobre un mineral titanífero en la Sociedad Minera de Andévalo. S.A. (Huelva).
- 1967 - nº 10.521.- Borrador del estudio económico y de mercado de titanio, uranio, torio, plomo, estaño, manganeso, sal y otros varios. Datos en sucio (España).
- 1969 - nº 10.032.- Proyecto de estudio sobre las posibilidades mineras en la provincia de Orense.
- 1970 - nº 10.105.- Introducción y conclusiones del estudio económico y de mercado. Sustancias minerales.
- 1972 - nº 10.305.- Programa sectorial de investigación de minerales de estaño y volframio. Subsector 4. Extremadura. Prospección a la batea de minerales aluvionares en Cáceres. Area del Valle de Tietar y Moraleja.

IGME (Continuación)

- 1972 - nº 10.306.- *Prospección a la batea de minerales aluvionares en la provincia de Cáceres. Area de Plasencia (Cáceres).*
- 1972 - nº 10.307.- *Programa sectorial de investigación de minerales de estaño y volframio. Subsector 4. Extremadura. Prospección a la batea de minerales en la provincia de Cáceres, Areas de Valverde del Fresno, Gata, Granadilla y otras (Cáceres).*
- 1972 - nº 10.308.- *Exploración magnética de la provincia de Cáceres. Area de Navalmoral de la Mata (Cáceres).*
- 1972 - nº 12.016.- *Mapa metalogenético de España E. 1/1.500.000. Mapa predictor de mineralizaciones de titanio (España).*
- 1973 - nº 10.006.- *Estimación de potencial minero en el Subsector I. Galicia. Areas 1 y 2. Carballo, Noceda, Santa Comba (La Coruña).*
- 1973 - nº 10.007.- *Programa sectorial de investigación de minerales de Sn, W, Ti. Proyecto de estimación del potencial minero en el Subsector I. Galicia. Area 1 y 2. Carballo, Noceda, Santa Comba (La Coruña).*

IGME (Continuación)

- 1973 - nº 10.166.- Estudio geoquímico de áreas con posibilidades mineras. Estudio de la red de drenaje en la Cordillera Litoral Catalana Sur. Zona 1. Barcelona.
- 1973 - nº 10.173.- Estudio geoquímico de áreas con posibilidades mineras. Estudio de la red de drenaje en la zona del río Besós, Riera de la Pineda (Barcelona-Gerona).
- 1973 - nº 10.181.- Estudio geoquímico de áreas con posibilidades mineras. Estudio de la red de drenaje en la zona de la Cordillera Litoral Catalana Norte. Zona 2. Gerona.
- 1973 - nº 10.182.- Estudio geoquímico de áreas con posibilidades mineras. Estudio de la red de drenaje del río Llobregat (Gerona).
- 1973 - nº 10.453.- Fase previa de estimación de posibilidades mineras en el Subsector II. Sureste Area 1. Mazagón (Huelva).
- 1973 - nº 10.492.- Investigación minera preliminar de la plataforma continental submarina Málaga-Gibraltar (Málaga).

IGME (Continuación)

- 1973 - nº 10.561.- *Estudio sobre el estado actual y tendencias futuras de mercado y tecnología de algunas sustancias minerales destinado a la elaboración de planes de actuación sobre estas sustancias. Tomo V. Titanio (España).*
- 1973 - nº 10.183.- *Estudio geoquímico de áreas con posibilidades mineras. Estudio de la red de drenaje en la zona de Port-Bou-Rosas (Gerona).*
- 1974 - nº 10.455.- *Programa Sectorial de Estudios de fondos submarinos. Investigación minera submarina en el subsector Huelva I. (Golfo de Cádiz) (Huelva).*
- 1975 - nº 10.009.- *Programa sectorial de investigación de minerales de Cu, Ni, Ti, fae previa de investigación en la zona de Ortigueira (La Coruña).*
- 1976 - nº 10.015.- *Investigación minera en Moeche para Cu, Ni, Cr, Ti, Asbestos (La Coruña).*
- 1976 - nº 10.016.- *Investigación minera en Cabo Ortegal para Cu, Ni, Cr, Ti, Asbestos (La Coruña).*
- 1977 - nº 10.583.- *Proyecto de investigación minera en Carballo, Monte Castelo, para Cu, Ni, Cr, Ti y Asbestos (La Coruña).*
- 1978 - nº 10.588.- *Investigación minera en Sobrado, para Cu, Ni, Cr, Ti, Asbestos (La Coruña).*

IGME (Continuación)

- 1979 - nº 10.611.- Ordenación y valoración geológico-minera de Cataluña para el establecimiento de una sistemática de investigación minera integral.
- 1979 - nº 10.619.- Revisión del conocimiento metalogenético de la zona costera en las provincias de Tarragona y Barcelona.
- 1980 - nº 00.616.- Síntesis de las investigaciones geológico-mineras realizadas por el IGME en Extremadura.
- 1980 - nº 00.645.- Síntesis de las investigaciones geológico-mineras, realizadas por el IGME en León, Zamora y Salamanca.

INDUSTRIAL MINERALS. METAL BULLETIN, PLC.

- Mar. 1981, nº 162. "TiO₂ Slowdown causes clorures"
- Ago. 1982, nº 179. "Tióxido buy ERT Stake in titanium".
- Dic. 1982, nº 183. "Rutilo operation takeover. Sierra Leona".
- May. 1985, nº 212. "A proposal to rejuvenate the heavy mineral industry of the Gambia.
- Ago. 1981, nº 167. "First minerals sands Symposium. Australian industry looks in wards and outwards".

INDUSTRIAL MINERALS. METAL BULLETIN, PLC. (Continuación)

- Mar. 1986, nº 222. "Australia, TiO₂ Corp Feasibility study".
- Abr. 1986, nº 223. "Corea del Sur, TiO₂ developments-Du Pont and Kerr McGee".
- May. 1986, nº 224. "Madagascar, QIT to develop Madagascar ilmenita".
- Jul. 1986, nº 226. "SCM in potential TiO₂ venture"
- Ago. 1986, nº 267. "Taiwan, Du Pont's TiO₂ plant hits snag".

"Turkey's minerals"
- Sep. 1986, nº 268. "Australia, SCM converts to chloride TiO₂".

"Australia, TiO₂ Corp. minsands study progress."

"TiO₂ prices set to rise".
- Oct. 1986, nº 269. "TiO₂ pigment prices rise and hold"
- Nov. 1986, nº 270. "Australia, Cooljarloo neary mineral reserves to 12 m. tonnes".

"Arabia Saudita. Kerr-Mc Gee TiO₂ pigment venture"
- Feb. 1987, nº 273. "USA, California ilmenite".

INDUSTRIAL MINERALS. METAL BULLETIN, PLC. (Continuación)

- Mar. 1987, nº 274. "Australia, Westralian's syn-rutile plant opened".
- Abr. 1987, nº 275. "Taiwan Du Pont TiO₂ project moved".

INSTITUTE OF GEOLOGICAL SCIENCES

- "World Mineral Statistics"

INVESTIGACION Y EXPLOTACION DE LOS RECURSOS MINEROS

- "Consejo Económico Sindical del Noroeste".

JAMES R.J.

- "The use of ilmenite in blast furnaces". Industrial Minerals, Metal Bulletin Plc, nº 155. Agosto 1980.

JÖRGENS H.

- "US funds catalyse titanium from ilmenite process. Metal Bulletin Monthly. Metal Bulletin Plc. Febrero 1985.

LANE WHITE R.

- "Mineral sands, producer face numerous problems despite dominance in world markets". EMJ. MC Graw-Hill. Febrero 1984.

LYND E.L.

- "Titanium minerals". Mining Engineering. AIME 1982.

LYND E.L. (Continuación)

- "Titanium". Mineral Commodity profiles. Bureau of Mines. 1985.

MECULLOCH R.

- "Titanium benefits from maturing aircraft sector". Metal Bulletin Monthly. Metal Bulletin Plc. Febrero 1986.

MESEGUER PARDO, J.

- "Titanio. Metalogenia, aplicaciones y yacimientos españoles". Boletín Oficial de Minas y Metalurgia. 1930

METAL BULLETIN

- "Handbook". 1980-1986
- "Prices". 1987.
- "Monthly". 1980-1988
- "World Steel and Metal News (Revista bisemanal). 1970-1978
- "Statistics and memoranda". 1982.

METAL STATISTICS

- "Metallgesellschaft AG". 1987.
- "American Metal Market". 1987.

MINING MAGAZINE

- "Sierra Rutila". *Mining Journal*. Junio 1981.

MINISTERIO DE ECONOMIA. DIRECCION GENERAL DE ADUANAS

- "Estadística de Comercio Exterior de España".

MINISTERIO DE INDUSTRIA. DIRECCION GENERAL DE MINAS

- "Estadística Minera de España".
- "Plan Nacional de Abastecimiento de Materias Primas. Minerales no energéticos". 1981-1982.
- "Plan Nacional de la Minería. Programa Nacional de Explotación Minera. Minería de minerales metálicos varios". 1971.
- "Plan Nacional de la Minería. Programa Nacional de Investigación Minera. Programa sectorial para la investigación de otros minerales". 1971.

MINKLER W.

- "Titanium. Demand may remain slow in 81 but aircraft use should provide long-term strenght. *EMJ*. Mc Graw-Hill. Marzo 1981.
- "Titanium. Reduced airplane orders lead to larger inventories at the end of goot year". *EMJ*. Mc Graw-Hill. Marzo 1982.
- "Titanium. Large inventarios and weak demand promote production cutbacks". *EMJ*. Mc Graw-Hill. Marzo 1983.

MINKLER W. (Continuación)

- "Titanium. Guarder optimism for products shipment future in 1984". EMJ. Mc Graw-Hill. Marzo 1984.
- "Titanium. 1984 was a good year but outlook for 1985 mixed". EMJ. MC Graw-Hill. Marzo 1985.

N. H. A. B.

- "Direct reduction processes for the production of titanium metal".

PARK and MACDIARMED

- "Ore Deposits". Freeman and Company. 1975.

PINEDO VARA L.

- "Piritas de Huelva. Su historia, minería y aprovechamiento". SUMMA. 1963.

SCHNEIDER, E.A.

- "Titanium metals market". Recents and future devolopment Industrial Minerals International Congress. Madrid 1982.
- "Tioxide pigments". Industrial Minerals International Congress. Madrid 1982.

THE INSTITUTION OF MINING AND METALLURGIE

- "The mineralogical society". Mineral resources of Europe. Volume I. North-West Europe 1978.

TIMET, ASSOCIATION INC.

- "Titanium & Alloys" 1980.

TITAN

- "Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe".
Hannover Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung.
Berlin 1980.

UNTERSUCHUNGEN UBER

- "Angebot und Nachfrage mineralischer Rohstoffe". Vol.
XIII.

U.S. BUREAU OF MINES

- "Mineral commodity summaries". 1975-1987
- "Comodity data sumaries" 1960-1974
- "Mineral facts and problems". 1985
- "Mineral yearbook titanium teconology". 1978-1979.
- "Mineral yearbook metals and minerals". 1987.
- "Titanium". 1985.
- "Titanium mineral commodity profiles".1985.
- "Limited states mineral resources". 1985.
- "Metal statistics" (mensual)

VAZQUEZ GUZMAN, F.

- "Depósitos minerales de España". IGME 1983.

WORLD ATLAS OF GEOLOGY AND MINERAL DEPOSITS

- "Mining Journal Books Ltd". 1980.

YAMADA SHIGEKY

- "Ilmenite beneficiation and its implications for titanium dioxide manufacture". Industrial Minerals International Congress. London 1974.