

Índice

Dedicatoria	5
Prólogo	7
Índice	13
Índice de anunciantes	27

1. Introducción

1.1. Los recursos minerales y el ser humano	29
1.2. Definición de mineral industrial	31
1.3. Clasificación de los minerales industriales	32
1.4. El sector de los minerales industriales	35
1.4.1. Comportamiento y segmentación del mercado de los minerales industriales ..	37
1.4.2. Los precios de los minerales industriales	38
1.4.3. Tendencias futuras en el sector de los minerales industriales	39
1.5- Principales aplicaciones de los minerales industriales	40
1.5.1. Cerámica	40
1.5.2. Detergentes	41
1.5.3. Electrónica	42
1.5.4. Ingeniería ambiental	42
1.5.5. Vidrio	42
1.5.6. Fundición	43
1.5.7. Pinturas	43
1.5.8. Papel	43
1.5.9. Farmacéutica y cosmética	43
1.5.10. Plásticos y polímeros	44
1.5.11. Agricultura	45
1.6. Propiedades y características de los minerales industriales	45

1.7. Los minerales industriales en el día a día	46
1.8. Los minerales industriales en España	49
1.8.1. Principales minerales industriales y aplicaciones	49
1.8.2. Datos estadísticos de producción	56
1.9. Los minerales industriales en europa y en el mundo	57
1.10. Investigación, evaluación y explotación de los minerales industriales	59
1.10.1. Exploración e Investigación de yacimientos de minerales industriales ..	59
1.10.1.1. Elección de las zonas objeto de prospección	60
1.10.1.2. Estudio preliminar de los yacimientos potencialmente explotables	61
1.10.1.3. Estudio detallado del yacimiento considerado como más interesante	62
1.10.2. Evaluación de yacimientos de minerales industriales	63
1.10.3. Explotación de yacimientos de minerales industriales	65
1.11. Procesos de transformación de los minerales industriales	66
1.12. Restauración de yacimientos de minerales industriales	68
1.13. El reciclaje de los minerales industriales	70
1.13.1. Bentonita	72
1.13.2. Carbonato cálcico	73
1.13.3. Feldespato	73
1.13.4. Caolín y arcillas caoliníferas	73
1.13.5. Sílice	73
1.13.6. Talco	74
1.14. Minerales industriales críticos	74
1.15. Los minerales industriales y las tecnologías verdes	77
1.16. Las políticas sobre minerales industriales en Europa	78

2. Geología de los minerales industriales

2.1. Características generales del aprovechamiento de los minerales industriales ...	83
2.2. Contextos geológicos	88
2.2.1. Ambiente magmático	88
2.2.1.1. Rocas plutónicas o intrusivas	88
2.2.1.2. Rocas filonianas – Pegmatitas	90
2.2.1.3. Procesos hidrotermales	94
2.2.1.4. Rocas volcánicas o extrusivas	94
2.2.2. Ambiente metamórfico	96
2.2.2.1. Minerales en facies metamórficas de grado muy bajo a bajo	96
2.2.2.2. Minerales en facies metamórficas de grado medio	97
2.2.2.3. Minerales en facies metamórficas de grado alto	97
2.2.2.4. Metamorfismo de rocas básicas y carbonatos	98
2.2.3. Ambiente sedimentario	99
2.2.3.1. Perfiles de alteración	99
2.2.3.2. Placeres	100

2.2.3.3. <i>Lagos salinos y zonas marinas restringidas</i>	100
2.2.3.4. <i>Ambientes marinos con producción orgánica</i>	102
2.3. Distribución geológica de los yacimientos de minerales industriales en España ..	103
2.3.1. Macizo Ibérico	105
2.3.2. Cadenas alpinas	105
2.3.3. Cuencas cenozoicas	106
2.3.4. Regiones volcánicas	106
3. Principales minerales industriales - silicatos	
3.1. Andalucita	109
3.1.1. Mineralogía y propiedades	109
3.1.2. Contexto geológico	110
3.1.3. Tecnología de tratamiento	112
3.1.4. Aplicaciones	112
3.1.5. Producción y mercados	113
3.2. Asbestos	114
3.2.1. Mineralogía y propiedades	114
3.2.1.1. <i>Asbestos serpentínicos</i>	115
3.2.1.2. <i>Asbestos anfibólicos</i>	115
3.2.2. Contexto geológico	116
3.2.3. Tecnología de tratamiento	117
3.2.4. Aplicaciones	118
3.2.5. Producción y mercados	118
3.2.6. Efectos nocivos en la salud	118
3.3. Bentonita	120
3.3.1. Mineralogía y propiedades	120
3.3.2. Contexto geológico	122
3.3.3. Tecnología de tratamiento	124
3.3.4. Aplicaciones	125
3.3.5. Producción y mercados	126
3.3.6. Efectos nocivos en la salud	126
3.4. Berilo	127
3.4.1. Mineralogía y propiedades	127
3.4.2. Contexto geológico	128
3.4.3. Tecnología de tratamiento	130
3.4.4. Aplicaciones	131
3.4.5. Producción y mercados	132
3.4.6. Efectos nocivos en la salud	132
3.5. Caolín	133
3.5.1. Mineralogía y propiedades	133
3.5.2. Contexto geológico	134
3.5.3. Tecnología de tratamiento	136
3.5.4. Aplicaciones	137

3.5.5. Producción y mercados	138
3.5.6. Efectos nocivos en la salud	138
3.6. Cianita	139
3.6.1. Mineralogía y propiedades	139
3.6.2. Contexto geológico	140
3.6.3. Tecnología de tratamiento	142
3.6.4. Aplicaciones	142
3.6.5. Producción y mercados	143
3.7. Circón	145
3.7.1. Mineralogía y propiedades	145
3.7.2. Contexto geológico	146
3.7.3. Tecnología de tratamiento	146
3.7.4. Aplicaciones	148
3.7.5. Producción y mercados	148
3.8. Cuarzo	149
3.8.1. Mineralogía y propiedades: relación con otros minerales de la sílice ...	149
3.8.2. Contexto geológico	151
3.8.3. Tecnología de tratamiento	152
3.8.4. Aplicaciones	152
3.8.5. Producción y mercados	153
3.9. Diatomita	154
3.9.1. Mineralogía y propiedades	154
3.9.2. Contexto geológico	155
3.9.3. Tecnología de tratamiento	156
3.9.4. Aplicaciones	157
3.9.5. Producción y mercados	158
3.9.6. Efectos nocivos en la salud	158
3.10. Espodumena	159
3.10.1. Mineralogía y propiedades	159
3.10.2. Contexto geológico	160
3.10.3. Tecnología de tratamiento	164
3.10.4. Aplicaciones	164
3.10.5. Producción y mercados	166
3.11. Estaurolita	167
3.11.1. Mineralogía y propiedades	167
3.11.2. Contexto geológico	167
3.11.3. Tecnología de tratamiento	168
3.11.4. Aplicaciones	169
3.12. Feldespatos	170
3.12.1. Mineralogía y propiedades	170
3.12.2. Contexto geológico	171
3.12.3. Tecnología de tratamiento	172
3.12.4. Aplicaciones	173

3.13. Granate	175
3.13.1. Mineralogía y propiedades	175
3.13.2. Contexto geológico	176
3.13.3. Tecnología de tratamiento	176
3.13.4. Aplicaciones	177
3.13.5. Producción y mercados	177
3.13.6. Efectos nocivos en la salud	177
3.14. Lepidolita	178
3.14.1. Mineralogía y propiedades	178
3.14.2. Contexto geológico	179
3.14.3. Tecnología de tratamiento	181
3.14.4. Aplicaciones	181
3.15. Moscovita y flogopita	183
3.15.1. Mineralogía y propiedades	183
3.15.2. Contexto geológico	184
3.15.3. Tecnología de tratamiento	185
3.15.3.1. <i>Mica hojosa</i>	185
3.15.3.2. <i>Mica en escamas</i>	185
3.15.3.3. <i>Mica en polvo</i>	186
3.15.4. Aplicaciones	186
3.15.5. Producción y mercados	186
3.15.6. Efectos nocivos en la salud	186
3.16. Nefelina	187
3.16.1. Mineralogía y propiedades	187
3.16.2. Contexto geológico	188
3.16.3. Tecnología de tratamiento	190
3.16.4. Aplicaciones	191
3.17. Olivino	192
3.17.1. Mineralogía y propiedades	192
3.17.2. Contexto geológico	192
3.17.3. Tecnología de tratamiento	194
3.17.4. Aplicaciones	194
3.18. Perlita	198
3.18.1. Mineralogía y propiedades	198
3.18.2. Contexto geológico	198
3.18.3. Tecnología de tratamiento	199
3.18.4. Aplicaciones	200
3.18.5. Producción y mercados	201
3.18.6. Efectos nocivos en la salud	201
3.19. Pirofilita	202
3.19.1. Mineralogía y propiedades	202
3.19.2. Contexto geológico	202
3.19.3. Tecnología de tratamiento	205

3.19.4. Aplicaciones	205
3.19.5. Efectos nocivos en la salud	205
3.20. Pumita	206
3.20.1. Mineralogía y propiedades	206
3.20.2. Contexto geológico	206
3.20.3. Tecnología de tratamiento	207
3.20.4. Aplicaciones	208
3.20.5. Producción y mercados	208
3.21. Sepiolita y palygorskita	210
3.21.1. Mineralogía y propiedades	210
3.21.2. Contexto geológico	212
3.21.2.1. Yacimientos de sepiolita	213
3.21.2.2. Yacimientos de palygorskita	214
3.21.3. Tecnología de tratamiento	214
3.21.4. Aplicaciones	216
3.21.5. Producción y mercados	218
3.21.6. Efectos nocivos en la salud	218
3.22. Sillimanita	219
3.22.1. Mineralogía y propiedades	219
3.22.2. Contexto geológico	220
3.22.3. Tecnología de tratamiento	224
3.22.4. Aplicaciones	225
3.23. Talco	227
3.23.1. Mineralogía y propiedades	227
3.23.2. Contexto geológico	228
3.23.3. Tecnología de tratamiento	232
3.23.4. Aplicaciones	234
3.23.5. Producción y mercados	235
3.24. Turmalina	236
3.24.1. Mineralogía y propiedades	236
3.24.2. Contexto geológico	236
3.24.3. Aplicaciones	237
3.25. Vermiculita	238
3.25.1. Mineralogía y propiedades	238
3.25.2. Contexto geológico	238
3.25.3. Tecnología de tratamiento	240
3.25.4. Aplicaciones	240
3.25.5. Producción y mercados	241
3.25.6. Efectos nocivos en la salud	241
3.26. Wollastonita	242
3.26.1. Mineralogía y propiedades	242
3.26.2. Contexto geológico	243
3.26.3. Tecnología de tratamiento	245

3.26.4. Aplicaciones	247
3.26.5. Producción y mercados	247
3.26.6. Efectos nocivos en la salud	249
3.27. Zeolitas	250
3.27.1. Mineralogía y propiedades	250
3.27.2. Contexto geológico	253
3.27.3. Tecnología de tratamiento	253
3.27.4. Aplicaciones	254
3.27.5. Producción y mercados	255
3.27.6. Efectos nocivos en la salud	255

Principales minerales industriales - No silicatos

3.28. Azufre	257
3.28.1. Mineralogía y propiedades	257
3.28.2. Contexto geológico	258
3.28.3. Tecnología de tratamiento	259
3.28.4. Aplicaciones	259
3.28.5. Producción y mercados	260
3.28.6. Efectos nocivos en la salud	260
3.29. Barita	261
3.29.1. Mineralogía y propiedades	261
3.29.2. Contexto geológico	262
3.29.3. Tecnología de tratamiento	266
3.29.4. Aplicaciones	266
3.30. Bauxita	269
3.30.1. Mineralogía y propiedades	269
3.30.2. Contexto geológico	270
3.30.3. Tecnología de tratamiento	271
3.30.4. Aplicaciones	271
3.30.5. Efectos nocivos en la salud	272
3.30.6. Producción y mercados	272
3.31. Boratos	273
3.31.1. Mineralogía y propiedades	273
3.31.2. Contexto geológico	274
3.31.3. Tecnología de tratamiento	275
3.31.4. Aplicaciones	275
3.31.5. Producción y mercados	276
3.32. Calcita y dolomita	277
3.32.1. Mineralogía y propiedades	277
3.32.2. Contexto geológico	278
3.32.3. Tecnología de tratamiento	279
3.32.4. Aplicaciones	281

3.32.5. Producción y mercados	281
3.32.6. Efectos nocivos en la salud	281
3.33. Celestina	282
3.33.1. Mineralogía y propiedades	282
3.33.2. Contexto geológico	283
3.33.3. Tecnología de tratamiento	283
3.33.4. Aplicaciones	285
3.33.5. Efectos nocivos en la salud	285
3.34. Corindón	286
3.34.1. Mineralogía y propiedades	286
3.34.2. Contexto geológico	286
3.34.3. Tecnología de tratamiento	287
3.34.4. Aplicaciones	288
3.34.5. Producción y mercados	288
3.35. Cromita	289
3.35.1. Mineralogía y propiedades	289
3.35.2. Contexto geológico	289
3.35.3. Tecnología de tratamiento	290
3.35.4. Aplicaciones	291
3.35.5. Producción y mercados	292
3.36. Diamante	293
3.36.1. Mineralogía y propiedades	293
3.36.2. Contexto geológico	295
3.36.3. Tecnología de tratamiento	296
3.36.4. Aplicaciones	300
3.36.5. Producción y mercados	301
3.37. Epsomita	302
3.37.1. Mineralogía y propiedades	302
3.37.2. Contexto geológico	302
3.37.3. Tecnología de tratamiento	303
3.37.4. Aplicaciones	303
3.37.5. Producción y mercados	303
3.38. Espinela	304
3.38.1. Mineralogía y propiedades	304
3.38.2. Contexto geológico	305
3.38.3. Tecnología de tratamiento	305
3.38.4. Aplicaciones	306
3.39. Fluorita	308
3.39.1. Mineralogía y propiedades	308
3.39.2. Contexto geológico	309
3.39.3. Tecnología de tratamiento	310
3.39.4. Aplicaciones	312
3.39.5. Producción y mercados	313

3.40. Fosfatos	314
3.40.1. Mineralogía y propiedades	314
3.40.2. Contexto geológico	315
3.40.3. Tecnología de tratamiento	316
3.40.4. Aplicaciones	317
3.40.5. Producción y mercados	317
3.40.6. Efectos nocivos en la salud	317
3.41. Glauberita-thenardita	318
3.41.1. Mineralogía y propiedades	318
3.41.2. Contexto geológico	320
3.41.3. Tecnología de tratamiento	320
3.41.4. Aplicaciones	322
3.41.5. Producción y mercados	324
3.42. Grafito	325
3.42.1. Mineralogía y propiedades	325
3.42.2 Contexto geológico	326
3.42.3. Tecnología de tratamiento	329
3.42.4. Aplicaciones	330
3.42.5. Producción y mercados	335
3.43. Halita	336
3.43.1. Mineralogía y propiedades	336
3.43.2. Contexto geológico	337
3.43.3. Tecnología de tratamiento	339
3.43.4. Aplicaciones	340
3.43.5. Producción y mercados	341
3.44. Hematites	342
3.44.1. Mineralogía y propiedades	342
3.44.2. Contexto geológico	342
3.44.3. Tecnología de tratamiento	346
3.44.4. Aplicaciones	347
3.45. Magnesita	348
3.45.1. Mineralogía y propiedades	348
3.45.2. Contexto geológico	349
3.45.3. Tecnología de tratamiento	350
3.45.4. Aplicaciones	352
3.45.5. Producción y mercados	353
3.46. Magnetita	354
3.46.1. Mineralogía y propiedades	354
3.46.2. Contexto geológico	355
3.46.3. Tecnología de tratamiento	357
3.46.4. Aplicaciones	358
3.47. Nitratos	359
3.47.1. Mineralogía y propiedades	359

3.47.2. Contexto geológico	359
3.47.3. Tecnología de tratamiento	360
3.47.4. Aplicaciones	360
3.47.5. Producción y mercados	361
3.48. Pirolusita	362
3.48.1. Mineralogía y propiedades	362
3.48.2. Contexto geológico	363
3.48.3. Tecnología de tratamiento	364
3.48.4. Aplicaciones	367
3.48.5. Producción y mercados	367
3.48.6. Efectos nocivos en la salud	367
3.49. Rutilo e ilmenita	368
3.49.1. Mineralogía y propiedades	368
3.49.2. Contexto geológico	369
3.49.3. Tecnología de tratamiento	370
3.49.4. Aplicaciones	372
3.49.5. Producción y mercados	373
3.49.6. Efectos nocivos en la salud	373
3.50. Silvina – carnalita	374
3.50.1. Mineralogía y propiedades	374
3.50.2. Contexto geológico	375
3.50.3. Tecnología de tratamiento	376
3.50.4. Aplicaciones	378
3.50.5. Producción y mercados	379
3.50.6. Efectos nocivos en la salud	379
3.51. Tierras raras	380
3.51.1. Mineralogía y propiedades	380
3.51.2. Contexto geológico	381
3.51.3. Tecnología de tratamiento	381
3.51.4. Aplicaciones	382
3.51.5. Producción y mercados	382
3.51.6. Efectos nocivos en la salud	383
3.52. Trona	384
3.52.1. Mineralogía y propiedades	384
3.52.2. Contexto geológico	384
3.52.3. Tecnología de tratamiento	388
3.52.4. Aplicaciones	389
3.52.5. Producción y mercados	389
3.52.6. Efectos nocivos en la salud	389
3.53. Yeso – anhidrita	390
3.53.1. Mineralogía y propiedades	390
3.53.2. Contexto geológico	391
3.53.3. Tecnología de tratamiento	391

3.53.4. Aplicaciones	394
3.53.5. Producción y mercados	395
3.53.6. Repercusión en el medio ambiente y la salud humana	396
4. Aplicaciones de los minerales industriales	
4.1. Abrasivos	397
4.1.1. Generalidades	397
4.1.2. Tipos de productos abrasivos	398
4.1.3. Abrasivos naturales – clasificación y campos de aplicación más relevantes	403
4.2. Agricultura y medioambiente	405
4.2.1. Incidencia del uso de los minerales industriales en el crecimiento de las plantas y en la calidad de los suelos y cultivos	405
4.2.1.1. <i>Fertilizantes</i>	405
4.2.1.2. <i>Correctores de suelos</i>	408
4.2.2. Uso de los minerales industriales utilizados en la resolución y mitigación de problemas medioambientales	410
4.2.2.1. <i>Tipos de contaminantes en aguas, suelos y sedimentos</i>	411
4.2.2.2. <i>Estrategias para la neutralización de contaminantes</i>	412
4.2.2.3. <i>Propiedades de los minerales industriales utilizados en la resolución de problemas medioambientales</i>	412
4.2.2.4. <i>Principales minerales utilizados</i>	414
4.3. Cerámicas	416
4.3.1. Introducción a los materiales cerámicos	416
4.3.2. Cerámica de cocción blanca	418
4.3.2.1. <i>Materias primas arcillosas</i>	420
4.3.2.2. <i>Fundentes y rellenos</i>	420
4.3.2.3. <i>Esmaltado de vidrio</i>	421
4.3.3. Cerámica estructural	421
4.3.3.1. <i>Materias primas para la producción de cerámica estructural</i>	421
4.3.4. Refractarios	422
4.4. Construcción	423
4.4.1. Materiales para techar	423
4.4.2. Cemento y materias primas para el cemento	424
4.4.3. Puzolanas y otros materiales cementantes	426
4.4.4. Productos de yeso	427
4.4.5. Materiales para pavimentación de interiores	427
4.4.6. Materiales para aislamiento	428
4.5. Electrónica	429
4.5.1. Minerales industriales más habituales en la industria electrónica	430
4.5.2. Minerales industriales en el campo de las tecnologías de información y comunicación	431
4.5.3. Minerales industriales en la industria electrónica de la automoción	433

4.5.4. Minerales industriales en otros campos de la tecnología	434
4.5.4.1. <i>LED para iluminación</i>	434
4.5.4.2. <i>Otras industrias</i>	436
4.6. Industria farmacéutica y cosmética	437
4.6.1. Introducción	437
4.6.2. Minerales empleados como principios activos	438
4.6.2.1. <i>Minerales por vía oral</i>	438
4.6.2.2. <i>Minerales por vía tópica</i>	441
4.6.3. Minerales empleados como excipientes	442
4.6.3.1. <i>Lubricantes</i>	442
4.6.3.2. <i>Desecantes</i>	444
4.6.3.3. <i>Disgregantes</i>	444
4.6.3.4. <i>Diluyentes</i>	444
4.6.3.5. <i>Pigmentos</i>	444
4.6.3.6. <i>Agentes emulsionantes, espesantes y antiapelmazantes</i>	444
4.6.3.7. <i>Correctores del sabor</i>	445
4.6.3.8. <i>Portadores-liberadores de principios activos</i>	445
4.6.4. Minerales en la industria cosmética	445
4.6.5. Aplicación de los minerales en Peloterapia	447
4.7. Industria metalúrgica	449
4.7.1. Arenas de fundición	449
4.7.1.1. <i>Arenas silíceas</i>	450
4.7.1.2. <i>Arenas no silíceas</i>	451
4.7.2. Fundentes	452
4.7.2.1. <i>Metalurgia extractiva</i>	453
4.7.2.2. <i>Soldadura</i>	454
4.8. Industria química	456
4.8.1. Introducción	456
4.8.2. Minerales en la industria de absorbentes y desecantes	456
4.8.2.1. <i>Bentonitas</i>	458
4.8.2.2. <i>Palygorskita y sepiolita</i>	459
4.8.3. Minerales en procesos catalíticos	460
4.8.3.1. <i>Caolín</i>	462
4.8.3.2. <i>Bentonita</i>	462
4.9. Papel y plásticos	463
4.9.1. Industria del papel	463
4.9.1.1. <i>Cargas minerales en el papel</i>	463
4.9.1.2. <i>Estucado o revestimiento en el papel</i>	465
4.9.1.3. <i>Principales minerales industriales utilizados en el papel</i>	467
4.9.2. Industria del plástico	470
4.9.2.1. <i>Usos y aplicaciones de los minerales</i>	470
4.9.2.2. <i>Principales minerales industriales utilizados en la industria del plástico</i>	473

4.10 pinturas y pigmentos	477
4.10.1. Componentes de las pinturas	477
4.10.2. Pigmentos extendedores y aditivos minerales más frecuentemente utilizados	479
4.10.2.1. <i>Barita</i>	481
4.10.2.2. <i>Caolín</i>	481
4.10.2.3. <i>Carbonato cálcico</i>	482
4.10.2.4. <i>Diatomita</i>	482
4.10.2.5. <i>Mica</i>	483
4.10.2.6. <i>Talco</i>	483
4.10.2.7. <i>Wollastonita</i>	484
4.10.2.8. <i>Otros minerales</i>	484
4.10.3. Pigmentos colorantes	485
4.10.3.1. <i>Óxidos de titanio</i>	486
4.10.3.2. <i>Óxidos de hierro</i>	486
4.10.3.3. <i>Otros pigmentos minerales</i>	487
4.11. Vidrios	488
4.11.1. Envases	488
4.11.2. Vidrio plano	490
4.11.3. Vidrios especiales	491
4.11.4. Fibra de vidrio	493
4.12. Otras aplicaciones	494
4.12.1. Aislantes	494
4.12.1.1. <i>Introducción</i>	494
4.12.1.2. <i>Minerales comúnmente utilizados como aislantes</i>	494
4.12.2. Filtrantes	496
4.12.2.1. <i>Introducción</i>	496
4.12.2.2. <i>Minerales comúnmente utilizados como elementos filtrantes</i> ...	496
4.12.3. Refractarios	499
4.12.3.1. <i>Introducción</i>	499
4.12.3.2. <i>Minerales utilizados como refractarios</i>	500
4.12.4. Lodos de sondeo	501
4.12.4.1. <i>Introducción</i>	501
4.12.4.2. <i>Minerales más comúnmente utilizados en lodos de sondeos</i>	502
4.12.5. Adhesivos y selladores	502
5. Bibliografía	505