

# Índice General

<b>1. Introducción general</b>	<b>5</b>
1.1. Objetivos y plan de trabajo . . . . .	6
<b>I. CARACTERIZACIÓN DEL MATERIAL VITREO</b>	<b>11</b>
<b>2. Estructura y propiedades del vidrio</b>	<b>13</b>
2.1. La estructura de los vidrios de silicato . . . . .	15
2.2. Composición del vidrio . . . . .	17
2.2.1. Formadores de red . . . . .	17
2.2.2. Modificadores de red . . . . .	17
2.2.3. Colorantes . . . . .	19
2.3. Procesos de corrosión de vidrio . . . . .	20
2.4. Durabilidad del vidrio . . . . .	23
2.4.1. La temperatura y el tiempo de exposición . . . . .	23
2.4.2. Composición del vidrio . . . . .	24
2.4.3. pH de la solución . . . . .	26
2.4.4. Composición del suelo . . . . .	28
2.4.5. Superficie del vidrio por unidad de volumen de líquido en contacto . . . . .	29
<b>3. Materiales y métodos</b>	<b>31</b>
3.1. Introducción . . . . .	33
3.2. Microscopía óptica (LM) . . . . .	35
3.2.1. Principios generales . . . . .	35
3.2.2. Instrumentación . . . . .	36
3.3. Microscopía electrónica de barrido (SEM/EDX) . . . . .	37
3.3.1. Principios generales . . . . .	37
3.3.2. Instrumentación . . . . .	38
3.4. Espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FT-IR) . . . . .	39
3.4.1. Principios generales . . . . .	39
3.4.2. Instrumentación . . . . .	40
3.5. Espectroscopia Ultravioleta-Visible (UV-Vis) . . . . .	40

3.5.1.	Principios generales . . . . .	40
3.5.2.	Instrumentación . . . . .	41
3.6.	Espectrofotometría-colorimetría . . . . .	41
3.6.1.	Principios generales . . . . .	41
3.6.2.	Instrumentación . . . . .	42
3.7.	Análisis Térmico Diferencial (DMTA) . . . . .	43
3.7.1.	Instrumentación . . . . .	43
3.7.2.	Principios generales . . . . .	44
3.8.	Calorimetría Diferencial de Barrido (DSC) . . . . .	47
3.8.1.	Principios generales e instrumentación . . . . .	47
<b>4.</b>	<b>Investigación de vidrio arqueológico medieval de Manises, Valencia</b>	<b>49</b>
4.1.	Introducción . . . . .	51
4.2.	El yacimiento arqueológico y la colección de vidrio . . . . .	51
4.2.1.	Ubicación y descripción del yacimiento . . . . .	51
4.2.2.	Descripción de la colección de fragmentos de vidrio . . . . .	70
4.2.3.	Objetivos del estudio de esta colección . . . . .	75
4.3.	Preparación de muestras . . . . .	75
4.4.	Estudio de la composición y estructura del vidrio de Manises . . . . .	77
4.4.1.	El núcleo interno . . . . .	79
4.4.1.1.	Composición del núcleo de vidrio inalterado . . . . .	79
4.4.1.2.	Predicción de estabilidad: diagrama triangular . . . . .	80
4.4.1.3.	Aproximación al modelo termodinámico . . . . .	83
4.4.2.	Las capas de corrosión . . . . .	86
4.4.2.1.	Composición . . . . .	86
4.4.2.2.	Morfología de las capas de corrosión . . . . .	94
4.4.3.	La superficie . . . . .	95
4.4.3.1.	Formaciones dendríticas superficiales . . . . .	95
4.4.3.2.	Morfología de alteraciones superficiales . . . . .	96

**II. INVESTIGACIÓN SOBRE MATERIALES Y TRATAMIENTOS DE CONSERVACIÓN DE VIDRIO ARQUEOLÓGICO**

**101**

<b>5.</b>	<b>Limpieza</b>	<b>103</b>
5.1.	Introducción . . . . .	105
5.2.	Antecedentes . . . . .	106
5.3.	Selección de fragmentos originales . . . . .	108
5.4.	Selección de materiales de limpieza . . . . .	110
5.5.	Ensayos de limpieza . . . . .	111
5.5.1.	Limpieza de depósitos superficiales . . . . .	111

5.5.2.	Limpieza de formaciones dendríticas . . . . .	112
5.5.3.	Limpieza sobre vidrio con delaminaciones iridiscentes . . . . .	113
5.6.	Resultados y discusión . . . . .	114
5.6.1.	Limpieza de depósitos superficiales . . . . .	114
5.6.2.	Limpieza de formaciones dendríticas . . . . .	118
5.6.3.	Limpieza sobre vidrio con delaminaciones iridiscentes . . . . .	120
5.7.	Conclusiones . . . . .	122
<b>6.</b>	<b>Adhesión de fragmentos</b>	<b>123</b>
6.1.	Introducción . . . . .	125
6.2.	Elección de adhesivos . . . . .	125
6.2.1.	Aspectos básicos sobre materiales polímeros . . . . .	125
6.2.2.	Propiedades de adhesivos para restauración de vidrio . . . . .	127
6.2.3.	Elección de adhesivos . . . . .	129
6.3.	Vidrios modelo para ensayos de laboratorio y su análisis . . . . .	137
6.3.1.	Vidrios modelo . . . . .	137
6.3.2.	Preparación de muestras precorroidas . . . . .	139
6.3.3.	Método de preparación de muestras corroidas . . . . .	140
6.3.4.	Consideraciones finales . . . . .	147
6.4.	Procedimientos de evaluación de las propiedades de los adhesivos . . . . .	148
6.4.1.	Ensayo de amarilleamiento . . . . .	148
6.4.2.	Ensayo de reversibilidad química . . . . .	152
6.4.3.	Ensayo de reversibilidad mecánica . . . . .	159
6.4.4.	Ensayo de adhesión . . . . .	160
6.5.	Resultados y discusión . . . . .	162
6.5.1.	Ensayo de amarilleamiento . . . . .	162
6.5.2.	Ensayo de reversibilidad química . . . . .	182
6.5.3.	Ensayo de reversibilidad mecánica . . . . .	186
6.5.4.	Ensayo de adhesión . . . . .	187
6.6.	Conclusiones . . . . .	209
<b>7.</b>	<b>Consolidación</b>	<b>211</b>
7.1.	Introducción . . . . .	213
7.2.	Elección de consolidantes . . . . .	214
7.2.1.	Propiedades de consolidantes para restauración de vidrio . . . . .	214
7.2.2.	Consolidantes utilizados . . . . .	215
7.3.	Probetas para ensayos de laboratorio . . . . .	221
7.3.1.	Tipos de muestras . . . . .	221
7.3.1.1.	Vidrios portaobjetos . . . . .	221
7.3.1.2.	Vidrios modelo . . . . .	221
7.3.1.3.	Fragmentos originales . . . . .	224
7.3.2.	Distribución de las probetas a ensayar . . . . .	227

7.3.3.	Aplicación de los consolidantes: formulaciones y procedimientos . . . . .	229
7.4.	Métodos de envejecimiento acelerado . . . . .	232
7.5.	Procedimientos de evaluación de propiedades . . . . .	234
7.5.1.	Examen de adhesión . . . . .	234
7.5.1.1.	Ensayo de cortes cruzados . . . . .	234
7.5.1.2.	Ensayo de pelado . . . . .	237
7.5.2.	Examen de amarilleamiento . . . . .	238
7.6.	Resultados y discusión . . . . .	239
7.6.1.	Probetas tipo láminas portaobjetos . . . . .	239
7.6.1.1.	Ensayo de adhesión . . . . .	239
7.6.1.2.	Ensayo de amarilleamiento . . . . .	242
7.6.2.	Probetas tipo vidrios modelo . . . . .	243
7.6.2.1.	Ensayo de adhesión . . . . .	243
7.6.2.2.	Ensayo de amarilleamiento . . . . .	246
7.6.3.	Fragmentos originales . . . . .	246
7.6.3.1.	Evaluación visual . . . . .	246
7.6.3.2.	Ensayo de adhesión . . . . .	247
7.7.	Conclusiones . . . . .	250
<b>8.</b>	<b>Conclusiones</b> . . . . .	<b>251</b>
	<b>Bibliografía</b> . . . . .	<b>259</b>
<b>A.</b>	<b>Apéndice 1. Documentación fotográfica por Microscopía Óptica</b> . . . . .	<b>271</b>
A.1.	Perteneciente al Capítulo 6. . . . .	272
A.1.1.	Ensayo de reversibilidad química . . . . .	272
A.2.	Perteneciente al Capítulo 7. . . . .	281
A.2.1.	Ensayo de adhesión . . . . .	281
<b>B.</b>	<b>Apéndice 2. Espectros IR</b> . . . . .	<b>293</b>
B.1.	Pertenecientes al Capítulo 6. . . . .	294
B.1.1.	Ensayo de amarilleamiento . . . . .	294
B.1.2.	Ensayo de reversibilidad química . . . . .	312
B.2.	Pertenecientes al Capítulo 7. . . . .	336
B.2.1.	Ensayo de amarilleamiento en probetas tipo vidrios portaobjetos . . . . .	336
<b>C.</b>	<b>Apéndice 3. Espectros UV-Visible</b> . . . . .	<b>347</b>
C.1.	Pertenecientes al Capítulo 6. Ensayo de amarilleamiento . . . . .	348
C.1.1.	Aplicación de los polímeros como adhesivos . . . . .	348
C.1.2.	Aplicación de los polímeros como agentes protectores o cubrientes . . . . .	358
C.2.	Pertenecientes al Capítulo 7. Ensayo de amarilleamiento de consolidantes . . . . .	368