

Índice General	Pág
<u>CAPITULO PRIMERO: ANTECEDENTES</u>	3
1.0.- INTRODUCCION.	3
1.1.- YESO.	4
1.1.1.- EL YESO COMO MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN.	10
1.1.1.1.- Fabricación. Deshidratación industrial del aljez.	12
1.1.1.2.- Síntesis de laboratorio del yeso.	15
1.1.1.3.- Mecanismo de fraguado del yeso, influencia del agua en las características del producto final. Aditivos para el control del fraguado.	16
1.1.2.- FABRICACION DEL YESO.	27
1.1.2.1.- Tipos de yeso que se fabrican en España (RY-85).	30
1.1.2.2.- Otros yesos no especificados en la Pliego RY-85	35
1.1.2.2.1. Yesos especiales de aplicación manual para la construcción (UNE 102-014-1: 1999; UNE 102-014-2: 1999; UNE 102-014-3: 1999).	35
1.1.2.2.2. Yesos de construcción de proyección mecánica (UNE 102-015:1999).	37
1.1.3.- PROPIEDADES DEL MATERIAL DE YESO.	39
1.1.3.1.- Trabajabilidad.	39
1.1.3.2.- Habitabilidad.	44
1.1.3.3.- Durabilidad.	48
1.1.3.4.- Seguridad.	50
1.1.3.5.- Propiedades físicas.	50
1.1.4.- UTILIZACIÓN DEL YESO, COMO MATERIAL PARA LA FABRICACIÓN DE ELEMENTOS PREFABRICADOS.	52
1.2.- ALIGERADO DE MATERIALES. MATERIALES EXISTENTES UTILIZADOS PARA ALIGERAR LOS MORTEROS DE YESO.	53
1.2.0.- MATERIALES ALIGERADOS.	53

1.2.0.1. La estructura de los sólidos celulares.	56
1.2.0.2. Aplicaciones de los materiales aligerados.	58
1.2.1.- PROCEDIMIENTOS PARA ALIGERAR MATERIALES.	59
1.2.1.1.- Inclusores de aire ó aireantes.	61
1.2.1.2. Espumantes.	62
1.2.1.3. Adición de cargas ligeras.	62
1.2.1.4.- Clasificación de las cargas ligeras (áridos).	63
1.2.2.- MATERIALES ALIGERANTES.	63
1.2.2.1.- Perlita.	64
1.2.2.1.1.- Origen y características	64
1.2.2.1.2.- Propiedades.	64
1.2.2.1.3.- Usos y aplicaciones de la perlita.	66
1.2.2.2.- Vermiculita.	67
1.2.2.2.1.- Origen y características.	67
1.2.2.2.2.- Propiedades	68
1.2.2.2.3.- Usos de la vermiculita.	69
1.2.2.3.- Arcilla expandida	70
1.2.2.3.1.- Orígenes y características.	70
1.2.2.3.2.- Propiedades.	71
1.2.2.3.3.- Aplicaciones.	72
1.2.2.4.- Poliestireno expandido.	73
1.2.2.4.1.- Orígenes y características.	73
1.2.2.4.2.- Propiedades.	75
1.2.2.4.3.- Aplicaciones.	80
1.2.2.5.- Poliuretano.	81
1.2.2.5.1.- Orígenes y características.	81
1.2.2.5.2.- Propiedades.	83

1.2.2.5.3.- Aplicaciones.	89
1.2.2.6.- Corcho.	89
1.2.2.6.1- Origen y características.	89
1.2.2.6.2- Propiedades.	92
1.2.2.6.3.- Aplicaciones.	94
1.3.- MATERIALES EXISTENTES UTILIZADOS PARA REFORZAR LOS MORTEROS DE YESO.	97
1.3.1.- FIBRAS DE REFUERZO.	98
1.3.1.1. Fibras de carbono.	98
1.3.1.1.1. Fibras de carbono.	98
1.3.1.1.1.1.- Origen y características.	98
1.3.1.1.1.1.1.- Procesos de obtención de fibras de carbono.	98
1.3.1.1.1.2.- Propiedades.	101
1.3.1.1.1.3.- Aplicaciones.	102
1.3.1.2.- Fibra de vidrio.	103
1.3.1.2.1- Origen y características.	103
1.3.1.2.2.- Tipo y características.	103
1.3.1.2.2.1.- Fibras Tipo E.	103
1.3.1.2.2.1.1.- Propiedades.	105
1.3.1.2.2.1.2.- Usos de la fibra de vidrio Tipo E	105
1.3.1.2.2.2.- Fibras Tipo AR.	105
1.3.1.2.2.2.1.- Propiedades.	105
1.3.1.2.2.2.2.- Usos de la fibra de vidrio Tipo AR.	107
1.3.1.2.2.3.- Fibras Tipo C	107
1.3.1.2.2.3.1.- Propiedades.	106
1.3.1.2.2.3.2.- Usos de la fibra de vidrio Tipo C.	107

1.3.1.2.2.4.- Fibras Tipo D.	107
1.3.1.2.2.4.1.- Propiedades.	107
1.3.1.2.2.4.2.- Usos de la fibra de vidrio Tipo D	108
1.3.1.2.2.5.- Fibras Tipo R	108
1.3.1.2.2.5.1.- Propiedades.	108
1.3.1.2.2.5.2.- Usos de la fibra de vidrio Tipo R.	109
1.3.1.3.- Fibras orgánicas.	109
1.3.1.3.2.- Propiedades.	110
1.3.1.3.3.- Aplicaciones.	111
1.3.1.4.- Fibras de poliéster.	111
1.3.1.4.1.- Origen y características.	111
1.3.1.4.2.- Propiedades.	113
1.3.1.4.3.- Aplicaciones.	114
1.3.1.5.- Fibra de caña.	115
1.3.1.5.1.- Origen y características.	115
1.3.1.5.2.- Propiedades.	116
1.3.1.5.3.- Aplicaciones.	118
1.3.1.6.- Lana de roca.	118
1.3.1.6.1.- Origen y características.	118
1.3.1.7.- Fibra de celulosa.	120
1.3.1.7.1.- Origen y características.	121
1.3.1.7.2.- Propiedades.	122
1.3.1.7.3.- Aplicaciones.	125
<u>CAPITULO SEGUNDO: OBJETIVOS</u>	129
<u>CAPITULO TERCERO: MATERIALES Y METODOS</u>	133
3.1.- MATERIALES.	133

3.1.1.- FASES DEL SULFATO CÁLCICO.	134
3.1.2.- TIPOS DE YESO UTILIZADOS Y LAS RELACIONES AGUA/YESO (A/Y).	135
3.2. YESO ALIGERADO.	135
3.3.- YESO MORENO.	135
3.4.- ADITIVO ADIFOC.	136
3.5.- EL AGUA.	137
3.6.- VERMICULITA.	139
3.7.- MAQUINARIA UTILIZADA.	141
3.7.1.- Máquina universal de ensayos.	142
3.7.2.- Máquina para compresión.	142
3.7.3.- Durómetro escala Shore C	143
3.7.4.- pHmetro.	143
3.7.5.- Otra maquinaria utilizada.	144
- Recipientes para amasado	144
- Espátulas	144
- Desecador de gel de sílice (SiO ₂).	145
- Estufa de secado.	145
- Horno de secado	145
- Tamizadora y cedazos de tamizado	145
- Molde caucho	146
- Cronómetro digital.	146
- Moldes de silicona.	146
- Calibre	147
- Báscula	147
- Sierra de cinta	147
- Regla metálica	147
3.8.- METODOLOGÍA DE TRABAJO.	148

3.8.1.-Proceso de fabricación de probetas de yeso en laboratorio.	148
3.8.1.1.- Elección de la relación A/Y mínima para el amasado que nos permita la trabajabilidad del producto.	150
3.8.1.2.- Yeso aditivado a distintas dosis y sin adiciones de vermiculita de ningún tipo.	151
3.8.1.3.- Yeso con la dosis óptima de aditivo y con adición de Vermiculita Laminada (VL) a diferentes dosis.	152
3.8.1.4.- Yeso con la dosis óptima de aditivo y con adición de Vermiculita de Grano Medio (VG) a diferentes dosis.	153
3.8.1.5.- Yeso con la dosis óptima de aditivo y con adición de Vermiculita de Grano Grueso (VH) a diferentes dosis.	154
3.8.1.6.- Yeso con la dosis óptima de aditivo y con adición de la mezcla óptima de las tres vermiculitas.	155
3.9.- DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO A REALIZAR.	155
a) Para el primer tanteo de aditivo a utilizar.	157
b) Para Yeso Aditivado y Adicionado de Vermiculita Laminada (VL)	157
c) Para Yeso Aditivado y Adicionado de Vermiculita de grano medio (VG).	158
d) Para Yeso Aditivado y Adicionado de vermiculita de grano grueso (VH).	159
e) Para Yeso Blanco y diferente relación A/Y.	161
f) Para Yeso Moreno y mezcla de vermiculitas.	161
3.10.- RESUMEN DEL PROCEDIMIENTO DE FABRICACIÓN.	162
3.11.- ENSAYOS.	163
- Medida de la fluidez de la pasta	163
- Dureza Shore C	165
- Flexo-tracción	166
- Densidad	169
- Compresión	169

- Tracción Indirecta	170
- Tiempo de inicio de fraguado	172
- Ensayo de pH	173
3.12.- SIMPLIFICACIÓN DEL MÉTODO DE BOLOMEY PARA SU ADAPTACIÓN AL USO DE DIFERENTES GRANULOMETRÍAS DE VERMICULITA EN SUSTITUCIÓN DE ÁRIDOS. SEGÚN MANUAL Y NORMAS DEL INSTITUTO EDUARDO TORROJA DE LA CONSTRUCCIÓN Y DEL CEMENTO. MADRID, 1977.	173
3.12.1.- Aplicación.	174
3.12.2.- Características del yeso moreno utilizado.	174
3.12.3.- Contenido en agua de la vermiculita.	175
3.12.4.- Relación A/C (Agua/Yeso "A/Y" en nuestro caso).	176
3.12.5.- Curva de referencia.	176
3.12.6.- Contenido en vermiculita.	177
3.12.7.- Curva granulométrica recomendada.	177
3.12.8.- Proporción de áridos.	177
a) Resolución gráfica, según el método de tanteos y de acuerdo con la gráfica de la figura.	177
b) Resolución mediante Módulos granulométricos.	179
c) Método de tanteo gráfico (Instituto Eduardo Torroja).	180
3.13.- Tratamiento estadístico.	182
- Tamaño del experimento	183
<u>CAPITULO CUARTO: RESULTADOS Y DISCUSION</u>	189
4.0.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN.	189
4.1.- DETERMINACIÓN DE LOS ENSAYOS LLEVADOS A CABO PARA LA PRESENTE TESIS DOCTORAL.	189
4.1.1.- Ensayo de pH. UNE 102032; 1999	189
4.1.2.- Ensayo de Fluidez de la pasta. UNE – EN 13279-2.	190

4.1.3.- Tiempo de Inicio de fraguado (TF). UNE – EN 13279-2	193
4.1.4.- Determinación de las propiedades mecánicas del yeso moreno sin aditivar y con relaciones A/Y de 0,5, 0,6, 0,7, 0,8 y 0,9.	198
4.1.4.1.- Datos obtenidos en el ensayo a Dureza Shore C.	199
4.1.4.2.- Datos obtenidos en el ensayo a Flexión.	204
4.1.4.3.- Datos obtenidos en el ensayo a Compresión.	210
4.1.4.4.- Datos obtenidos en el ensayo a Tracción Indirecta.	215
4.1.4.5.- Datos obtenidos Módulo de Elasticidad.	220
4.1.4.6.- Datos obtenidos a Densidad.	226
4.1.4.7.- Discusión de los resultados obtenidos para las diferentes A/Y de yeso moreno sin aditivar.	231
4.1.5.- Determinación del porcentaje de aditivo (Adifoc) que mejor se comporta adicionado al yeso moreno.	231
4.1.5.1.- Datos obtenidos a Dureza Shore C.	232
4.1.5.2.- Datos obtenidos en el ensayo a Flexión.	238
4.1.5.3.- Datos obtenidos en el ensayo a Compresión.	243
4.1.5.4.- Datos obtenidos en el ensayo a Tracción Indirecta.	249
4.1.5.5.- Datos obtenidos Módulo de Elasticidad.	254
4.1.5.6.- Datos obtenidos a Densidad.	260
4.1.5.7.- Discusión de los resultados obtenidos para las diferentes aditivaciones con yeso moreno.	265
4.2.- MORTERO DE YESO MORENO ADITIVADO A 3‰ CON A/Y DE 0,5 Y ADICIONADO CON VERMICULITA A DIFERENTES PORCENTAJES.	266
4.2.1.- Mortero de yeso moreno aditivado a 3‰ con A/Y de 0,5 y adicionado con vermiculita laminada a diferentes porcentajes.	266
4.2.1.1.- Datos obtenidos a Dureza Shore C.	267
4.2.1.2.- Datos obtenidos en el ensayo a Flexión.	273
4.2.1.3.- Datos obtenidos en el ensayo a Compresión.	279
4.2.1.4.- Datos obtenidos en el ensayo a Tracción Indirecta.	285

4.2.1.5.- Datos obtenidos Módulo de Elasticidad.	291
4.2.1.6.- Datos obtenidos a Densidad.	297
4.2.1.7- Discusión de los resultados obtenidos para las diferentes adiciones de Vermiculita Laminada.	303
4.2.2.- Mortero de yeso moreno aditivado a 3‰ con A/Y de 0,5 y adicionado con vermiculita exfoliada de grano medio (VG) a diferentes porcentajes.	304
4.2.2.1.- Datos obtenidos a Dureza Shore C.	304
4.2.2.2.- Datos obtenidos en el ensayo a Flexión.	310
4.2.2.3.- Datos obtenidos en el ensayo a Compresión.	316
4.2.2.4.- Datos obtenidos en el ensayo a Tracción Indirecta.	321
4.2.2.5.- Datos obtenidos Módulo de Elasticidad.	327
4.2.2.6.- Datos obtenidos a Densidad.	333
4.2.2.7.- Discusión de los resultados obtenidos para las diferentes adiciones de VG.	339
4.2.3.- Mortero de yeso moreno aditivado a 3‰ con A/Y de 0,5 y adicionado con vermiculita exfoliada de grano grueso (VH) a diferentes porcentajes.	340
4.2.3.1.- Datos obtenidos a Dureza Shore C.	340
4.2.3.2.- Datos obtenidos en el ensayo a Flexión.	346
4.2.3.3.- Datos obtenidos en el ensayo a Compresión.	352
4.2.3.4.- Datos obtenidos en el ensayo a Tracción Indirecta.	358
4.2.3.5.- Datos obtenidos Módulo de Elasticidad.	364
4.2.3.6.- Datos obtenidos a Densidad.	370
4.2.3.7.- Discusión de los resultados obtenidos para las diferentes adiciones de VH.	376
4.3.- MORTERO DE YESO MORENO ADITIVADO A 3‰ CON A/Y DE 0,5 Y ADICIONADO CON VERMICULITA DE TRES GRANULOMETRÍAS (VL, VG Y VH), CALCULANDO EL PORCENTAJE DE CADA UNA DE LAS VERMICULITAS POR LA ADECUACIÓN DEL MÉTODO DE BOLOMEY, PARA	

EL CÁLCULO DEL PORCENTAJE DE ÁRIDOS, CON DIFERENTES MODOS DE RESOLUCIÓN.	377
4.3.1.- Obtención de la Curva de granulometría.	377
4.3.1.1.- Resultado de las proporciones de vermiculitas según los diferentes modos de resolución del Método de Bolomey.	377
4.3.1.1.1.- Dosificación por el modo de resolución de los Módulos gravimétricos.	377
4.3.1.1.2.- Dosificación por el modo de resolución de Tanteos.	378
4.3.1.1.3.- Dosificación por el modo de resolución Gráfica.	378
4.3.2.- Resolución por los métodos de Módulos granulométricos, de Tanteos y Resolución gráfica.	379
4.3.2.1.- Datos obtenidos a Dureza Shore C.	379
4.3.2.2.- Datos obtenidos a Flexión.	384
4.3.2.3.- Datos obtenidos a Compresión.	388
4.3.2.4.- Datos obtenidos a Tracción Indirecta.	393
4.3.2.5.- Datos obtenidos a Módulo de Elasticidad.	397
4.3.2.6.- Datos obtenidos a Densidad.	402
4.3.3.7.- Discusión de los resultados obtenidos para las diferentes Dosis.	406
<u>CAPITULO QUINTO: CONCLUSIONES</u>	411
<u>CAPITULO SEXTO: BIBLIOGRAFÍA</u>	417