

UNIVERSIDAD DE GRANADA
Departamento de Escultura



TESIS DOCTORAL

**DESARROLLO HISTÓRICO Y FORMAL
DE LA ESCULTURA EN VIDRIO**

M^a ÁNGELES VILLEGAS BRONCANO

2016

Editor: Universidad de Granada. Tesis Doctorales

Autora: María de los Ángeles Villegas Broncano

ISBN: 978-84-9125-973-2

URI: <http://hdl.handle.net/10481/44016>

UNIVERSIDAD DE GRANADA
Departamento de Escultura



DESARROLLO HISTÓRICO Y FORMAL
DE LA ESCULTURA EN VIDRIO

Memoria que presenta
M^a ÁNGELES VILLEGAS BRONCANO
para optar al grado de Doctor
por la Universidad de Granada

Los directores

Prof. Dr. Jorge Alberto Durán Suárez y Prof. Dr. Antonio Sorroche Cruz

La doctoranda

M^a Ángeles Villegas Broncano

UNIVERSIDAD DE GRANADA
Departamento de Escultura



Jorge Alberto Durán Suárez, Profesor Titular de Universidad, y Antonio Sorroche Cruz, Profesor Titular de Universidad, del Dpto. de Escultura en la Universidad de Granada,

HACEN CONSTAR:

Que la presente memoria titulada “**DESARROLLO HISTÓRICO Y FORMAL DE LA ESCULTURA EN VIDRIO**” ha sido realizada bajo nuestra dirección por D^a. M^a Ángeles Villegas Broncano y cumple las suficientes condiciones para que su autora pueda optar al grado de Doctor por la Universidad de Granada.

Granada, junio de 2016

Jorge Alberto Durán Suárez

Antonio Sorroche Cruz

UNIVERSIDAD DE GRANADA
Departamento de Escultura



La doctoranda **M^a Ángeles Villegas Broncano** y los directores de la tesis **Jorge Alberto Durán Suárez** y **Antonio Sorroche Cruz** garantizamos, al firmar esta tesis doctoral, que el trabajo ha sido realizado por la doctoranda bajo la dirección de los directores de la tesis y, hasta donde nuestro conocimiento alcanza, en la realización del trabajo se han respetado los derechos de otros autores a ser citados, cuando se han utilizado sus resultados o publicaciones.

Granada, junio de 2016

Los directores

Prof. Dr. Jorge Alberto Durán Suárez Prof. Dr. Antonio Sorroche Cruz

La doctoranda

M^a Ángeles Villegas Broncano

A José M^a Fernández Navarro

para que el vidrio siga ordenando el largo alcance de esta amistad,
y porque nunca es tarde para hacer otra tesis doctoral
ni temprano para acabarla.

Agradecimientos

Deseo expresar mi profundo agradecimiento a los directores de esta tesis doctoral Dr. D. Jorge Alberto Durán Suárez y Dr. D. Antonio Sorroche Cruz, por su constante apoyo, enseñanzas, interés y entusiasmo en todas y cada una de las tareas que han sido necesarias para la realización de este trabajo, además de su amistad y confianza permanentes.

Al Prof. Dr. José M^a Fernández Navarro, amigo y director de mi primera tesis doctoral, por su intensa dedicación y sabia colaboración en todas las etapas que juntos hemos tenido que recorrer durante estos años de preparación del presente trabajo, por sus consejos, compañía y paciencia.

Al Grupo de Investigación *Cultura Material y Patrimonio CERVITRUM* del Instituto de Historia (CCHS) del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, en cuyo ámbito se ha desarrollado gran parte de este trabajo; así como a sus integrantes Dr. Manuel García Heras, Dr. Javier Peña Poza, Ldo. Fernando Agua Martínez y Ldo. Juan Félix Conde Moreno, por su inagotable adhesión, colaboración, compañía y comprensión.

Al Grupo de Investigación HUM-629 de la Dirección General de Universidades e Investigación de la Junta de Andalucía, en cuyo seno se ha desarrollado buena parte del presente trabajo, por su cálida acogida y apoyo durante las estancias realizadas y los trabajos llevados a cabo en el Departamento de Escultura, Facultad de Bellas Artes Alonso Cano de la Universidad de Granada.

A D. Arturo Laguarda Grasa, responsable del Servicio de Soplado de Vidrio de la Universidad de Zaragoza y presidente de la Asociación de Sopladores de Vidrio Científico y Técnicos Asociados; y a D. Emilio Elvira Muñoz, responsable del Taller de Vidrio de la Universidad Complutense de Madrid (Facultad de Ciencias Químicas) y secretario de la Asociación de Sopladores de Vidrio Científico y Técnicos Asociados, por su inestimable colaboración técnica, su tiempo, esfuerzo y entusiasmo durante la realización de las obras escultóricas de este trabajo.

Asimismo, a la Dra. Asunción Dumont Botella, D. Juan Carlos Calabria Zapata (Museo del Vidrio Santa Lucía, Cartagena), D. David García Avilés y a Dña. M^a Jesús Tobías (Universidad Complutense de Madrid), por su valiosa aportación técnica en las obras escultóricas realizadas.

A los artistas y escultores en vidrio españoles que han contribuido de forma activa en la preparación del capítulo 6 de este trabajo, por su interés y generosa colaboración.

Al proyecto de investigación del Consejo Superior de Investigaciones Científicas PIE-201310E081, por la financiación parcial de este trabajo.

Finalmente, a mis hijos, Juan Carlos y Luis Miguel, y a mis hermanos, M^a Concepción y Juan José, por su comprensión y paciencia, y en reconocimiento del tiempo que les resté durante la realización de este trabajo.

ÍNDICE

1. Introducción	1
1.1. Definiciones y consideraciones generales.....	3
1.2. Evolución del concepto de escultura	4
1.2.1. Aspectos formales.....	5
1.2.2. Materiales.....	5
1.2.3. Procedimientos.....	7
1.2.4. Temas	8
1.3. La escultura en la primera mitad del siglo XX	10
1.4. Bellas Artes y artes decorativas. Artistas y artesanos.....	20
1.5. Otros conceptos de representación artística	21
1.5.1. <i>Arte povera</i>	21
1.5.2. <i>Project art</i>	22
1.5.3. Instalación	23
1.5.4. <i>Happening</i>	24
1.5.5. <i>Performance</i>	25
2. Objetivos	27
2.1. Justificación.....	29
2.2. Hipótesis	29
2.3. Objetivos	30
3. El vidrio como material escultórico	33
3.1. Estructura del vidrio	36
3.2. Composición química.....	38
3.3. Propiedades de los vidrios.....	41

3.3.1. Comportamiento térmico en estado plástico-viscoso: viscosidad.....	41
3.3.2. Comportamiento térmico en estado rígido: dilatación térmica.....	45
3.3.3. Comportamiento mecánico	48
Fragilidad	48
Resistencia a la fractura	49
Mecanismo de propagación de las fracturas.....	50
Reforzamiento de la resistencia mecánica de los vidrios. Temple térmico y temple químico.....	52
Tenacidad	54
3.3.4. Comportamiento óptico	55
Coloración del vidrio	58
Decoloración del vidrio	60
Caracterización y medida del color	61
Fotoluminiscencia	64
Opacificación	64
Mateado	65
3.3.5. Comportamiento químico	65
Ataque en medio ácido	65
Ataque en medio básico	66
Ataque en medio acuoso neutro.....	66
Influencia de distintos factores sobre la atacabilidad química del vidrio	67
Alteraciones superficiales.....	67
3.4. Posibilidades de conformación de los objetos de vidrio y recursos técnicos para la consecución de efectos artísticos especiales	70

3.4.1. Consideraciones previas	70
Fabricación	70
Transformación.....	71
3.4.2. Técnicas de conformación y ornamentación en caliente	72
Estirado y prensado	72
<i>Millefiori</i>	74
Núcleo de arena	74
Recalentamiento de varilla de vidrio	75
Sinterización y fusión en moldes abiertos	76
Colado en molde	77
Colado en molde de arena	77
Soplado	79
Soplado en molde.....	82
Soplado a partir de tubo.....	83
Vidrios doblados	83
<i>Sommerso</i>	85
Vidrios calcedonia	86
<i>Incalmo</i>	86
Vidrio helado o escarchado.....	87
Filigrana	88
<i>Reticello</i>	90
<i>Bullicante</i>	91
Pan de oro (<i>gold sandwich</i>).....	92

Termoformado	92
Soplete o candilón	95
Pasta de vidrio (<i>pâte de verre</i>)	96
Esmaltado	97
Grisalla.....	98
<i>Graal</i>	99
<i>Ariel</i>	99
<i>Favrile</i>	100
<i>Aurene</i>	101
3.4.3. Técnicas de conformación y ornamentación en frío	102
Láminas de vidrio plano.....	102
Tubo y fibra de vidrio	103
Ensamblado de fragmentos de vidrio	104
Tallado	105
Grabado y mateado	109
3.4.4. Recursos ópticos para la consecución de efectos artísticos.....	111
Efectos ópticos de forma	111
Color	112
Coloración variable	114
Vidrios luminiscentes	116
Fibras ópticas	123
Opalescencia	125
Mateado.....	127

3.4.5. Técnicas de conformación y ornamentación del vidrio combinado con otros materiales	128
Vidrio y metal.....	129
Vidrio y piedra natural	133
Vidrio y cemento.....	135
Vidrio y madera	136
Vidrio y elementos vegetales y animales	138
Vidrio y fotografía	140
4. Evolución histórica de la escultura en vidrio y de sus técnicas de ejecución....	143
4.1.Introducción.....	145
4.2. Antecedentes de la escultura en vidrio: Mesopotamia	147
4.3. Los primeros objetos escultóricos de vidrio en el Egipto antiguo	148
4.4. Los amuletos y colgantes fenicios de vidrio	161
4.5. El vidrio en la antigua China, Japón y otros países del Sureste Asiático.....	168
4.5.1. China	168
4.5.2. Japón.....	171
4.5.3. Otros países del Sureste Asiático	173
4.6. La escultura en vidrio en Roma desde la invención de la caña de soplar vidrio	174
4.7. El vidrio en la época medieval (tardorromano, visigodo, islámico).....	179
4.8. El vidrio veneciano	181
4.9. La escultura en vidrio natural de obsidiana	183
4.10. El arte de la talla y del grabado del vidrio en Centroeuropa.....	184
4.11. Resurgimiento del vidrio en Extremo Oriente: China, Japón y La India.....	186

4.11.1. China	186
4.11.2. Japón.....	190
4.11.3. La India.....	192
4.12. El arte y el vidrio artístico de finales del siglo XIX y principios del siglo XX	193
4.12.1. <i>Art Nouveau</i>	195
4.12.2. Figuras destacadas del <i>Art Nouveau</i>	196
Louis Comfort Tiffany.....	197
Émile Gallé	198
Los Hermanos Daum.....	201
Otros artistas	202
4.12.3. Los talleres vieneses <i>Wiener Werkstätte</i>	207
4.12.4. El movimiento <i>Bauhaus</i>	210
4.12.5. <i>Art Déco</i>	211
4.12.6. Figuras destacadas del <i>Art Déco</i>	212
René Jules Lalique	212
Otros artistas	214
4.12.7. La producción artística de modelos biológicos para estudios científicos	216
4.12.8. El vidrio artístico coetáneo en Suecia	219
4.12.9. El vidrio artístico coetáneo en Japón	221
4.12.10. Influencia de otras vanguardias artísticas en la ornamentación del vidrio	222
5. La escultura en vidrio desde la segunda mitad del siglo XX.....	227
5.1. El <i>International Studio Glass Movement</i>	229

5.1.1. Origen y desarrollo	230
5.1.2. Técnicas de ejecución del <i>Studio Glass Movement</i>	235
5.2. La escultura contemporánea en vidrio en EE.UU.....	236
Artistas estadounidenses	238
5.3. La escultura contemporánea en vidrio en la República Checa	252
Artistas checos	256
5.4. La escultura contemporánea en vidrio en Finlandia	269
Artistas finlandeses	275
5.5. La escultura contemporánea en vidrio en Gran Bretaña	280
Artistas británicos	281
5.6. La escultura contemporánea en vidrio en Italia	284
Artistas italianos	284
5.7. La escultura contemporánea en vidrio en Japón.....	292
5.8. La escultura contemporánea en vidrio en otros países	296
6. La escultura en vidrio en España a partir del siglo XX.....	309
6.1. Introducción.....	311
6.2. Escultores y artistas	313
6.2.1. Joaquín Torres Esteban.....	314
6.2.2. Juan Carlos Calabria.....	319
6.2.3. Pedro García	323
6.2.4. Javier Gómez	331
6.2.5. Alba Martín	340
6.2.6. Susana Martín	344

6.2.7. Artistas de vidrio al soplete	348
Estrella Alba.....	348
Javier Pérez Valero	349
María Luisa Sánchez	352
7. Alteración, restauración y conservación de la escultura en vidrio	355
7.1. Procesos de alteración del vidrio por deterioro químico	358
7.1.1. Influencia de la composición química.....	358
7.1.2. Influencia de las condiciones ambientales.....	359
Vidrios expuestos a la intemperie.....	359
Vidrios conservados en espacios interiores	360
Vidrios procedentes de enterramientos.....	362
Vidrios procedentes de medios subacuáticos	364
7.2. Procesos de alteración del vidrio por deterioro mecánico	365
7.3. Procesos de alteración del vidrio por deterioro óptico	366
7.4. Procesos de alteración del vidrio por deterioro biológico	368
7.5. Conservación curativa (restauración) de las obras de vidrio	369
Restauración de las lesiones mecánicas	371
Procesos de reconstrucción	372
7.6. Conservación preventiva de las obras de vidrio y su control periódico	372
7.7. Ejemplo de conservación de esculturas en vidrio en espacios interiores.....	375
7.8. Ejemplos de conservación de esculturas en vidrio en espacios exteriores.....	378
8. Parte experimental	387
8.1. Vidrios de partida	389

8.1.1. Composición química	392
8.1.2. Propiedades térmicas	395
8.1.3. Propiedades ópticas.....	398
8.1.4. Microestructura.....	402
8.2. Ejemplos de realización de obras escultóricas.....	405
8.2.1. Relieve Nactanebo.....	406
8.2.2. Relieve Anubis	412
8.2.3. Figura Babel.....	417
8.2.4. Termofundido Mariposa	426
8.2.5. Termofundido y descolgado Pañuelo.....	431
8.2.6. Relieve Atenea.....	436
8.2.7. Relieve Músicos	438
8.2.8. Talla Skyline.....	440
8.2.9. Compactado en resina Pascua	445
9. Conclusiones.....	451
9.1. Sobre la evolución histórica de la escultura en vidrio.....	453
9.2. Sobre las características técnicas de la escultura en vidrio	455
9.3. Sobre la conservación de la escultura en vidrio	456
10. Bibliografía	459
Anexos	469
Anexo 1. Obras y artistas.....	471
Anexo 2. Índice alfabético onomástico	509
Anexo 3. Galería de obras realizadas.....	531

1. INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN

1.1. DEFINICIONES Y CONSIDERACIONES GENERALES

La escultura se define, según el diccionario de la RAE, como el “arte de modelar, tallar o esculpir en barro, piedra, madera, etc., figuras de bulto”. Otra definición indica que la escultura es el arte de representar objetos observados o imaginados en materiales sólidos y en tres dimensiones, pudiendo ser exenta o arquitectural, en cuyo caso corresponde principalmente al bajo relieve¹. Una tercera definición muy frecuente enuncia que la escultura es el arte de los volúmenes en el espacio; y otra de la Enciclopedia Espasa la define como el arte de modelar, tallar y esculpir en piedra, madera, metal u otra materia conveniente, representando de bulto un objeto de la naturaleza o el asunto y composición que el ingenio concibe. En general, se puede añadir que la escultura es el medio que utiliza el hombre para, sirviéndose de la materia², crear representaciones

¹ Según la RAE el bajorrelieve o bajo relieve se define como “Obra de escultura pegada al cuerpo donde está entallada, pasando su línea”. El altorrelieve o alto relieve se define como “Aquél en que las figuras salen del plano más de la mitad de su bulto”. El medio relieve se define como “Aquél en que las figuras salen del plano la mitad de su grueso”.

² Según esta idea fundamental como punto de partida, la escultura está ligada a la materia y no puede independizarse de ella como propugnan algunas tendencias modernas.

tridimensionales de objetos o figuras. Este medio de expresión, lo mismo que el de la pintura, ha estado presente en todas las culturas desde que la inspiración y la habilidad despertaron el espíritu creativo del hombre. Para su ejecución formal utilizó primero los materiales que la naturaleza ponía a su alcance (piedra, obsidiana, madera, hueso), y más tarde los que con la ayuda del fuego pudo transformar u obtener: arcilla, metales, vidrio.

Tradicionalmente el acto de crear se asimila al acto de formar³, y más específicamente a formar cuerpos sólidos mediante elaboración manual. Así se estableció esta relación en el ámbito cultural cristiano, en el que Dios modeló el cuerpo humano según su propia imagen, que se ha perpetuado a lo largo de la historia de la escultura occidental. De ahí que el principal objeto de la escultura haya sido la representación más o menos idealizada del cuerpo humano de acuerdo con unos cánones prefijados. Esto explica que la escultura se haya identificado con el antropomorfismo y otras representaciones naturalistas que permiten al hombre (el artista) dar forma (dar vida) a unos materiales que bajo sus manos se transforman, aunque sea simbólicamente, en entes vivos (57).

Además, con la escultura se pretende que esos entes traspasen la frontera del tiempo y perduren tanto como sea posible. Para ello es necesaria la utilización de materiales resistentes y durables, o sea lo más nobles posible, que garanticen la no deformabilidad de la obra escultórica. Este concepto de escultura clásica posee la cualidad de constituir un depósito de memoria o conmemoración, y se relaciona con un hecho determinado o con una persona a quien honrar, cuyo cuerpo representan. La escultura en la Grecia antigua alcanzó su máximo apogeo y representaba y materializaba las ideas del clasicismo. Desde entonces la escultura se ha manifestado con esplendor o ha resurgido en momentos cronológicos coincidentes, en general, con los periodos de gusto clásico. Estas características de forma y memoria son propias de la escultura tradicional, más aún que de cualquier otro arte, y así se mantuvieron hasta finales del siglo XIX.

1.2. EVOLUCIÓN DEL CONCEPTO DE ESCULTURA

A pesar de que a finales del siglo XIX la escultura tradicional parecía abocada hacia un final aparentemente inevitable, esta crisis la encaminó rápidamente hacia nuevos planteamientos incluso antes de deshacerse de su

³ De acuerdo con esta aseveración tradicional no podría o no debería dissociarse el acto de "crear" del de "formar", y recaer en personas diferentes la tarea de crear, imaginar o concebir, y la de formar o ejecutar la escultura.

obsoleta herencia. De hecho, en los últimos 50 años la escultura ha alcanzado un grado de actividad que supera la de las otras artes del horizonte contemporáneo. La intención fue hacer una escultura moderna y diferente, abandonando el cuerpo humano como tema principal; la naturaleza como inspiración; el realismo como estilo; el mármol y el bronce como materiales; la talla y el modelado como técnicas; y la masa y el volumen como objetivos. En definitiva se trataba de romper con todo lo que había definido la escultura en los siglos anteriores, la negación de los principios que tradicionalmente la caracterizaban desde el punto de vista clásico. Esas cualidades son:

- Los aspectos formales
- Los materiales
- Los procedimientos
- Los temas

1.2.1. Aspectos formales

En cuanto a los aspectos formales, la escultura se guiaba por reglas y cánones fijos que, incluso filosóficamente, ensalzaban la figura humana por encima de cualquier otro concepto formal. Los escultores del siglo XX abandonaron las reglas y cánones gracias a una serie de nuevos planteamientos sostenidos simultáneamente por los nuevos materiales, los nuevos procedimientos y los nuevos temas.

1.2.2. Materiales

Los materiales de los escultores clásicos se limitaban a los materiales considerados nobles y durables (mármol, bronce, maderas nobles, metales preciosos, etc.) que requerían una manipulación muy especializada, de modo que quien sabía dar forma con ellos era considerado artista escultor. Estos materiales tradicionales eran considerados excelentes no sólo por sus cualidades intrínsecas, sino también por su durabilidad y no deformabilidad, lo que garantizaba su permanencia temporal. Esta característica es despreciada por los escultores modernos que no valoran la trascendencia ni la infinitud de las obras, a favor de lo efímero.

A partir de los años 60 del pasado siglo incluso se revaloriza lo efímero como cualidad singular. Un ejemplo de ello puede ser la obra de Piero Manzoni consistente en un globo que contenía el aire insuflado por el artista (Fiato d'artista, 1960). Nada más perecedero y abocado a la desaparición que el aliento

el artista dispuesto a escapar de su confinamiento en un globo. Otro ejemplo lo constituyen las obras del *land art* realizadas en pleno aire libre y que precisan ser fotografiadas si se desea dejar constancia de su existencia. En esta línea también se sitúan las instalaciones (véase 1.5.3), los *happenings* (véase 1.5.4) y las *performances* (véase 1.5.5). En su sentido más escatológico también se podrían citar aquellas obras consideradas escultóricas por su materialidad y que consisten en una reunión de materiales de desecho y que constituyen el objeto del denominado *arte povera* (véase 1.5.1).



Figura 1.1. Richard Serra. *The matter of time*, 1994-2005. Chapas de acero patinable curvadas. Instalación en el Museo Guggenheim, Bilbao.

Otra tendencia venía de la mano de los materiales industriales que aportan ciertos rasgos estéticos y, por supuesto, no alcanzan el desasosiego y la precariedad de los materiales del *arte povera*. Como ejemplo se pueden citar las esculturas de Richard Serra (fig. 1.1) y las de Anthony Caro (fig. 1.2) a base de perfiles, recortes y chapones de procedencia industrial.

Esta corriente no sólo se aleja del *arte povera* sino que se alinea con el *minimal art*, y utiliza materiales como el aluminio, madera aglomerada, contrachapados, plástico, acero inoxidable, etc. que el especialista trabaja a partir del proyecto ideado y escrito por el artista conceptual. También se utilizan productos totalmente manufacturados y disponibles en los comercios y que, por tanto, no hay que modelar, transformar o alterar en ningún sentido.



Figura 1.2. Anthony Caro. *Equator*, 1993-94 (97 x 225 x 124 cm). Elementos metálicos.

1.2.3. Procedimientos

La utilización de este tipo de materiales está relacionada con el cambio en los procedimientos escultóricos clásicos, que se limitaban a dar forma a los materiales nobles mediante la talla, el modelado, el cincelado, etc. Los nuevos materiales irrumpieron en la escultura una vez abandonadas las tareas de “formar” o de “dar forma”, que eran la principal ocupación del escultor, y que se sustituyeron en el mejor de los casos por el concepto de “construir”, si no en el de “presentar” simplemente objetos manufacturados sin ninguna alteración.

El “construir” la escultura tuvo sus orígenes primeramente en los *collages* de los vanguardistas de principios el siglo XX (Max Ernst, Kurt Schwitters, Raoul Hausmann, Marcel Duchamp), y posteriormente en los *assemblages* de objetos (Jannis Kounellis). Simplificando, los procedimientos más utilizados por la escultura moderna son armar, fabricar y construir. Armar procede de la carpintería, tanto en madera como en metal (Donad Judd). Fabricar requiere el concurso de profesionales de distinta especialidades industriales para realizar obras que se mueven, suenan, iluminan, etc. (Jean Tinguely). Construir es la asimilación del oficio del arquitecto y precisa materiales como ladrillos, viguetas, tejas, hormigones, etc. (Mary Miss, George Trakas, Per Kirkeby).

1.2.4. Temas

El hombre es el tema primordial y constituye la finalidad de la escultura clásica, e incluso ha constituido su único tema, ya que la representación tridimensional de paisajes o construcciones siempre se ha considerado como maquetas absolutamente ajenas al arte escultórico. Cuando el hombre (el cuerpo humano) deja de ser el tema central de las artes, también debe abandonar la escultura. Siguiendo los avances implantados en la pintura, la escultura comenzó por plantearse a principios del siglo XX una disminución del tamaño de sus obras, facilitando así su exposición en cualquier sala, lo mismo que los cuadros. La escultura perdió su carácter monumental y se convirtió en un objeto móvil, independiente de su entorno. Las esculturas de este tipo a principios del siglo XX son expresiones tridimensionales más o menos afortunadas de cuadros cubistas. De hecho no es extraño que los primeros escultores de las nuevas tendencias fueran pintores como Pablo Picasso, Joan Miró, Henri Matisse, Max Ernst, Jean Arp, etc. Esta tenencia de pintores-escultores se mantuvo hasta después de la II Guerra Mundial y dio como resultado un repertorio de esculturas casi planas, como bajorrelieves, planos geométricos con escaso relieve, etc. Pero la cualidad tridimensional de la escultura se reconquistó mediante los *ready mades* de Marcel Duchamp (Porte-bouteille, 1915) y los objetos surrealistas (Joan Miró, *Objet poetique*), que finalmente desembocaron en el *minimal art* y en el *pop art*.

Otro tema no antropomórfico fueron los bodegones cultivados por Claes Oldenburg, o las esculturas no figurativas compuestas como si se tratara de un bodegón de Alain Kirili (*Generaciones*, 1985). En los años 60 se imponen las esculturas que representan máquinas, el concepto más alejado del antropomorfismo, y que hace referencia a la modernidad. En ellas aparecen representados utensilios domésticos, automóviles y máquinas de cualquier tipo.

Un tema sorprendente para la escultura moderna es el paisaje, que plantea la dificultad de ser incontenible en unos límites tangibles y manejables. El tema del paisaje no hubiera sido posible si la escultura no hubiera eludido los límites del contorno. En este sentido una opción es hacer coincidir el tema con la obra, o sea considerar el paisaje como obra escultórica. Este es el caso del *land art* en el que el escultor introduce algo o transforma algo para convertir el paisaje en una escultura (Richard Long, Hamish Fulton, Robert Smithson). La otra opción es representar el paisaje como figura de contornos limitados, por ejemplo, a modo de instalaciones (Thomas Schütte, *Studio II in den Bergen*, 1984).

Otro tema que ha interesado mucho a los escultores modernos es la arquitectura, así como los materiales y los procedimientos constructivos. Este es el caso de Kasimir Malevich (*Architectones*, 1923), John Storrs (*Estudios en formas arquitectónicas*, 1927) y más recientemente Allan Wexler, Mary Miss,

Jabier Elorriaga, etc. Sus obras tienen el aspecto de maquetas, pero se trata de esculturas y, de algún modo, reivindican la actividad de los maquetistas, tradicionalmente relegados como artesanos, a la categoría de artistas. Los temas arquitectónicos más frecuentes son la casa, la torre, la ciudad, el laberinto, etc. Como ejemplo se pueden citar algunas obras de Miquel Navarro (fig. 1.3).



Figura 1.3. Miquel Navarro. Vestigio industrial, 2005. Museo Würth La Rioja, Agoncillo, La Rioja.

Además de las cuatro cualidades descritas, la presencia física es un atributo indispensable de la escultura clásica que la eleva a la consideración de monumento, ya que tradicionalmente se recurre a la obra escultórica para dignificar, prestigiar, conmemorar, etc. determinados lugares o hechos de significación y alcance social. La cultura de la modernidad rechaza este tipo de monumentos escultóricos o simplemente se ha dejado de interesar por ellos.

Esta situación de cambio global y nuevos planteamientos apuntaba a la desaparición de la escultura como manifestación artística tradicional y clásica, o dicho en palabras de Maderuelo (56) a “la pérdida del pedestal”, que refleja la ausencia de voluntad conmemorativa y evidencia el carácter efímero de la nueva escultura que renuncia a las cualidades formales clásicas: la materialidad y el contorno, lo que conlleva a la negación de la masa y del volumen característicos de la escultura clásica.

1.3. LA ESCULTURA EN LA PRIMERA MITAD DEL SIGLO XX

La escultura a mediados del siglo XVIII y tal como la habían definido Winckelmann (91) y Lessing (46), no podía tomar parte activa en los movimientos de vanguardia de principios del siglo XX, ya que se hallaba atrapada en una masa que desafiaba el tiempo y un volumen que delimitaba una figura compacta independiente de la narración, y que era la expresión inmóvil y serena propia del arte clásico. Para entonces la escultura había perdido su prestigio y protagonismo y corría el riesgo de ser considerada como un noble oficio. La estatuaria decimonónica reflejaba el gusto decadente de la burguesía y se situaba al margen de la expresión de nuevas inquietudes que negaban los valores conmemorativos y despreciaban los recursos narrativos de la estética escultórica del romanticismo. No es pues de extrañar que el mismo Charles Baudelaire fuera un crítico agudo de su tiempo y que se preguntara “¿por qué es aburrida la escultura?”, poniendo de manifiesto su anacronismo (8).

A finales del siglo XIX Adolf von Hildebrand y Auguste Rodin sentaron las bases de una escultura moderna alejada de las concepciones clasicistas y naturalistas. En definitiva demostraron que no era posible seguir realizando estatuas tal como se había venido haciendo y que era necesario hacer algo realmente nuevo y diferente. Hildebrand volvió a la talla directa de la piedra sin insistir en los detalles y siguiendo la idea perceptiva de la obra en distintos planos superpuestos; y Rodin buscó una expresividad psicológica que conducía a la gesticulación exagerada de sus figuras. Los escultores de la siguiente generación de vanguardia reaccionaron de algún modo ante la obra de estos dos pioneros y particularmente contra los principios teóricos de Hildebrand en su ensayo “El problema de la forma” de 1893 (40).

La revolución formal de la escultura no sólo fue realizada por los escultores. A ella también contribuyeron en gran medida los pintores, que para entonces ya habían comenzado a avanzar en lenguajes vanguardistas como abanderados de innovaciones ideológicas. Algunos pintores como Edgar Degas, Paul Gauguin, Henri Matisse, Pablo Picasso, Joan Miró, Max Ernst, Jean Arp, Ivan Puni, Kurt Schwitters, Joaquín Torres García y otros fueron los primeros que traspasaron a las tres dimensiones sus experiencias pictóricas y trajeron nuevos aires a la escultura. La revolución de la escultura tuvo que operar en dos direcciones complementarias: nuevos procedimientos y nuevas formas de entender la escultura; y para ello fue necesario utilizar nuevos materiales, nuevas técnicas y nuevos temas, como ya ha sido indicado. Para promover en el espectador un interés hacia la moderna escultura, ésta se derivó más hacia la presentación que a la representación, por eso se explica que, a su vez, la estética se desplazara desde la creación hacia la recepción, y con ellas (la

presentación y la recepción) a que el espectador alcanzara un nexo de unión con la obra más activo y contundente que con la simple contemplación. Un ejemplo en el que se profundizará más adelante (véase 3.4.4) serían las esculturas realizadas en vidrios capaces de emitir o irradiar luz, que unen a sus contornos físicos los límites, si los hay, o los ilimitados destellos y reflejos de una radiación luminosa de características no convencionales.

Si tradicionalmente la escultura se definía como una obra tridimensional sólida que ocupa un espacio, la escultura moderna niega estas características y puede utilizar cuerpos laminares, lineales, transparentes, siluetas vacías, etc. De este modo nace el concepto de espacio en contraposición al clásico volumen, y la escultura se amplía a su entorno y establece con él una relación biunívoca, incluso cuando se trate de un espacio vacío. Por ejemplo, puede observarse la distinta expresión escultórica de la obra “Monumento a Apollinaire” de Picasso en los dos entornos que se muestran en la fig.1.4 a y b.

Si se admite este concepto, debe modificarse la definición de escultura, ampliándola para incluir el espacio “vacío”. A semejanza de la antimateria se podría hablar del antiespacio o de la antiescultura o de la escultura virtual. En el caso del vidrio como material escultórico este concepto se amplía a los vidrios luminiscentes, capaces de emitir o irradiar luz, como ya se ha mencionado, y los vidrios holográficos que permiten la reproducción de imágenes en tres dimensiones.

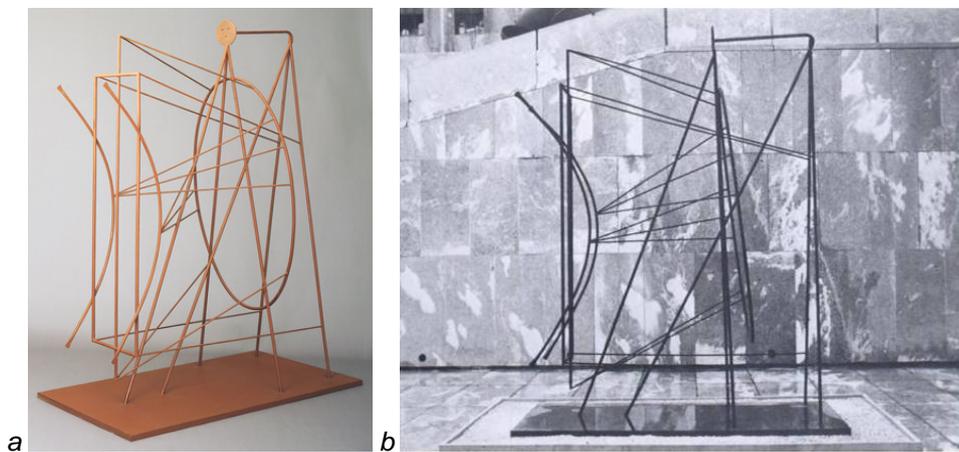


Figura 1.4. Pablo Ruiz Picasso. Monumento a Apollinaire, 1928 (198,1 x 74,8 x 159,8 cm incluida la base). a) Con fondo neutro. b) Con fondo texturado.

En general, la escultura postmodernista utiliza la materia, independientemente de la naturaleza de ésta. El interés por la innovación respecto a los materiales hizo que los escultores cedieran en la importancia que

se daba tradicionalmente a los materiales considerados como nobles y duraderos. De hecho en los años setenta del siglo XX la creación de obras percederas alcanzó su máximo con el denominado *arte povera*. La escultura postvanguardista empleó nuevos materiales puestos a punto por la industria contemporánea y que ofrecían nuevas propiedades y posibilidades para el ámbito formal y expresivo de los escultores. De la industria siderúrgica utilizaron perfiles laminados de acero, chapones calibrados, acero corten, etc., y de otras industrias los cartones, los polímeros, los aluminios y los vidrios, entre otros. La utilización de estos nuevos materiales ha excluido en buena medida las tareas tradicionales y convencionales de la escultura como tallar, esculpir, modelar, labrar, etc., pero no por ello el escultor moderno es menos escultor ya que, según Pareyson (66), el escultor no tradicional inventa nuevos procedimientos de trabajo y no se limita a aplicar técnicas preestablecidas ni reglas fijas, sino que durante su creación define una nueva regla de la obra mientras la ejecuta.

Precisamente fueron los pintores vanguardistas, como ya se ha apuntado, los que contribuyeron de modo directo a establecer nuevas maneras de hacer escultura. Puesto que eran pintores tuvieron que prescindir de técnicas tradicionales que ellos no dominaban completamente, como esculpir o modelar. Una técnica de este tipo fue el *collage* que ya se había utilizado en pintura con éxito a partir de fragmentos de materiales con colores, formas o texturas acabadas correspondientes a su uso anterior. Dichas características inspiraban al artista para la reunión por simple pegado de los fragmentos en una nueva apariencia y expresión. Este fue el caso de las esculturas de Julio González realizadas con barras, pletinas y otras piezas sobrantes de hierro de taller que, con un recorte y soldadura adecuados, conformaban la obra escultórica (fig.1.5). En este caso la soldadura cumple la misma función que el pegamento en los *collages*.

El *collage* en la escultura tomó materiales comunes e incluso vulgares y de desecho que proporcionaron un sustento de realidad a las ideas vanguardistas. Dichos materiales en las manos de los escultores modernos abrieron un mundo de posibilidades extremadamente creativo y expresivo. Cada tipo de material requería una experiencia para su utilización, una práctica de oficio que define lo que es posible y lo que no posible ejecutar con ellos y con qué técnicas particulares y concretas. Por esta razón los escultores tuvieron que abrirse a la manipulación de los materiales, aparte de esculpir o de modelar, y dominar trabajos como la forja (fig.1.6), la soldadura, la hojalatería, la carpintería y una amplia gama de procedimientos industriales. La utilización de materiales de gran tamaño o en formatos industriales obligó, asimismo, a los escultores a trabajar con máquinas y aparatos propios de las industrias, como grúas, plegadoras, cortadoras, soldadura mecanizada, etc.



Figura 1.5. Julio González y su escultura Mujer ante un espejo, 1937. Elementos de hierro.



Figura 1.6. Eduardo Chillida. Peine del viento XV, 1976. Acero corten.

En el caso concreto del vidrio como nuevo material escultórico, los artistas se enfrentaron a la tarea de conocer sus propiedades y posibilidades en la escultura, sus procesos de obtención y de conformación que eran absolutamente diferentes de los de otros materiales, incluso de aquellos que, como la cerámica y los metales, se procesan con la concurrencia de las altas temperaturas. También en el caso del vidrio, la técnica consistía en algo más que quitar materia (esculpir) o añadirla (modelar) y, lo mismo que con los otros materiales que se consideraron nuevos en la escultura desde finales del siglo XIX, con el vidrio se podía construir, para lo cual era necesario previamente idear, proyectar y calcular la obra en función del material base y de los materiales auxiliares o complementarios a utilizar. En definitiva, había que cambiar la mentalidad hacia un sentido creativo e innovador, lo que ya suponía en sí un modo nuevo de concebir la escultura.

Aparejado con los nuevos materiales y técnicas surgió el alejamiento de la representación antropomórfica y la búsqueda de nuevos temas. Este movimiento comenzó a manifestarse tímidamente desde la Ilustración en que se empezó a comprender al hombre como una parte más del universo y, por lo tanto, no como protagonista indispensable de la escultura. Desde entonces las obras de arte evolucionaron hacia representaciones independientes del ser humano para cobrar una expresión propia e independiente, y la escultura, estancada en el antropomorfismo, perdió paulatinamente sus objetivos tradicionales y su pujanza. Los escultores encontraron una ayuda en la pintura, cuyos modelos y procedimientos adoptaron, como la construcción por planos y el uso de líneas características del dibujo, pero alejándose de lo anecdótico y del detalle naturalista para fijar al atención en la idea, el mensaje y la expresión que son propios de la escultura moderna. Asimismo, irrumpen como temas escultóricos los objetos de todo tipo y la representación de ideas, conceptos, sucesos, etc. que forman parte del pensar y vivir cotidiano contemporáneo. Es decir, se adopta la abstracción de la realidad y de lo imaginado como tema escultórico y se sustituye la realidad en sí por las ideas. El lenguaje de la abstracción con un gran sentido poético se independizó de lo antropomórfico y naturalista pero no prescindió totalmente de ciertas referencias a la realidad, y ello explica que lo narrativo y lo pictórico no desaparecieran absolutamente de la escultura, dejando un rastro que cumple su misión como elemento modulador de la expresión y el simbolismo.

La ruptura que se produjo entre la escultura decimonónica (figuras narrativas, gestos expresivos, movimiento y singularidad de personajes) y la escultura del siglo XX (alejamiento de lo narrativo, inefabilidad, discurso formal y material) supuso un paso hacia delante para que la escultura produjera su propia realidad libre de gestos, detalles, descripciones, etc. y se consolidara en sus recursos propios, los recursos de la materialidad. Este es el protagonismo de los materiales que, en particular, también alcanzó al vidrio como nuevo material

escultórico y protagonista de las esculturas que unas décadas antes habrían sido inconcebibles. Por ejemplo, la centralidad que presidía las esculturas clásicas, y mediante la cual la obra se componía según un centro de la figura que actúa como foco de las miradas durante la observación, se pierde en la escultura moderna. Esta niega la centralidad y reivindica la atención del espectador hacia sus límites y al espacio circundante, hasta el punto de constituir la obra escultórica un pretexto para la obra ambiental en la que tanto el espacio libre como el ocupado por la escultura forman parte de la esencia de la obra. En realidad, como ya ha sido apuntado, se trata de la sustitución del volumen por el concepto de espacio como auténtica esencia de la escultura que se adueña de él. A la vez se minimizan los detalles y la descripción, a pesar de que aparezcan ciertas anécdotas figurativas reminiscentes, y se potencia la materialidad y una imagen muy poderosa y sugerente. Así la escultura actual no está cerrada en sus aspectos formales ni en sus contenidos, y presenta una situación de partida ante la cual el espectador tiene que completar los significados sugeridos por la escultura y que pueden interpretarse de diversos modos en función del observador y su experiencia. En otras palabras, la escultura permite y demanda que el espectador la interprete de forma dinámica, incluso en función del tiempo, por lo que se libera de la forma clásica que atrapa una expresión y la deja inmóvil para siempre.

Históricamente la escultura tenía un sentido monumental y una función dignificante del entorno físico abierto. Su consideración era tan elevada que las clases socialmente poderosas codiciaban su disfrute privado y, lo mismo que la pintura que pasó de la muralidad al cuadro, la escultura se redujo de tamaño y se adaptó al espacio doméstico. Hegel estableció las características definitorias de cada una de las cinco bellas artes (37).

Para la escultura afirmó que su realización tenía que estar forzosamente sujeta al lugar en el que se instalaría⁴, de modo que su ejecución no puede ser anterior a la decisión de su ubicación final. Es decir, estableció un nexo de unión entre la escultura y su entorno espacial en el mundo exterior. Esta unión natural y lógica se desvirtuó como consecuencia de las circunstancias históricas y humanas que determinaron en muchas ocasiones el traslado de esculturas desde sus entornos públicos a espacios privados, en casas o en museos y almacenes, y que favorecieron y aceleraron la crisis de la escultura al desligarla de los lugares para los que fueron creadas. Esta crisis se agudizó, además, por el rechazo que la modernidad hizo a la escultura como depositaria de los ideales tradicionales, y por la ausencia de la escultura en los modelos arquitectónicos contemporáneos que la tildaban de ser demasiado ornamental e innecesaria en las nuevas estructuras urbanas que no precisan del protagonismo que fue

⁴ El lugar en el que se instala una escultura puede enriquecer o modificar en cualquier otro sentido su efecto artístico, pero no hay por qué sujetarla forzosamente a su entorno, ya que sería restarle valor por sí misma condicionándola a un espacio circundante.

habitual en el Renacimiento y el Barroco. El resultado fue un gran desinterés por la escultura monumental desde finales del siglo XIX y una pérdida del oficio correspondiente de escultor monumental. La finalidad del monumento es la conmemoración de un hecho o personaje y posiblemente el desprestigio de esos conceptos en una sociedad que ya no precisa héroes ni celebra su historia, determinó que el monumento perdiera su significado y utilidad, amén de su distanciamiento del arte creativo. El monumento desapareció con la modernidad vanguardista, salvo en los países que continuaron exhibiendo sus logros políticos y sociales en una serie estandarizada y carente de expresión artística de estatuas de dignatarios políticos. En realidad ningún escultor de prestigio realizó esculturas monumentales en las primeras décadas del siglo XX, y las que se proyectaron no pasaron del estado de maquetas, por ejemplo, el Monumento a la III Internacional (Tatlin, 1919) y el Monumento a Apollinaire (P. Picasso, 1928, fig. 1.4 a y b). Al final del periodo modernista algunos maestros como Picasso, Miró, Dalí, etc. vieron sus obras en formato ampliado instaladas en exteriores, pero no pueden considerarse monumentos. En cualquier caso las técnicas y recursos de la creación monumental se abandonaron y se olvidaron de modo que la interrelación entre escultura monumental y espacio físico abierto desapareció. El enfoque actual de la obra escultórica urbana o pública tiene que conjugar varios criterios: mantener una relación de escala adecuada con el lugar, conseguir una forma de percepción adecuada de la obra, establecer un diálogo formal y simbólico con su ubicación y transmitir un mensaje que no sea narrativo o descriptivo. También hay que tener en cuenta que la mayoría de los escultores contemporáneos no ha tenido ocasión de enfrentarse con la realización de obras de gran tamaño o más allá de lo que puede contener un taller o una sala de exposición. Este hecho dificulta la labor de los escultores que reciben el encargo de realizar una obra pública para un espacio urbano, y se proyecta no sólo como un problema de dimensiones o constructivo sino al concepto perceptivo, ya que una escultura que resulta adecuada para un determinado tamaño puede ser desproporcionada en su ampliación, o bien no puede ser contemplada en su conjunto de un modo armónico, etc.

El rechazo del antropomorfismo en la escultura no se generalizó hasta finales de los años 50 del pasado siglo. Sin embargo, sustituir la figura humana por otras figuras, tal como se había hecho en pintura, se comprendió como un error por parte de los escultores del *minimal art* porque, a fin de cuentas, se representaban ciertos tipos relacionados con la pintura gestual y no se resolvía la independencia respecto al antropomorfismo. Las esculturas, por ejemplo las de Mark di Suvero, por más que pretendían ser abstractas encubrían rasgos de la figura humana. Los escultores minimalistas encontraron su referencia en la pintura de Jackson Pollock y de Barnett Newman en las que no existe un eje paradigmático y se refieren exclusivamente a ellas mismas. Pero también necesitaban modelos tridimensionales completamente abstractos, independientes de la realidad física y de los acontecimientos vitales. En este

sentido las figuras geométricas más simples podían dar la alternativa de un modelo matemático al que nuestro cerebro no asigna ningún concepto relacionado con lo humano. Esto explica que el *minimal art* tenga un carácter geométrico y más concretamente que se utilice el cuadrado como figura más elemental en perjuicio de las figuras curvas como el círculo, la esfera o el cilindro. Otras figuras geométricas habituales fueron la pirámide y los planos inclinados. El recurso geométrico permitía resultar no-naturalista, no-imaginativo, no-expresionista y, sobre todo, no-antropomórfico. Al mismo tiempo la pretensión de los escultores era que las obras fueran comprendidas rápidamente desde el punto de vista formal, al estar constituidas por elementos muy sencillos. La figura del cubo o del objeto cúbico en grandes dimensiones se entiende con una materialidad real y provoca en el observador un efecto de presencia y de evidencia que se impone y produce una sensación monumental, sugiriendo que la escultura que se observa es sólo una parte del total, dado su inmenso tamaño y su disposición, aparentando atravesar habitaciones, tabiques, ventanas, techos y suelos. En definitiva, que la escultura no sea un espacio limitado y encerrado por unos límites físicos sino que se extienda y divida el espacio de modo que el observador pueda recorrerla y rodearla. Es decir, la escultura es un espacio concreto y se constituye en medida del mismo, y en esto suele consistir el tema de muchas instalaciones y de obras de arte conceptual.

Un rasgo importante y característico de la escultura moderna a partir de los años sesenta del pasado siglo, es la utilización intencionada de nuevos materiales, entre ellos el vidrio, que se había empleado con posibilidades técnicas y frecuencia limitadas, así como otros materiales que anteriormente nunca se habían usado en escultura. Este fue un interés habitual en los artistas del *minimal art* que estudiaron preferentemente la respuesta de dichos materiales a la ley de la gravedad, su resistencia a la presión, su carácter biodegradable, etc. En concreto despreciaron los materiales tradicionales de la escultura, como el mármol, el bronce o la piedra, y trabajaron con otros materiales relacionados con la industria y la tecnología del momento. Asimismo, su arte se basó en buena medida en los procedimientos constructivos de la arquitectura, como ponen de manifiesto las semejanzas de las esculturas minimalistas con determinados elementos arquitectónicos (55).

Otro rasgo definitorio de los artistas del *minimal art* fue su defensa del arte como pensamiento, el arte conceptual, y su gran tendencia a relegar el acto físico de construir sus obras a personas cualificadas o especializadas con el material o los materiales elegidos. Este posicionamiento del artista resulta francamente escandaloso para un porcentaje elevado del público e incluso de artistas no conceptuales, pero no por ello deja de ser una práctica habitual de los escultores actuales que propugnan que ya no tienen que aprender el oficio de manipular los materiales para ejecutar una escultura (84).

El oficio de escultor se convierte así en algo parecido a lo que hace un arquitecto, que desde su despacho encarga a obreros, técnicos e instaladores que ejecuten su obra, reservándose la tarea de meditar y decidir cómo se tienen que disponer los elementos constituyentes de la escultura. Evidentemente las obras así realizadas (y sus componentes materiales) mantienen una distancia más que significativa con el autor que no las ha trabajado personalmente. Esta disociación del escultor en diseñador separado de la ejecución material puede ser admisible, pero es precisamente lo contrario de lo que el *Studio Glass Movement* propugna para la escultura en vidrio: imaginación y fertilidad creativas por un lado, y habilidad y destreza manual, por otro. Cabe aquí la siguiente cuestión: ¿qué se valora más en el caso de la escultura en vidrio? Se discutirá detalladamente más adelante.

A continuación se mencionan algunos ejemplos de esculturas del siglo XX representativas de la “pérdida del pedestal” (56).

La obra de Walter de María “Las Vegas Piece” (1969) está constituida por una línea recta trazada en el desierto de Nevada (EE.UU.) de 1,8 m de ancho y 5000 m de longitud (fig. 1.7).



Figura 1.7. Walter de María. Las Vegas Piece, 1969. Líneas en el desierto de Nevada, EE.UU. (1,8 m ancho, 5000 m longitud).

Otro ejemplo serían las obras de Dan Flavin y de James Turrel realizadas con luces (fig. 1.8).

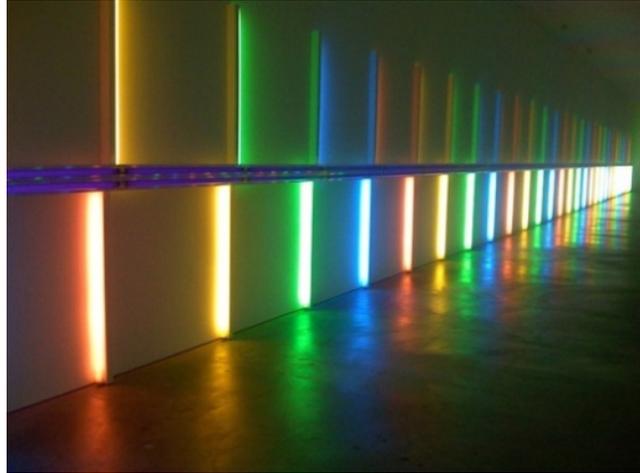


Figura 1.8. Dan Flavin. Instalación con luces fluorescentes de colores, 1996 (c 2 m alto). Colección Menil, Houston TX, EE.UU.

En estos casos la escultura se convierte en algo inmaterial y virtual. Un tercer ejemplo serían las esculturas realizadas con materiales no rígidos que adoptan distintas formas según su colocación, como las de Robert Morris realizadas en fieltro (fig. 1.9) y las de Richard Serra en cuero (fig. 1.10).



Figura 1.9. Robert Morris. Untitled, 2010 (261,6 x 256,5 x 94 cm). Instalación con piezas de fieltro.



Figura 1.10. Richard Serra. Belts, 1966-1967 (182,9 x 762 x 50,8 cm). Instalación con elementos de caucho y fluorescentes. Solomon R. Guggenheim Museum, New York, EE.UU.

En estos ejemplos la definición de escultura como el arte de los volúmenes en el espacio queda cuestionada, ya que desde la óptica de la escultura moderna se reivindica la ausencia de materialidad, o sea el extremo de la negación de la masa y del volumen, se diluyen completamente los límites de la obra escultórica y se anula su silueta concreta. A pesar de las renunciadas formales de la escultura moderna existe una tendencia entre los escultores de dotar de funcionalidad a sus obras. Por ejemplo, escultores como Scott Burton realizan obras con forma de muebles o de otros objetos de uso, como casetas, marquesinas, carritos, etc. En estas obras la funcionalidad representa un valor añadido y supone una vía de recuperación de la escultura en la ciudad contemporánea (56).

1.4. BELLAS ARTES Y ARTES DECORATIVAS. ARTISTAS Y ARTESANOS

Desde la época del Renacimiento se había mantenido una diferenciación categórica entre las Bellas Artes y las artes decorativas o artes aplicadas. Las primeras, entre las que convencionalmente se encuadraban la pintura, la escultura, la arquitectura y la música, estaban destinadas a expresar la belleza y a transmitir el sentimiento de lo bello. En sus obras prevalecía el objetivo de la

exaltación estética sobre cualquier finalidad utilitaria. Ese espíritu creativo las elevaba a un rango más noble y les otorgaba una superior condición valorativa. En un nivel inferior se hallaban encuadradas las denominadas artes decorativas, consideradas como artes menores, cuya finalidad no residía en su objeto creativo en sí mismo, sino que estaban subordinadas como un arte menor destinado a complementar algunas obras arquitectónicas, generalmente en espacios interiores, bien con fines funcionales u ornamentales. Su subestimación como un arte secundario se debía a que tenían su origen en el trabajo artesanal de ciertos materiales como la cerámica, el vidrio o la madera, infravalorados comparativamente con el mármol o el bronce que tradicionalmente se venían empleando desde la antigüedad en la escultura. La objeción que podría oponerse a estos condicionamientos es si la funcionalidad o forma funcional de un objeto o la naturaleza del material con que está fabricado pueden devaluar su valor artístico o el mérito de su creación. Este fue el gran cambio de actitud que se produjo con la revolución estilística que promovieron los nuevos movimientos vanguardistas de finales del siglo XIX y principios del XX. Sus seguidores reivindicaron para sus creaciones artísticas individuales el uso de esos materiales hasta entonces subestimados (cerámica, vidrios, metales) y que, contrariamente, la nueva producción industrial mecanizada estaba empezando a revalorar (véase 4.12.1). Si la irrupción de estas nuevas tendencias artísticas elevó la apreciación y el reconocimiento del vidrio como material para la creación artística, el movimiento *Bauhaus* (véase 4.12.4) vino, por una parte, a proclamar la desaparición de “la arrogante barrera entre artesanos y artistas” y, por otra, a hacer compatible la funcionalidad de los objetos con su valor artístico; incluso, más que a liberarlos de su servidumbre de uso, a recomendar y primar la utilidad de su diseño como un mérito adicional a su valoración artística. Sin embargo, como se verá más adelante, el pleno reconocimiento del uso del vidrio en la escultura y el asentamiento de su propia identidad como material para la libre creación artística no llegó hasta mediados del siglo XX con un nuevo movimiento: *The Studio Glass Movement* (véase 5.1).

1.5. OTROS CONCEPTOS DE REPRESENTACIÓN ARTÍSTICA

1.5.1. *Arte povera*

El *arte povera* niega el uso de materiales convencionales y cualquier connotación de arte para consumo. Para ello recurrió a los objetos y materiales sucios o repugnantes físicamente, y cuando alude a la tecnología lo hace de forma crítica y de algún modo destructiva. Entre otros, los creadores del *arte*

povera desarrollaron el “arte efímero” con el que se pretenden obras sin forma determinada. Dichas obras dan más valor a la propuesta que al carácter material, objetual y formal de la obra; es decir, poseen un fuerte componente de caducidad y se oponen a la noción de permanencia normalmente asociada a la escultura.

1.5.2. *Project art*

Como consecuencia de los conceptos del *minimal art* y del *land art*, entre otros, se abandonó el trabajo directo con los materiales y surgió un nuevo tipo de arte que, un tanto equívocamente, se denominó *project art* (arte de proyecto). El *project art* comenzó siendo una modalidad amplia de arte conceptual que se podría aplicar al *land art* y al *environmental art*, pero no hace referencia a ningún estilo ni constituye una categoría dentro del arte contemporáneo. Lo que pretende es presentar y legitimar los documentos, escritos, bocetos, fotografías y muestras de materiales de las propuestas de los artistas como una obra de arte en sí. Es decir, su objetivo es reivindicar el trabajo artístico como trabajo intelectual y que se reconozca que el trabajo del artista es *per se* obra de arte. Sin embargo, no queda claro si un proyecto es en sí mismo una obra de arte completa, ya que el grado de concreción y realización, las posibilidades de ejecución práctica y la variabilidad de técnicas requeridas para ello pueden ser tan amplias y complejas que no establezcan una frontera definida entre proyecto completo o incompleto y, por lo tanto, entre obra de arte y lo que aún no lo es (55).

En algunos casos el proyecto es ejecutado de algún modo por el artista, pero en otros el proyecto pasa a otras manos y, si se ejecuta, lo más probable es que sea realizado por otras personas. Los artistas pueden, aunque no siempre lo hacen, realizar proyectos de instalaciones y participar en su ejecución. En este caso el artista se identifica con los procesos y los resultados. Los proyectos pueden ser descontextualizados si se pueden ejecutar en cualquier momento por cualquier equipo, o bien estar estrechamente ligados a un entorno, en cuyo caso están sujetos a las directrices señaladas directamente por el artista y sólo pueden ejecutarse bajo esas condiciones, sean éstas de tiempo, espacio, lugar, materiales, etc. Este trabajo artístico es muy semejante al trabajo del arquitecto que diseña, calcula y planea en el estudio, pero no manipula directamente el espacio ni los materiales.

En opinión de Gloria Picazo (69) el conceptualismo ha desprestigiado el *project art* debido a su escasa cualidad objetual y a su dudoso valor de cambio en el mercado del arte. Es patente el deseo de considerar el objeto artístico como tal por encima de los posibles proyectos que conducirían a él. El objeto

artístico de un determinado proyecto es lo que en la crítica del arte se denomina “instalación”.

1.5.3. Instalación

Una instalación artística es un género de arte contemporáneo que comenzó a tomar un fuerte impulso a partir de la década de 1960. Las instalaciones incorporan cualquier medio para crear una experiencia visceral o conceptual en un ambiente determinado. Los artistas de instalaciones por lo general utilizan directamente el espacio de exposición, a menudo la obra es transitable por el espectador y éste puede interactuar con ella. Las intervenciones en espacios naturales que incorporan el paisaje como parte integrante de la obra suelen enmarcarse en el denominado *land art* o arte de la tierra. Algunas instalaciones son sitios específicos de arte y sólo pueden existir en el espacio para el cual son creadas.

Según Maderuelo (55) la misión de una instalación es alterar el espacio antológicamente y transformarlo en su contenido perceptual, destacando particularidades insospechadas de él. La instalación puede incluir cualquier medio, desde materiales naturales hasta los más nuevos medios de comunicación, tales como video, sonido, computadoras e internet, o incluso energía pura como el plasma. En general las obras de arte llamadas “instalación” requieren un “proyecto de instalación”, y muchas obras del *project art* no son más que bocetos e instrucciones para realizar instalaciones.

Dan Flavin comenzó a usar la palabra instalación para designar sus obras realizadas con juegos de luz. Dividía y usaba el espacio de una habitación por medio de luz eléctrica colocada estratégicamente y de forma muy sencilla, de modo que su material no es sólo la luz sino el espacio iluminado por ella, que lo hace visible o distorsionado según los matices de colores y las sombras.

Se han señalado como los orígenes de este movimiento a artistas como Marcel Duchamp y su uso de objetos cotidianos resignificados como obra artística (se eligen materiales industriales u objetos convencionales y se instalan de forma no convencional en un espacio determinado), y también a artistas tan diferentes como Helio Oiticica, Bruce Nauman, Joseph Beuys, Daniel Buren, Wolf Vostell, Nam June Paik, Marcel Broodthaers o Antoni Muntadas, que han trabajado en instalaciones de algún modo. El antecedente directo de la instalación es el *environmental art* que se desarrolla dentro de la estética del *pop art*. Un ejemplo de instalaciones con elementos de vidrio son las de Larry Bell, realizadas con grandes cubos y hojas de vidrio que captan la mirada del observador y reflejan su imagen deformada (fig.1.11 a y b).

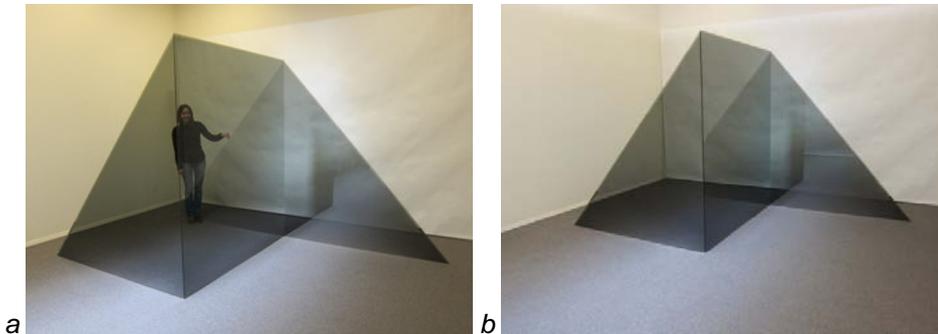


Figura 1.11. Larry Bell. Instalación con hojas de vidrio "Gus' Berg", 1975. a) Con una persona como referencia del tamaño. b) Obra original. Harwood Museum of Art. Taos, NM, EE.UU.

1.5.4. *Happening*

La palabra inglesa *happening* significa acontecimiento, ocurrencia, suceso, y con ella se hace referencia a una manifestación artística, frecuentemente multidisciplinaria, surgida en la década de 1950 y caracterizada por la participación de los espectadores. Los *happenings* integran el conjunto del llamado *performance art* y mantienen afinidades con el llamado teatro de participación. El *happening* artístico original tiene como objetivo producir una obra de arte que no se focaliza en los objetos sino en el acto de organizarlos y la participación de los observadores, que se convierten así en sujetos activos. Estos observadores con su actividad realizan una expresión emotiva y la representación colectiva. Comúnmente se confunde el *happening* con la llamada *performance*; el primero difiere de la segunda por la improvisación que le es inherente. Desde el punto de vista artístico el *happening* puede ser de muy diversa índole. En general, suele no ser permanente, ya que busca una participación espontánea del público. Por este motivo los *happenings* se suelen producir en lugares públicos, como un gesto de sorpresa o irrupción en la cotidianidad.

Se puede encontrar el antecedente más remoto del *happening* en el surrealismo y, sobre todo, el dadaísmo de los años 20. Surge en Estados Unidos durante la década de 1950 y tuvo su apogeo en la década de 1960 con estéticas relacionadas con el *pop-art* y el movimiento *hippie*. Se considera como primer *happening* propiamente dicho la obra *Theater piece N°1* realizada en 1952 por John Cage en el Black Mountain College. En España, las primeras obras de *happening* fueron escritas en catalán por el poeta Joan Brossa que en 1946, mucho antes de que se acuñara el término, las denominó "acciones espectáculo".

1.5.5. Performance

Una *performance* o acción artística es una muestra escénica, muchas veces con un importante factor de improvisación, en la que la provocación o el asombro, así como el sentido de la estética, juegan un papel principal. El término *performance* se ha difundido en las artes plásticas a partir de la expresión inglesa *performance art* con el significado de arte en vivo. Está ligado al *happening* y, en general, al arte conceptual. La *performance* no se considera actualmente como una disciplina de Arte, pero existen los que quieren ver más allá y sigue vigente junto con la tecnología y las nuevas ideas. Las manifestaciones artísticas tipo *performance* también reciben el nombre de *live art*, *action art*, intervenciones y *manoeuvres*.

El arte de la *performance* es aquel en el que el trabajo lo constituyen las acciones de un individuo o un grupo, en un lugar determinado y durante un tiempo concreto. La *performance* puede ocurrir en cualquier lugar, iniciarse en cualquier momento y puede tener cualquier duración; una acción artística es cualquier situación que involucre cuatro elementos básicos: tiempo, espacio, el cuerpo del artista y una relación entre éste y el público. La *performance* se opone a la pintura o la escultura, ya que no es el objeto sino el sujeto el elemento constitutivo de la obra artística.

La historia del *performance art* empieza a principios del siglo XX, y nace oficialmente en 1926 a la par del movimiento dadaísta bajo el nombre “arte conceptual”, con las acciones en vivo de artistas de movimientos vanguardistas. Creadores ligados al futurismo, al constructivismo, al dadaísmo y al surrealismo, realizaban por ejemplo las exhibiciones no convencionales en el Cabaret Voltaire de Zurich. Los primeros *happenings* se produjeron en los años 60 y alcanzaron su mayor auge en los 90.

Muchas de las manifestaciones artísticas mencionadas en los apartados anteriores pueden ser valoradas, respetadas o discutidas, pero desbordan los límites materiales que encierran o encuadran una obra escultórica tradicional. De ahí que surjan las preguntas: ¿dónde están los límites de la escultura?, ¿tiene límites la escultura o debería tenerlos? La reflexión sobre las fronteras o los límites de la escultura es una discusión a la que esta tesis pretende contribuir.

2. OBJETIVOS

2. OBJETIVOS

2.1. JUSTIFICACIÓN

La finalidad de esta tesis ha sido la realización de un estudio completo y sistemático sobre el desarrollo de la escultura en vidrio en función de un profundo conocimiento básico del material y de las técnicas existentes disponibles en cada momento histórico, a las que añaden los avanzados recursos científicos actuales, para ofrecer a los artistas y estudiosos una perspectiva amplia y especializada junto con una información útil.

2.2. HIPÓTESIS

Este trabajo pretende demostrar que la escultura en vidrio está íntimamente relacionada con la trayectoria histórica de este material, y que dependió y actualmente depende de los desarrollos técnicos del vidrio y de los procesos de conformado industriales y artesanales. La escultura contemporánea hereda todos los conocimientos históricos sobre el vidrio y se enriquece con los recursos que ofrecen los avances tecnológicos de la producción y decoración del vidrio. La conservación integral de las obras escultóricas en vidrio como bienes

culturales del Patrimonio artístico, depende de tres factores fundamentales: la naturaleza y las propiedades del tipo de vidrio empleado, las técnicas de ejecución y decoración utilizadas, y las características del entorno donde las obras se exhiban, almacenen o conserven.

2.3. OBJETIVOS

Objetivos generales:

- Recorrer la trayectoria histórica de la escultura en vidrio.
- Analizar el desarrollo de las técnicas de trabajo del vidrio en la escultura.
- Estudiar la influencia de tales técnicas en la evolución formal y estilística de la escultura en vidrio hasta la actualidad.
- Caracterizar las patologías de degradación de la obra escultórica en vidrio e investigar la influencia de las condiciones ambientales en la conservación integral.
- Diseñar y realizar algunas obras en vidrio poniendo de manifiesto las propiedades y posibilidades del vidrio como material escultórico.

Objetivos específicos:

- Antecedentes de la escultura en vidrio: Mesopotamia y Egipto (cuentas, amuletos y pequeñas esculturas, núcleo de arena, *millefiori*, hilos de vidrio, moldeado, tallado).
- Siria y Roma: invención de la caña y revolución del vidrio soplado (decoloración, talla diatreta y camafeo, *sandwich* de oro).
- Vidrio oriental como antecesor del vidrio al plomo: China y Japón.
- Vidrio bizantino: la contribución a la decoración con esmaltes.
- Periodos visigodo, islámico y medieval: decadencia de la escultura en vidrio.
- Resurgimiento del vidrio en Venecia (*crystallo*, *millefiori*, *latticinio*, espejos).

- Avances del conocimiento de las técnicas de coloración del vidrio.
- Nacimiento del vidrio al plomo y depuración de las técnicas de tallado y grabado. Vidrio inglés y de Bohemia. Aportaciones directas a la escultura en vidrio contemporáneo.
- El siglo XIX: la explosión creativa del vidrio artístico, el diseño y la escultura contemporánea. Las escuelas de Bellas Artes especializadas en vidrio y los centros de producción más innovadores en diseños.
- El advenimiento del vidrio como protagonista independiente y desvinculado de cualquier aplicación industrial: *Art Nouveau* y *Art Déco*. Predominio del diseño sobre la funcionalidad.
- Las tendencias estilísticas de la escultura en vidrio de los siglos XX y XXI. Artistas y técnicas.
- Aportación española a la escultura contemporánea en vidrio. Artistas españoles.
- Consideraciones sobre los tipos de patologías de la escultura en vidrio. Criterios de restauración, conservación y protección.
- Diseño y ejecución de obras escultóricas en vidrio con técnicas en caliente y en frío: relieves, figuras, termofundidos, etc.

3. EL VIDRIO COMO MATERIAL ESCULTÓRICO

3. EL VIDRIO COMO MATERIAL ESCULTÓRICO

“El vidrio es la materia más cruel para un escultor, ya que exige una ejecución inmediata, lúcida y segura. La cera y el barro pueden remodelarse y corregirse, la piedra y el mármol pueden ser estudiados durante mucho tiempo antes de dar el primer golpe de cincel, el vidrio no deja espacio ni siquiera para el mínimo error o para un replanteamiento: hay que afrontarlo con el conocimiento de que es posible ser derrotado. Para que esta derrota no se convierta en un fracaso son necesarios un gran equilibrio interior, la aceptación serena del riesgo y el conocimiento de tener la capacidad de comenzar desde cero.” (88).

La escultura en vidrio requiere, en primer lugar, un profundo conocimiento de este complejo material, que se diferencia del resto de los materiales convencionales no solo por su naturaleza y sus singulares características, sino también por la diversidad de sus técnicas de manipulación y conformado, y por las múltiples posibilidades creativas que gracias a ellas puede ofrecer. Este conocimiento, fundamental para el artista, es también esencial para la mejor apreciación y más justa valoración crítica de la obra realizada, así como para el tratamiento y conservación de esta.

Las propiedades de los vidrios, como las de cualesquiera otros materiales, dependen básicamente de su configuración estructural, de su composición química y del tratamiento físico a que hayan estado sometidos durante su elaboración.

3.1. ESTRUCTURA DEL VIDRIO

En lo que se refiere a su estructura ésta se caracteriza porque los átomos que la integran no se hallan dispuestos guardando la ordenación geométrica regular y periódica propia de las sustancias cristalinas. En esta característica diferencial se basa la definición general de los vidrios como “sólidos no cristalinos”. De acuerdo con ella puede decirse, al contrario de lo que vulgarmente se cree, que conceptualmente los términos “cristal” y “vidrio” son antónimos. En realidad, corresponden a dos estados de ordenación estructural diferente, el “estado cristalino” y el “estado vítreo”, que indistintamente puede adoptar una misma sustancia química sin variación de su composición. Esta diferencia de ordenación, que pudiera parecer meramente formal y de escaso interés práctico, es, sin embargo, de la mayor importancia porque precisamente a ella se debe que los vidrios presenten un amplio intervalo térmico de reblandecimiento, dentro del cual se mantienen en un estado plástico-viscoso que, dependiendo del grado de viscosidad, hacen posible su conformación por diferentes procedimientos (véase 3.3.1).

Este comportamiento se debe a la irregular distribución de la energía reticular que presenta la estructura desordenada de los vidrios y puede explicarse tomando como ejemplo el dióxido de silicio SiO_2 , que es el componente mayoritario de todos los vidrios de silicato, y comparando la configuración estructural que adopta respectivamente en estado cristalino y en estado vítreo. En ambos casos cada átomo de silicio está unido a cuatro átomos de oxígeno que se sitúan a su alrededor formando un tetraedro $[\text{SiO}_4]$ (fig. 3.1). Estos tetraedros, a su vez, se unen entre sí compartiendo sus cuatro vértices de oxígeno y formando una red continua que se extiende tridimensionalmente.

En una red cristalina regular (fig. 3.2 a) todos los enlaces silicio-oxígeno guardan una uniformidad y tienen la misma energía. Por eso, cuando se calienta el material, la energía de vibración de todos los enlaces va aumentando por igual hasta llegar a la temperatura de fusión, a la cual todos se rompen al mismo tiempo y el cristal funde súbitamente pasando directamente del estado sólido al estado líquido. La sílice vítrea (fig. 3.2 b) está constituida por las mismas unidades estructurales tetraédricas enlazadas irregularmente entre sí, formando también una red continua, pero distorsionada y carente de simetría.

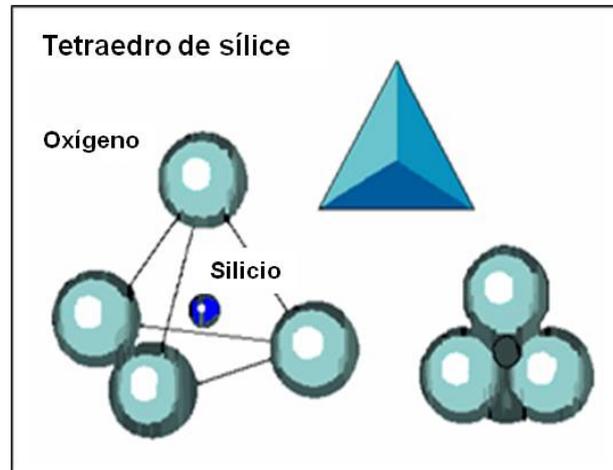


Figura 3.1. Tetraedro $[SiO_4]$ que constituye la unidad estructural fundamental de todos los vidrios de silicato.

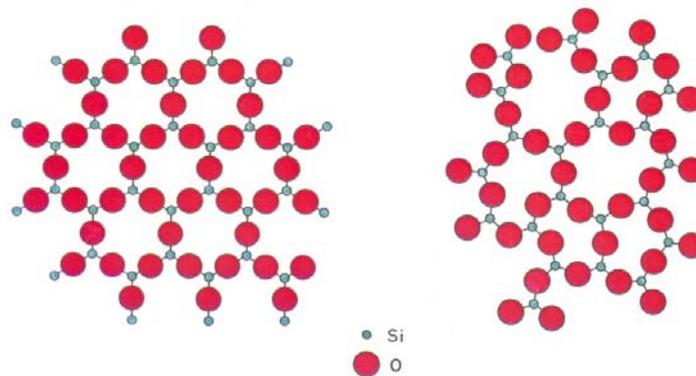


Figura 3.2. Representación plana de la estructura del SiO_2 . Izquierda en estado cristalino (cuarzo). Derecha en estado vítreo (vidrio de sílice).

Como consecuencia de su deformación estructural no todos los enlaces tienen la misma energía, ya que unos están más tensionados que otros. Por eso, cuando la sílice vítrea se somete a un calentamiento gradual, no todos los enlaces rompen a la misma temperatura, sino que lo hacen antes los más débiles y sucesivamente los de mayor energía. Esto explica que los vidrios carezcan de un punto de fusión definido, como tienen los sólidos cristalinos puros, y presenten, en cambio, un intervalo térmico de reblandecimiento más o

menos amplio de acuerdo con su curva de viscosidad-temperatura (véase 3.3.1).

3.2. COMPOSICIÓN QUÍMICA

Junto a su naturaleza estructural, la otra variable que regula las propiedades de los vidrios y, con ello, sus posibilidades de conformación, uso y conservación es su composición química. Existe una numerosa serie de familias de vidrios, cuyo nombre genérico viene impuesto por el del componente mayoritario que forma la red vítrea (vidrios de silicatos, de boratos, de fosfatos, etc.). La familia más común y más conocida por su mayor número de aplicaciones, desde los orígenes de este material hasta la actualidad, es la de los vidrios de silicatos y solo a ésta nos referiremos a lo largo de todo este trabajo.

El vidrio más sencillo, composicional y estructuralmente, de esta familia es el vidrio de sílice, constituido solamente por dióxido de silicio, representado en la fig. 3.2 y llamado vulgarmente vidrio de cuarzo, por tener la misma composición química que éste. Sin embargo, esta denominación es impropia por lo que tiene de contradictoria, ya que el cuarzo o cristal de roca, como su nombre indica es de naturaleza cristalina. El vidrio de sílice no se puede preparar en hornos convencionales, ya que tiene un punto de fusión de 1723°C , temperatura muy superior a la de trabajo de los hornos de producción industrial. Para su fabricación hay que recurrir a hornos especiales de inducción por alta frecuencia o bien a su síntesis química por descomposición pirolítica del tetracloruro de silicio en atmósfera de oxígeno. En cualquier caso, el vidrio de sílice, que tiene importantes aplicaciones científicas en el mundo de la Óptica, carece, salvo excepciones, de todo interés en el campo de la escultura. Un caso curioso es el del *Escriba sentado* (fig. 3.3) cuyos ojos, según se ha podido comprobar (22), fueron realizados en cuarzo blanco, cristal de roca y ébano. No así el cuarzo que en el pasado fue muy empleado para la creación por tallado de figuras y piezas suntuarias de gran valor artístico. Pero, debido a su naturaleza cristalina, el uso de este material en la escultura queda fuera de los límites de este trabajo.

En el caso de los vidrios de silicato, su estructura, formada mayoritariamente por la red de átomos de silicio-oxígeno (de ahí que el óxido de silicio SiO_2 reciba el nombre de “formador de red”), puede modificarse mediante la incorporación de otros componentes que también van a modificar las propiedades del vidrio, por lo que genéricamente se denominan “modificadores de red”.

Los modificadores principales son los óxidos alcalinos R_2O ($R = Li, Na, K$). De ellos el más común y el que interviene en mayor proporción es el óxido de sodio (Na_2O). El óxido de potasio (K_2O) sólo se emplea en muy escasa proporción, aunque durante gran parte de la Edad Media se utilizó en porcentajes muy elevados por los vidrieros centroeuropeos en lugar del óxido de sodio, debido a la escasa disponibilidad de éste en aquellas regiones. Las consecuencias de su empleo fueron muy negativas, porque los vidrios potásicos presentan menor durabilidad química que los sódicos y son fácilmente alterables.



Figura 3.3. a) *Escriba sentado*. b) *Detalle*, c 2480-2350 a.C. Museo del Louvre, París, Francia.

La incorporación de los óxidos alcalinos a la estructura del vidrio determina que, por cada molécula de óxido alcalino R_2O que se aporte, se rompa un enlace Si-O para poder acoplar en la red al nuevo oxígeno. Al mismo tiempo se produce la entrada de los dos átomos del elemento alcalino, los cuales se sitúan en los huecos de la red en las proximidades del oxígeno incorporado (fig. 3.4) (24).

La incorporación creciente de óxidos modificadores da lugar a un progresivo aumento de puntos de rotura de la red y, por lo tanto, a una disminución de su cohesión y a un debilitamiento estructural, que tiene como consecuencia un descenso de la temperatura de reblandecimiento del vidrio y una modificación de sus propiedades. Por eso la incorporación de óxidos modificadores puede ser un arma de dos filos que, si bien tiene la ventaja de poder fundir y trabajar el vidrio a menor temperatura, implica el riesgo de empeorar algunas propiedades (véase 3.3.5), reducir su estabilidad y aumentar su tendencia a cristalizar (desvitrificar).

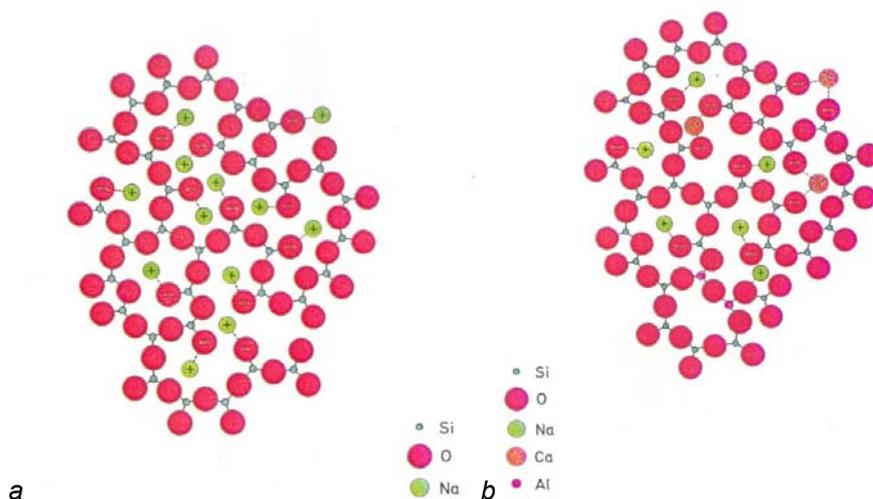


Figura 3.4. Estructura de un vidrio. a) Binario compuesto por SiO_2 y Na_2O . b) Cuaternario compuesto por SiO_2 , Na_2O , CaO y Al_2O_3 .

Para prevenir ese posible deterioro se recurre a la adición de otros componentes al vidrio, principalmente del grupo de los elementos alcalinotérreos. El más comúnmente empleado, y en mayor proporción es el óxido de calcio CaO , aunque también se suelen emplear pequeñas cantidades de óxido de magnesio (MgO) y, a veces de óxido de bario (BaO). La incorporación de iones alcalinotérreos a la red del vidrio transcurre de manera semejante a la de los iones alcalinos. Sin embargo, debido a su doble carga positiva, cada ion Ca^{2+} se une a dos iones oxígeno no puente, quedando así compensada la rotura de los enlaces siloxano $\equiv\text{Si-O-Si}\equiv$ a que su entrada da lugar (fig. 3.4 derecha).

En los vidrios de silicato convencionales más comunes, además de los tres componentes mayoritarios citados SiO_2 , Na_2O y CaO , que constituyen la base del grupo de los vidrios de silicato sódico cálcico (o *soda lime silicate glasses* en la denominación anglosajona), intervienen pequeñas cantidades de óxido de magnesio, óxido de potasio y óxido de aluminio, cuya función es, por una parte, estabilizar el vidrio y, por otra, inhibir su desvitrificación.

El segundo grupo en orden de importancia, dentro de la familia de los vidrios de silicato, es el de los denominados “vidrios al plomo” o “vidrios cristal”, constituidos por porcentajes variables, muy elevados, de óxido de plomo (PbO), acompañado principalmente de cantidades relativamente importantes de otros óxidos, como el de bario y el de potasio. Este tipo de vidrios, debido a su elevado brillo resultan especialmente atractivos y desempeñan un papel

importante en la fabricación de objetos suntuarios, piezas ornamentales y esculturas.

Junto a estos constituyentes básicos, propios de cada tipo de vidrios, hay que mencionar una serie de componentes secundarios que, aunque por la baja concentración en que intervienen, no afectan de modo importante a su estructura, desempeñan una función muy específica, bien durante el proceso de elaboración del vidrio (afinantes, fluidificantes), o influyen de modo esencial en el aspecto final del producto o en algunas de sus aplicaciones (colorantes, decolorantes, opacificantes, luminiscentes). La enorme diversidad de componentes químicos que pueden incorporar los vidrios sin perder su naturaleza no cristalina, les proporciona una gran versatilidad y adaptabilidad que hace posible diseñar su composición entre límites muy amplios para ajustarla a la medida de exigencias técnicas determinadas o para obtener efectos artísticos especiales que no es posible conseguir con otros materiales.

3.3. PROPIEDADES DE LOS VIDRIOS

El proceso de preparación de los vidrios por reacción de sus componentes a alta temperatura, la subsiguiente conformación en caliente de los objetos deseados, aprovechando sus posibilidades de deformación viscoplástica, y el cuidadoso control que exige su enfriamiento para liberarlas de tensiones y preservarlas de roturas, requiere un profundo conocimiento de su comportamiento térmico dentro de todo su intervalo de trabajo.

3.3.1. Comportamiento térmico en estado plástico-viscoso: viscosidad

Conceptualmente la viscosidad, representada por la letra griega η , indica la resistencia al deslizamiento que se produce entre las moléculas o los agregados estructurales de un fluido cuando éste se pone en movimiento. La viscosidad se mide en pascales por segundo (Pa·s). La fuerza que hay que ejercer para que una capa horizontal del mismo se deslice sobre otra capa contigua viene expresada por la ecuación:

$$F = \eta A \frac{dv}{dx}$$

donde A representa el área de la superficie de contacto; dv/dx el gradiente perpendicular de la velocidad de flujo a lo largo de la distancia x, y η una constante de proporcionalidad característica de cada fluido que se conoce como

coeficiente de viscosidad. Su valor se expresa actualmente en Pa s. Esta unidad sustituye al P (poise) que ha sido la unidad largamente empleada en el sistema Cegesimal (cgs). La equivalencia entre ambas es $1 P = 1 \text{dPa} \cdot \text{s}$.

El comportamiento plástico-viscoso que manifiestan los vidrios dentro de un amplio intervalo de temperaturas constituye una de sus características principales. En primer lugar, la elevada viscosidad que presentan los vidrios en estado fundido es la causa de que al enfriarlos no cristalicen, sino que puedan congelarse en estado vítreo. En general, la mayoría de las sustancias puras en estado líquido solidifican y se produce súbitamente su cristalización cuando son enfriadas hasta alcanzar su temperatura de fusión (T_f), que es aquélla a la que coexisten en equilibrio la fase líquida y la fase sólida cristalina. El comportamiento peculiar de los vidrios en estado líquido o fundido es que a lo largo de su progresivo enfriamiento pueden sobrepasar la temperatura de fusión sin que se produzca su cristalización. En tales casos se obtiene un líquido subenfriado, que se halla en un estado anómalo no cristalino que no corresponde al que exigirían sus condiciones de equilibrio termodinámico. La causa que impide su cristalización es que la viscosidad del fundido, en el entorno de la temperatura de fusión, es tan elevada que dificulta la movilidad de sus átomos para poder disponerse de acuerdo con la ordenación geométrica que exige una estructura cristalina. A lo largo de este breve intervalo de subenfriamiento llega un momento en que el fuerte aumento de la viscosidad da lugar a que el fundido alcance un estado de rigidez tan elevado que hace que se comporte como un sólido a efectos prácticos. La temperatura límite en que el fundido alcanza ese estado de sólido no cristalino y se convierte en un material rígido y frágil recibe el nombre de temperatura de transición (T_g), la cual marca el límite entre el estado de subenfriamiento propiamente dicho y el estado vítreo. A esta temperatura de transición, cuyo valor es diferente de unos vidrios a otros, le corresponde, sin embargo, un mismo valor de la viscosidad comprendido entre 10^{12} y $10^{12,5}$ Pa·s, independientemente de la composición que tenga cada vidrio.

Pero la viscosidad no sólo es la causa última de que un fundido pueda congelarse durante su enfriamiento en estado vítreo sin llegar a cristalizar, sino que también desempeña un importante papel a lo largo de las diferentes etapas de la fabricación industrial de los vidrios. Así, condiciona la eficiencia del proceso de fusión y afinado y, en consecuencia, el grado de homogeneidad del vidrio; la aptitud para ser conformado por los diversos procedimientos de colado, soplado, prensado, estirado, etc.; los intervalos térmicos dentro de los que puede tener lugar su desvitrificación, y aquellos a los que debe recocerse el vidrio para que quede exento de tensiones.

La viscosidad depende grandemente de la temperatura. Cuando se calienta un vidrio por encima de su temperatura de transición, T_g , comienza a manifestarse un comportamiento plástico-viscoso como consecuencia de una

disminución exponencial de su viscosidad η , de acuerdo con una expresión general del tipo:

$$\eta = A \exp\left(\frac{E_{\eta}}{RT}\right)$$

donde A es una constante; R la constante de los gases; T la temperatura absoluta, y E_{η} , la energía de activación del flujo viscoso, la cual depende de la naturaleza estructural de cada vidrio. Tomando logaritmos resulta:

$$\log \eta = A' + \frac{E_{\eta}}{19,15 T}$$

de donde se deduce que, al representar $\log \eta$ en función de $1/T$, debe obtenerse una línea recta cuya pendiente corresponde a la energía de activación E_{η} . Sin embargo, esto sólo sucede cuando el fluido se ajuste a un comportamiento ideal, en el que las agrupaciones moleculares mantengan constante su tamaño y su forma a lo largo de todo el intervalo de temperatura considerado. En la mayoría de los vidrios, con excepción de algunos de composición muy simple, se obtiene, en general, una curva en la que el valor de la energía de activación E_{η} disminuye al aumentar temperatura.

En la práctica interesa conocer con precisión los valores de la viscosidad a lo largo de un amplio intervalo de alrededor de dieciocho órdenes de magnitud, dentro del cual quedan comprendidas las etapas más críticas del proceso de elaboración del vidrio. La determinación directa de la viscosidad dentro de tan amplios márgenes obliga a recurrir a distintos métodos experimentales, algunos de los cuales son tediosos. Por esta razón se han propuesto diversas fórmulas empíricas, cuya validez se ajusta en cada caso a intervalos de temperatura determinados. Una de las más conocidas y de uso más generalizado es la ecuación de Vogel-Fulcher-Tamman (26,83,89):

$$\log \eta = A + \frac{B}{(T - T_0)}$$

la cual puede emplearse con validez satisfactoria en los vidrios de silicato sódico cálcico dentro de un amplio intervalo de temperatura. La aplicación de esta fórmula requiere calcular previamente en cada vidrio las tres constantes A, B y T_0 . Para ello es preciso medir experimentalmente las temperaturas correspondientes a tres puntos fijos de viscosidad. Generalmente se toman como referencia el punto de inmersión, el de Littleton y el de transición T_g .

Dentro de la amplia escala de valores de viscosidad se han establecido diversos puntos fijos de viscosidad que se pueden determinar de manera rápida y sencilla. Los más importantes se indican en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1. Puntos fijos de viscosidad de los vidrios.

Puntos fijos de viscosidad	η [Pa·s]	Referencia
Punto inferior de recocido	$10^{13,5}$	52, 49
Punto de transición	$10^{12,0}$ - $10^{12,5}$	
Punto superior de recocido	$10^{12,0}$	52, 49
Punto de reblandecimiento (dilatométrico)	$10^{10,3}$	
Punto de reblandecimiento (según Littleton)	$10^{6,6}$	54, 53
Punto de fluidez	$10^{4,0}$	48
Punto de inmersión	$10^{3,0}$	18
Punto de fusión (convencional)	10	

Algunos de estos puntos delimitan diferentes intervalos del proceso de fabricación del vidrio, como indica la fig. 3.5.

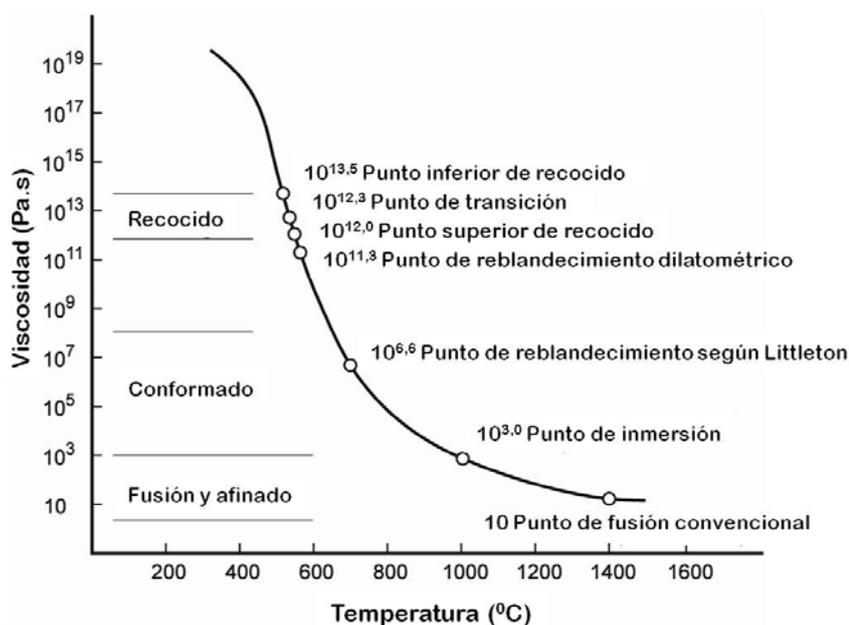


Figura 3.5. Curva característica viscosidad-temperatura de un vidrio común de silicato sódico cálcico con los puntos fijos de viscosidad más importantes, y los intervalos de viscosidad correspondientes a las diferentes etapas del proceso de elaboración del vidrio.

Asimismo, cada proceso de conformación requiere acondicionar térmicamente el vidrio a valores de viscosidad comprendidos entre límites bien definidos para asegurar el mantenimiento de la forma del objeto (Tabla 3.2) (23).

Tabla 3.2. Intervalos de los valores de viscosidad para diferentes procesos de conformación.

Tipo de conformación	η [Pa·s]
Colado	$< 10^2$
Soplado	$10^{3,8} - 10^{5,0}$
Estirado	$10^{3,0} - 10^{4,6}$
Prensado	$10^{3,5} - 10^{6,0}$
Salida del molde	$10^{4,5} - 10^{7,0}$

Desde el punto de vista práctico de la moldeabilidad o conformabilidad de los objetos de vidrio se acostumbra a clasificar los vidrios en vidrios largos y vidrios cortos, dependiendo del intervalo de temperatura comprendido entre los valores fijos de viscosidad $10^{3,0}$ y $10^{5,0}$ Pa s. En los primeros este intervalo es mayor de 400° C, y en los segundos, menor de 400° C. Para el trabajo de conformación manual, artística y artesanal, en que se requiere mayor tiempo para dar forma a las piezas, es recomendable emplear vidrios largos, en los que su plasticidad se mantiene durante un intervalo de enfriamiento más prolongado; por el contrario, en los procesos de fabricación automática continua de cadencia rápida, es necesario que un breve enfriamiento baste para que la viscosidad aumente lo suficientemente deprisa para que la pieza al salir del molde no sufra ninguna deformación plástica.

3.3.2. Comportamiento térmico en estado rígido: dilatación térmica

Lo mismo que cualesquiera otros materiales, los vidrios al ser calentados experimentan una dilatación debida al aumento de la amplitud de sus vibraciones atómicas por efecto de la energía térmica aportada. Este cambio dimensional está representado por una constante propia de cada material denominada coeficiente de dilatación térmica, que puede referirse a su variación de longitud o a su variación de volumen. Habitualmente se toma en la práctica el coeficiente medio de dilatación lineal $\alpha_{\Delta T}$:

$$\alpha_{\Delta T} = \frac{1}{l_0} \cdot \frac{\Delta l}{\Delta T}$$

que se define como la variación de longitud Δl que experimenta una muestra de longitud inicial l_0 cuando se calienta a lo largo de un intervalo de temperatura ΔT . El coeficiente de dilatación cúbica es muy aproximadamente $\beta \approx 3 \alpha$. En ambos casos su valor se suele representar como factor de 10^{-6} y viene expresado en unidades de grados Kelvin (K^{-1}).

A temperaturas inferiores a la de transición T_g el coeficiente de dilatación térmica de los vidrios bien recocidos se mantiene, en general, constante. Así, la curva dilatométrica de un vidrio enfriado lentamente, curva (A) de la fig. 3.6, suele mostrar una variación lineal hasta la temperatura inferior de recocido, a partir de la cual su pendiente aumenta gradualmente hasta la temperatura superior de recocido. Por encima de ésta vuelven a presentar un tramo lineal que finaliza al alcanzar la temperatura de reblandecimiento dilatométrico, a la que se observa una contracción aparente del vidrio a causa de su deformación plástica.

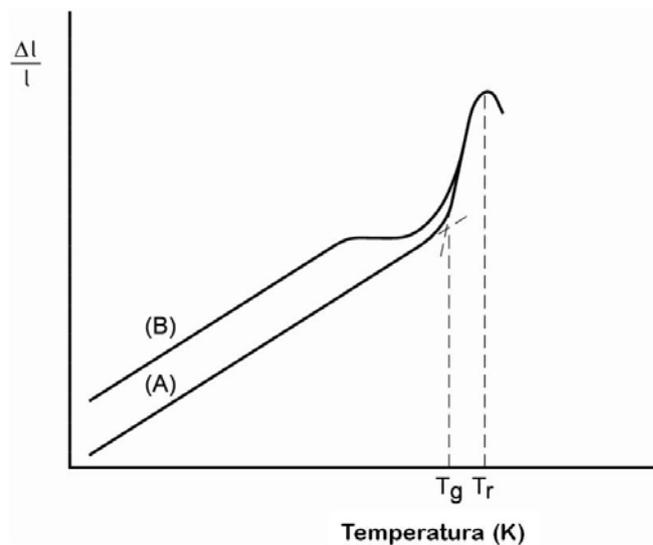


Figura 3.6. Curvas de dilatación de un vidrio bien recocido (A) y enfriado rápidamente (B).

En los vidrios enfriados bruscamente o mal recocidos, cuyo volumen específico ha quedado congelado con una dimensión ligeramente superior a la de equilibrio, su curva dilatométrica adquiere la forma de la curva (B) de la fig. 3.6. Su curso discurre paralelamente al de la curva anterior, pero antes de llegar a la temperatura inferior de recocido se inicia una disminución de su pendiente, debido a que al entrar en el intervalo de relajación plástica, su volumen

comienza a experimentar una densificación tratando de alcanzar su configuración de equilibrio. Convencionalmente, desde el punto de vista técnico, se acostumbra a denominar “vidrios duros” a aquéllos cuyo coeficiente de dilatación es $\alpha < 6 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$, y “vidrios blandos” a los de $\alpha > 6 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$. A título indicativo se indican los coeficientes de dilatación de algunos vidrios de referencia en la tabla 3.3.

Tabla 3.3. Coeficientes medios de dilatación térmica lineal [K^{-1}] de algunos tipos de vidrios.

Vidrio de sílice pura (SiO_2)	Vidrio de borosilicato	Vidrio de silicato sódico cálcico	Vidrio cristal al plomo (24% PbO)
$0,5 \times 10^{-6}$	$3,3 \times 10^{-6}$	$8,7-9,2 \times 10^{-6}$	$9,5-10,5 \times 10^{-6}$

El coeficiente de dilatación térmica es una de las características técnicas más importantes de los vidrios. Por una parte, condiciona varios aspectos de su proceso de fabricación, como son la velocidad de enfriamiento que debe mantenerse en la etapa de recocido, el riesgo de la generación de tensiones internas y su aptitud para ser templado. En todas aquellas aplicaciones técnicas o de creación artística en que un vidrio se una mediante soldadura con otro material (vidrio, cerámica, metal) es necesario que ambos materiales sean dilatométricamente compatibles, lo cual requiere que la diferencia entre sus respectivos coeficientes de dilatación sea $\Delta\alpha \leq 0,5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$.

Si esta diferencia es mayor, se generan tensiones mecánicas en la superficie de la soldadura que hacen que esta sea inestable y puedan producirse roturas. Este requerimiento debe ser muy tenido en cuenta en los procesos decorativos de termofusión o termoconformado (*fusing*) en que intervengan dos o más vidrios.

La resistencia de un vidrio a los cambios bruscos de temperatura Δ_T (resistencia al choque térmico) también viene determinada principalmente por el valor de su coeficiente de dilatación. Dicha resistencia se puede calcular a partir de la resistencia a la tracción σ_t del vidrio, de su coeficiente de Poisson ($\mu \approx 0,15-0,25$), y de su módulo de Young, E:

$$\Delta_T = \frac{2\sigma_t(1-\mu)}{\alpha E}$$

Teniendo en cuenta que los valores de la resistencia mecánica de los vidrios de silicato varía poco de unos a otros, su resistencia al choque térmico depende en gran medida de su coeficiente de dilatación térmica α , dado que éste es el valor que mayores diferencias presenta (tabla 3.4).

Tabla 3.4. Resistencia al choque térmico de algunos tipos de vidrios.

Vidrio	$\alpha \cdot 10^6$ [K ⁻¹]	E [GPa]	μ	Δ_T [°C]
Vidrio cristal al plomo	9,5-10,5	65-68	0,23	≈ 58
Vidrio de silicato sódico cálcico	8,7-9,0	71-75	0,22	≈ 65
Vidrio de borosilicato	3,3	64-65	0,18	≈ 190
Vidrio de sílice pura (SiO ₂)	0,5	72	0,16	≈ 1200
Vitrocerámica de eucryptita	≈ 0	≈ 90	≈ 0,20	≈ ∞

3.3.3. Comportamiento mecánico

Fragilidad

De todas las propiedades de los vidrios la que los sitúa en un nivel de inferioridad respecto a otros materiales es su fragilidad. Dependiendo del diferente tipo de deformación que experimentan los materiales cuando se someten a un esfuerzo mecánico, se pueden dividir en tres grupos principales. Si al cesar el esfuerzo permanece la deformación producida por éste, se dice que el material presenta un comportamiento plástico (caso de los vidrios en caliente para valores de la viscosidad entre $\sim 10^{4,5}$ y $10^{7,0}$ Pa·s); si recupera reversiblemente su forma inicial, se comporta como un material elástico ideal (caso de los vidrios entre límites extremadamente reducidos por debajo de su temperatura de transición T_g). Una tercera posibilidad es que el material experimente una deformación elástica para esfuerzos pequeños y, a partir de un determinado valor, una deformación plástica (caso de los metales).

Cuando se someten a un esfuerzo de tracción los materiales elásticos cumplen la ley de Hooke:

$$\sigma = E \varepsilon$$

que establece que existe una relación directamente proporcional entre la tensión σ aplicada y la deformación ε producida, siendo E un coeficiente de proporcionalidad propio de cada material, que recibe el nombre de módulo de elasticidad o módulo de Young. Si la tensión aplicada sobrepasa el límite de elasticidad del material, se produce su rotura sin deformación residual alguna (fractura frágil). Cuanto mayor sea el valor de E, menor será la deformación elástica que pueda sufrir un material. Los vidrios presentan un elevado valor de

su módulo de Young y, consecuentemente, un reducido intervalo de deformación elástica y un marcado comportamiento frágil.

No se debe caer en la confusión de relacionar la dureza de un material con su resistencia mecánica, pensando que a mayor dureza corresponde una mayor resistencia a la fractura. Los vidrios comunes de silicato tienen una dureza elevada, muy semejante a la del cuarzo (valor 7 de la escala de Mohs) y, sin embargo, debido a su fragilidad, una baja resistencia a la fractura. Lo mismo puede decirse del diamante que, a pesar de ser el material más duro de la naturaleza (valor 10 de la escala de Mohs) es igualmente frágil. La dureza puede definirse como la resistencia que opone un material a ser rayado. Por lo tanto, la dureza del vidrio desempeña un importante papel en las operaciones de grabado y tallado. Para un vidrio de sílice pura Deeg (16) obtuvo un valor de $E = 720$ kbar ($E = 72 \times 10^3$ GPa). A medida que se incorporan óxidos modificadores a la estructura del vidrio se van rompiendo los enlaces siloxano $\equiv\text{Si-O-Si}\equiv$, lo que hace disminuir progresivamente la cohesión reticular y, por lo tanto, el valor de E . Por la misma razón éste disminuye al aumentar la temperatura del vidrio. Ello explica que E también dependa de la historia térmica del vidrio. Así, Stong (82) ha medido en vidrios convencionales de silicato sódico cálcico valores comprendidos entre 71 y 75 GPa, dependiendo de las condiciones de enfriamiento.

Resistencia a la fractura

Desde el punto de vista de las aplicaciones prácticas de los vidrios, resulta esencial conocer su resistencia a la fractura. Su valor teórico, calculado a partir de la energía necesaria para romper los enlaces interatómicos del vidrio y crear una superficie de fractura, resulta sorprendentemente mucho más elevado que el valor real que se obtiene en la práctica. La resistencia a la fractura fue calculada por Polanyi (70) a partir de la energía γ requerida para crear la nueva superficie de fractura, y de la distancia interatómica de equilibrio a_0 de los enlaces interatómicos. De acuerdo con este planteamiento, la tensión de tracción σ_t necesaria para provocar la rotura viene dada por la expresión:

$$\sigma_t = \sqrt{\frac{4\gamma E}{a_0}}$$

Orowan (62) llegó a una expresión semejante que se diferencia de la anterior en que el valor resultante es de $0,5 \sigma_t$. Para valores de γ de aproximadamente 10 N/m, para una distancia interatómica a_0 de alrededor de $3,6 \cdot 10^{-10}$ m y un valor medio de E de 70 GPa, resultan valores muy elevados de la resistencia teórica, comprendidos entre 10 y 30 GPa. Sin embargo, la resistencia real de los vidrios resulta del orden del 0,5 por mil inferior a la teórica.

Griffith (33), basándose en los trabajos previos de Inglis (42), atribuyó esta considerable diferencia a la presencia de microfisuras existentes en la superficie del vidrio, originadas bien por efecto de pequeñas tensiones generadas durante su enfriamiento debidas a microheterogeneidades locales de composición, o bien por pequeñas lesiones producidas por abrasión mecánica de la superficie del vidrio durante su uso. Estas microfisuras, inapreciables a simple vista, son de forma aproximadamente semielíptica, penetran algunas micras en el interior del vidrio (fig. 3.7) y actúan como centros multiplicadores de la tensión σ_t aplicada sobre éste.

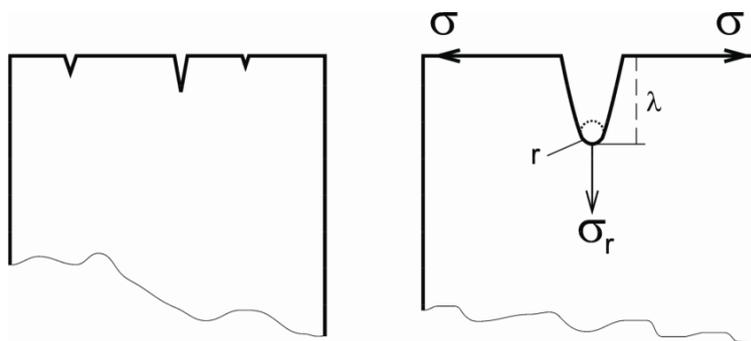


Figura 3.7. Representación esquemática de microfisuras en la superficie del vidrio.

El esfuerzo σ_r al que accidentalmente se someta el vidrio se concentra en el vértice de la grieta a partir del cual se inicia y se propaga la fractura. El valor que alcanza la tensión σ_r en el extremo de la microfisura puede calcularse en función de su longitud λ y del radio r en su vértice, de acuerdo con la expresión:

$$\sigma_r = 2\sigma \sqrt{\frac{\lambda}{r}}$$

Por ejemplo, en una fisura de 5 μm de longitud, cuyo radio en su extremo sea de 0,003 μm , ejerce un efecto multiplicador de aproximadamente 80 veces la tensión aplicada.

Mecanismo de propagación de las fracturas

Las microfisuras pueden crecer hasta alcanzar un tamaño crítico para el que se produce la rotura catastrófica del vidrio. Este crecimiento exige la sucesiva rotura o apertura de enlaces interatómicos. La energía requerida para ello puede ser aportada por la aplicación de un esfuerzo mecánico, por la acción agresiva de un agente químico o mediante la actuación combinada de ambas causas. Uno de los agentes químicos que favorecen la propagación de las

facturas es la propia humedad ambiental. El agua se adsorbe superficialmente sobre los puntos de mayor reactividad química, como son los extremos de las microfisuras. Mediante un proceso de quimisorción disociativa el agua adsorbida va rompiendo hidrolíticamente los enlaces siloxano e incorporándose a la estructura formando grupos silanoles Si-OH (fig. 3.8). De este modo se abre la red, la microfisura penetra en profundidad, su extremo se agudiza y se hace más pequeño su radio de curvatura, factores ambos que contribuyen a favorecer la fractura. Este mecanismo explica por qué los vidrios se conservan mucho mejor en una atmósfera seca.

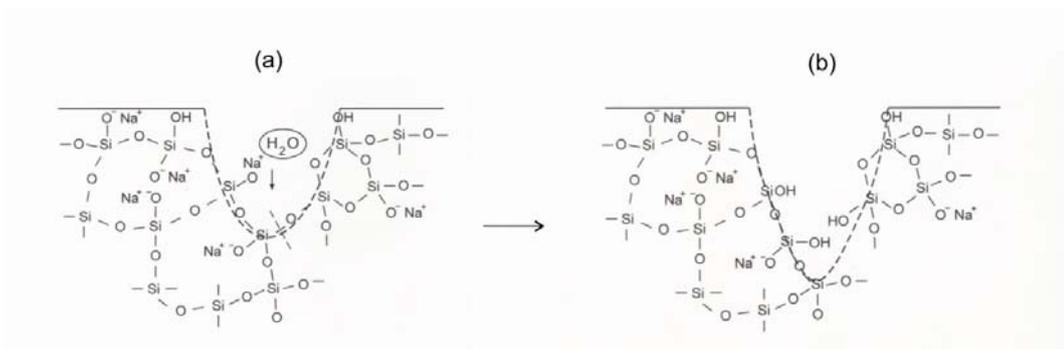


Figura 3.8. Proceso químico que favorece la propagación de las microfisuras (24): hidratación (a) y formación de grupos silanoles (b).

Un esfuerzo de tracción o de flexión que actúe durante un tiempo prolongado sobre un vidrio produce un efecto de fatiga acumulativo que, debido a que favorece el lento crecimiento y la agudización de las microfisuras, puede provocar su rotura cuando estas lleguen a alcanzar su tamaño crítico.

La resistencia mecánica de los vidrios a los esfuerzos de tracción o de flexión es aproximadamente unas diez veces menor que la que ofrecen a los esfuerzos de compresión pura bajo carga. Esto se explica porque, en el primer caso, la rotura del vidrio depende no solo del valor teórico de la intensidad de la fuerza de sus enlaces interatómicos, sino además del número y de la gravedad de las microfisuras superficiales existentes, las cuales, bajo la tensión aplicada, tienden a abrirse y a propagarse acelerando la fractura del material. Por el contrario, un estado de compresión del vidrio, impide, por una parte, la apertura de las microfisuras y, por otra, contribuye a reforzar hasta un cierto límite las uniones interatómicas.

Desde siempre una de las principales aspiraciones de la investigación sobre vidrios ha sido la de mejorar su resistencia mecánica. Como los distintos tratamientos mecánicos, térmicos o químicos, de eliminación de las microfisuras

sólo consiguen su desaparición temporal, un procedimiento alternativo ha sido procurar bloquearlas, manteniéndolas inoperantes mediante la creación controlada de tensiones de compresión en la superficie del vidrio, que actúen como una delgada capa o coraza protectora que impidan el avance de su propagación. De este modo es posible mejorar la relativamente baja resistencia mecánica real del vidrio incrementándola en el valor de la tensión de la capa de refuerzo superficial creada. Para la creación de estas capas se recurre a operaciones de templado del vidrio. El procedimiento más comúnmente empleado es el del temple térmico, que consiste en calentar uniformemente el objeto de vidrio que se desea reforzar hasta una temperatura ligeramente superior a la de su temperatura de transición T_g y, una vez estabilizada esta, enfriarlo bruscamente de manera controlada hasta la temperatura ambiente.

Reforzamiento de la resistencia mecánica de los vidrios. Temple térmico y temple químico

Debido a su baja conductividad térmica, cuando un vidrio se enfría bruscamente, la disipación del calor es muy lenta y, en consecuencia, se crea, perpendicularmente a su espesor, un gradiente térmico que, en el caso de una lámina, disminuye simétricamente desde su plano central a sus dos superficies externas. Estas, en contacto con el ambiente, son las que se enfrían y contraen más rápidamente y alcanzan antes su estado de rigidez. A medida que se va produciendo el enfriamiento gradual de toda la masa de vidrio, las capas más próximas a las caras exteriores de la lámina no pueden contraer en la medida que exigiría su coeficiente de dilatación, porque estas, ya rígidas, se lo impiden, y al mismo tiempo las comprimen en toda la extensión de su superficie de contacto. Así va ocurriendo sucesivamente de un modo continuo entre todas las sucesivas capas contiguas, hasta llegar al plano central. Una vez que el vidrio ha enfriado y toda la masa ha alcanzado la misma temperatura, el gradiente térmico desaparece y queda en su lugar un gradiente de tensiones de forma parabólica (fig. 3.9). Las tensiones creadas pueden visualizarse mediante un polariscopio, y es posible determinar su intensidad cuantitativamente en nm cm^{-1} , midiendo el retardo óptico correspondiente a cada uno de los colores de interferencia que forman la franja cromática producida por el haz de luz polarizada.

Por temple térmico se puede llegar a triplicar la resistencia a la fractura de un vidrio convencional de silicato. Pero, para conseguir un elevado reforzamiento, es necesario que el gradiente térmico generado en el vidrio al enfriarlo bruscamente sea grande. Este resulta tanto mayor cuanto más elevado sea el coeficiente de dilatación del vidrio y más grueso sea el espesor de las paredes del objeto a templar. Por eso, los vidrios de bajo coeficiente de dilatación, como los de borosilicato, y los objetos de paredes delgadas no son adecuados para ser templados, ya que el mejoramiento que se obtendría de su resistencia mecánica sería muy bajo.

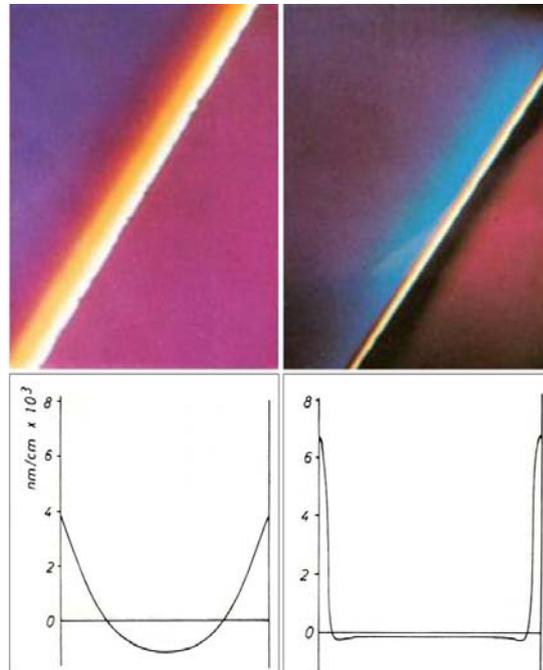


Figura 3.9. Distribución de la intensidad de las tensiones creadas en una lámina de vidrio templada térmicamente (izquierda) y templada químicamente (derecha).

Un mayor reforzamiento mecánico del vidrio puede conseguirse mediante el procedimiento de temple químico, que consiste en sumergir el vidrio en un baño de nitrato potásico fundido, y mantenerlo en él durante algunas horas a una temperatura ligeramente superior a la de transición T_g . A lo largo de este tiempo se produce un progresivo intercambio de los iones sodio del vidrio por los iones potásicos del baño de nitrato potásico fundido. Como estos son más voluminosos que aquellos, su entrada en el vidrio da lugar a una acomodación forzada en los lugares dejados por los pequeños iones de sodio, y se crea una delgada capa superficial que está sometida a una fuerte tensión de compresión. Aunque su profundidad de penetración en el vidrio es menor que el gradiente de tensiones producido por temple térmico (fig. 3.9), la intensidad de las tensiones de compresión generadas por temple químico en la superficie es mucho mayor y permite aumentar en un orden de magnitud la resistencia real a la fractura. Esto se debe a que el aumento que se consigue está producido por un mecanismo de reforzamiento estructural de las capas superiores del vidrio.

La fig. 3.10 muestra la resistencia a la flexión de una lámina de vidrio plano bajo la carga de cuatro personas.

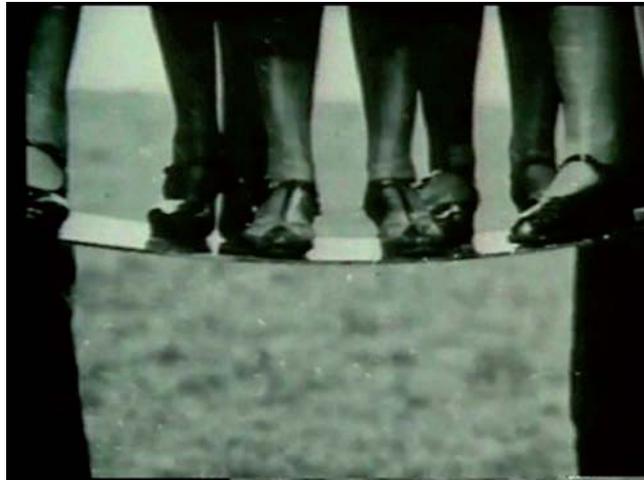


Figura 3.10. Demostración de la resistencia a la rotura de una hoja de vidrio templado químicamente soportando el peso de varias personas (27).

Tenacidad

A través de la mecánica de fractura es posible conocer el comportamiento mecánico de los vidrios así como su probabilidad de rotura. La mecánica de fractura opera introduciendo una determinada grieta en el material y hallando la resistencia del mismo a la propagación de dicha grieta bajo diferentes condiciones de deformación.

Uno de los parámetros más importantes que definen mecánicamente los materiales frágiles es el factor K_{IC} o tenacidad del material. Este parámetro representa la resistencia que ofrece un sólido a la propagación de una grieta (16). Existen tres modos de fractura, de los cuales el modo I es el que se produce más frecuentemente en los materiales frágiles cuyas superficies de fractura se desplazan perpendicularmente entre sí. La tenacidad para este modo de fractura se representa por K_{IC} . Para determinar el factor K_{IC} se ha desarrollado un nuevo método basado en medidas de indentación realizadas con un microdurómetro constituido por una punta de diamante con forma de pirámide cuadrangular Vickers (huella en forma de cuadrado). Este método informa, además, de la microdureza H_v del material y de la forma de propagación de las grietas. En los vidrios, los ensayos de indentación se llevan a cabo con cargas de unos 10 N y tiempos de aplicación de la misma que pueden oscilar entre 10 y 60 s. A partir de las indentaciones Vickers se obtiene el valor de la microdureza Vickers H_v , en función de la carga aplicada P , y de la semidiagonal a de la huella producida por la indentación:

$$H_v = 0,47 \left(\frac{P}{a^2} \right) 9,8 \cdot 10^{-3}$$

La indentación da lugar a la aparición de una grieta que se inicia en uno de los vértices de la huella. Los valores de K_{IC} se obtienen en función de los valores de la semidiagonal a y de la longitud de la grieta c , aplicando las expresiones desarrolladas por Lawn y Marshall (44):

$$K_{IC} = 0,048 \left(\frac{c}{a} \right)^{-1,32} \left(\frac{E}{H_v} \right)^{0,4} H_v \cdot a^{\frac{1}{2}} \quad \text{para } c/a \geq 2,5$$

$$K_{IC} = 16 \left(\frac{E}{H_v} \right)^{\frac{1}{2}} \left(\frac{P}{c^{\frac{3}{2}}} \right) \quad \text{para } c/a \leq 2,5$$

El valor del módulo de elasticidad E se puede calcular mediante los valores experimentales de las indentaciones realizadas con una punta de diamante Knoop (huella en forma de rombo) empleando la expresión:

$$\frac{H_v}{E} = -2,222 \left(\frac{b'}{a'} \right) + 0,312$$

en la que a' representa la diagonal larga y b' la diagonal corta de la huella.

3.3.4. Comportamiento óptico

La característica principal que diferencia a los vidrios de otros materiales es su comportamiento frente a la radiación luminosa. El índice de refracción de un vidrio es el resultado de la interacción que se produce entre la luz incidente y los electrones de sus átomos constituyentes. Como consecuencia de esta interacción se induce una polarización o deformación de sus orbitales, cuya magnitud depende de una constante de proporcionalidad, denominada polarizabilidad, característica de cada material. La polarización de los constituyentes es la que determina la refracción luminosa, la cual, a su vez, está relacionada con la constante dieléctrica ϵ del material. La refracción molar R_M de un vidrio viene dada por la fórmula de Lorenz-Lorentz:

$$R_M = \frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} \cdot \frac{M}{\rho}$$

en la que M representa su peso molecular y ρ su densidad.

El índice de refracción depende, por una parte, de la polarizabilidad de los iones constituyentes del vidrio y, por otra, de su volumen molar M/ρ . Como los aniones son más polarizables que los cationes, influyen en mayor medida que éstos sobre el índice de refracción. En los vidrios de óxidos los oxígenos puente $\equiv\text{Si}-\text{O}^-$ son más polarizables que los oxígenos puente de los grupos siloxano $\equiv\text{Si}-\text{O}-\text{Si}\equiv$. Por eso los vidrios de sílice pura tienen un índice de refracción menor que los vidrios de silicato sódico cálcico. En cuanto a los cationes, los menos polarizables son los que tienen configuración electrónica de gas noble. Por el contrario, los iones de cationes pesados, como los de Pb^{2+} , Bi^{3+} , La^{3+} , Te^{4+} , Ta^{5+} , W^{6+} , más polarizables, son los que más contribuyen a aumentar el índice de refracción.

La dispersión óptica se define como la variación del índice refracción con respecto a la longitud de onda. Su valor es de especial interés en los vidrios ópticos, y se mide como la diferencia entre los índices de refracción correspondientes a dos longitudes de onda determinadas.

Los vidrios no son transparentes frente a la radiación ultravioleta porque ésta, debido a su mayor energía, excita a los electrones de los enlaces de los átomos de oxígeno y es absorbida. Al aumentar el número de oxígenos puente se debilitan los enlaces de la red y el borde de absorción ultravioleta se desplaza hacia mayores longitudes de onda. Por el contrario, los vidrios de sílice pura, que sólo tienen oxígenos puente, son los que presentan una mayor transparencia a la radiación ultravioleta, cuyo borde de absorción puede llegar en condiciones óptimas a 170 nm,

En la región infrarroja, en la que la absorción de la radiación se produce cuando la frecuencia de ésta entra en resonancia con la frecuencia de las vibraciones interatómicas, el intervalo de transmisión se puede ampliar recurriendo a la incorporación de óxidos de metales pesados.

La mayoría de los vidrios, lo mismo que otros materiales dieléctricos, son transparentes a la luz visible, debido a que sus electrones están fuertemente unidos a sus átomos y no son excitables por la energía de la radiación visible. Al no interactuar con ella, la transmiten en su mayor parte. No obstante, la transmisión luminosa, es decir, la intensidad de la luz transmitida, es siempre menor que la intensidad de la luz incidente debido a las pequeñas pérdidas luminosas que se producen por reflexión y por absorción.

La reflexión está regida por el índice de refracción n que se define como el cociente de la velocidad de la luz en el vacío c_0 por la velocidad en el vidrio c_v :

$$n = \frac{c_0}{c_v}$$

El índice de refracción de un vidrio convencional de silicato sódico cálcico es $n = 1,50$ y el de un vidrio cristal con un contenido de óxido de plomo de 24% es $n = 1,55$. Las pérdidas por reflexión vienen dadas por el valor de la reflectividad R del vidrio:

$$R = \frac{(n-1)^2}{(n+1)^2}$$

De acuerdo con esta expresión resulta para el vidrio de silicato una pérdida de 0,04, o sea un 4 %, por cada cara. Por lo tanto, teniendo en cuenta la pérdida por ambas caras, la intensidad de luz que deja pasar un vidrio común a su través es del 92,16% de la luz incidente. En el caso del vidrio cristal la pérdida por cada cara es del 4,7 % y la luz transmitida es del 90,8 %. Así pues, cuanto mayor sea el valor del índice de refracción del vidrio, mayor será el valor de su reflectividad y, en consecuencia, su brillo; y menor el porcentaje de luz que transmite.

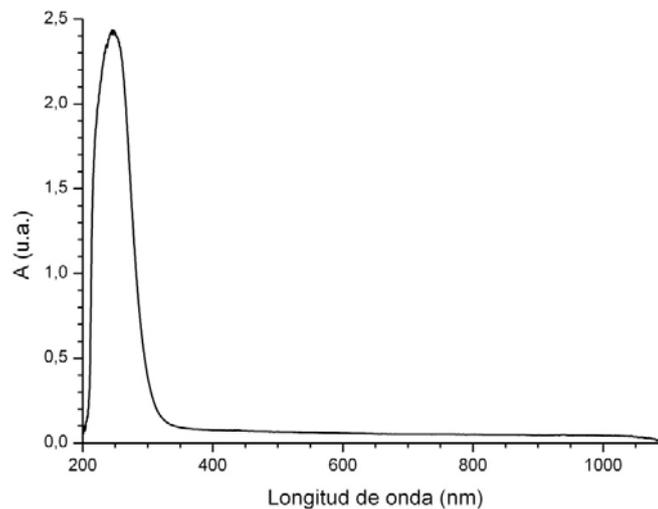


Figura 3.11. Espectro de absorción óptica de un vidrio común de silicato sódico cálcico incoloro.

El intervalo de transmisión espectral de un vidrio de silicato sódico cálcico convencional exento de iones colorantes se halla comprendido entre una longitud de onda de unos 350 nm, correspondiente al ultravioleta próximo, y de unos 2500 a 3000 nm en la región infrarroja (fig. 3.11).

Coloración del vidrio

El color de los vidrios se produce como consecuencia de la absorción selectiva de radiaciones de determinadas longitudes de onda del espectro de luz visible (fig. 3.12), por efecto de la interacción de la radiación luminosa sobre ciertos componentes específicos del material que actúan como agentes cromóforos (colorantes).

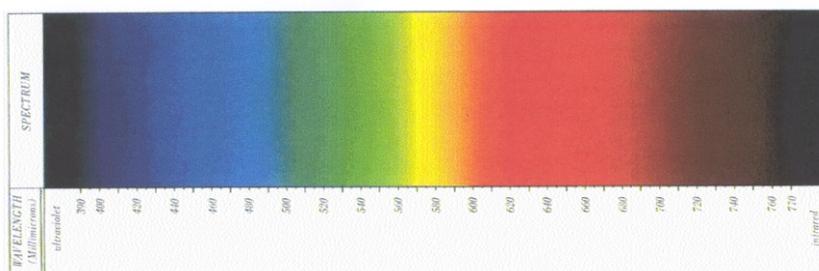


Figura 3.12. Espectro de los colores componentes de la luz visible.

El color observado es el resultante de la adición del conjunto de las restantes radiaciones del espectro no absorbidas.

Los agentes cromóforos utilizados para la coloración del vidrio pueden clasificarse en tres grupos principales, atendiendo a su mecanismo de incorporación a la red vítrea:

- Por disolución química o incorporación iónica: colorantes iónicos
- Por suspensión coloidal: coloides de cobre, plata y oro
- Por dispersión de microcristales: aventurinas de cobre y cromo

Los agentes colorantes más comúnmente empleados se resumen en la Tabla 3.5. El grupo más numeroso es el de los colorantes iónicos, dentro del cual se incluyen los óxidos de metales de transición y los óxidos de tierras raras. Estos óxidos se disuelven en el vidrio fundido y sus iones se incorporan a la estructura del vidrio en forma de iones modificadores. Como la mayoría de los elementos químicos de transición tienen dos o más estados de oxidación, a cada

uno de los cuales le corresponde una coloración diferente, se comprende que las condiciones más o menos oxidantes del vidrio fundido, bien sea por efecto de la atmósfera del horno o por la adición de sustancias oxidantes o reductoras a su composición, ejerzan una gran influencia sobre el color final del vidrio. Así, el empleo de sustancias con diferente potencial de oxidación-reducción permite variar la tonalidad del color de este tipo de cromóforos.

Tabla 3.5. Principales compuestos empleados para la coloración del vidrio.

Compuesto empleado	Forma de incorporación al vidrio	Color que imparte
Colorantes en estado iónico		
Óxidos de metales de transición		
Óxido de cromo	Cr_2O_3	Verde esmeralda
Óxido de manganeso	Mn_2O_3	Rosa a violeta
Óxido ferroso	FeO	Azul verdoso
Óxido férrico	Fe_2O_3	Amarillo ocre
Óxido de cobalto	CoO	Azul añil
Óxido cúprico	CuO	Azul turquesa
Óxidos de tierras raras		
Óxido de cerio	Ce_2O_3	Amarillo claro
Óxido de praseodimio	Pr_2O_3	Verde luminoso
Óxido de neodimio	Nd_2O_3	Rosa púrpura
Óxido de erbio	Er_2O_3	Rosa tenue
Colorantes en estado coloidal		
Óxido cúprico	$\text{Cu} + \text{Cu}_2\text{O}$	Rojo
Nitrato de plata	Ag	Amarillo
Cloruro de oro	Au	Rojo púrpura
Colorantes en estado microcristalino (aventurinas)		
Óxido de cromo	Cr_2O_3	Verde tornasolado
Óxido cúprico	Cu	Rojo y brillo metálico

Los cromóforos coloidales se disuelven en estado iónico en el vidrio fundido, pero se segregan durante el enfriamiento y recocido de este, formando pequeños agregados atómicos que crecen en función de la temperatura y del tiempo de recocido, dando lugar a partículas metálicas colorantes de tamaño coloidal. La coloración amarilla con plata se puede producir en toda la masa del vidrio, añadiendo el compuesto de plata a la mezcla del conjunto de todas las materias primas, o introduciéndola sólo en una delgada capa de la superficie mediante un proceso de intercambio iónico con los iones alcalinos del vidrio. Para ello sobre la superficie de los objetos de vidrio que se desee colorear se aplica en frío un recubrimiento de una mezcla de una pasta de

arcilla que contenga una pequeña concentración de una sal de plata. A continuación el conjunto se calienta hasta una temperatura ligeramente superior a la de transición T_g , a la que comienza el proceso de intercambio iónico. Los

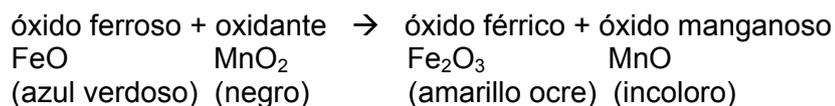
iones alcalinos del vidrio (de sodio o potasio) se difunden hacia la superficie del vidrio y son reemplazados por los iones plata. Dependiendo del tiempo que se mantenga el vidrio a esa temperatura, los iones plata pueden penetrar hasta una profundidad de 30 a 40 μm , al mismo tiempo que se reducen a plata elemental en estado coloidal que es la que produce la coloración amarilla.

Mientras el tamaño de las partículas coloidales de los cromóforos no supere la longitud de onda de la luz visible, o sea unos 540 nm, el vidrio mantendrá su transparencia, pero, si su crecimiento rebasa este límite, el vidrio se vuelve opaco y su color degenera y pierde pureza. Por el contrario en los vidrios coloreados con partículas microcristalinas lo que se provoca es el crecimiento de éstas, las cuales pueden llegar a alcanzar incluso un tamaño milimétrico y ser apreciables a simple vista. Los microcristales formados adquieren el hábito de laminillas planas orientadas al azar, produciendo multirreflexiones brillantes en todas direcciones, semejantes a las que se observan en las aventurininas.

Decoloración del vidrio

En la fabricación de vidrio incoloro es muy frecuente que éste presente una tonalidad residual verdosa que resulta especialmente apreciable cuando se observa de canto o en capas de grueso espesor. Esta coloración se debe a la coexistencia de iones ferrosos e iones férricos que tienen su origen en las impurezas de óxido de hierro que suelen acompañar en mayor o menor proporción a la arena y, a veces, también a otras materias primas.

El elevado coste de las arenas exentas o de muy bajo contenido de óxido de hierro ha obligado, a lo largo de la dilatada historia del vidrio, a buscar como alternativa procedimientos químicos para anular o atenuar lo más posible esa indeseable coloración verdosa. Como el ligero color amarillo ocre del óxido férrico es mucho menos intenso, en términos de absorción óptica, que el color azul verdoso del óxido ferroso, una buena solución es la de fundir el vidrio en condiciones fuertemente oxidantes para así transformar la mayor parte posible del óxido ferroso en óxido férrico. Para ello el primer oxidante que se utilizó (ya por los vidrieros sirios) fue el dióxido de manganeso (MnO_2) obtenido a partir del mineral pirolusita, que por su acción aclarante del color residual del vidrio, recibió el nombre vulgar de "jabón de vidrieros". Su acción oxidante se explica por la sencilla reacción siguiente:



El buen resultado que proporciona este proceso presenta, sin embargo, un grave inconveniente a largo y medio plazo, que consiste en que el óxido manganeso formado, prácticamente incoloro, experimenta a lo largo del tiempo una lenta reacción de fotooxidación por acción de la luz, especialmente por la luz solar (solarización). Como consecuencia de ella se transforma en Mn_2O_3 , de color violeta. Por esta razón el uso del dióxido de manganeso ya está desterrado y, desde hace no muchos años, ha sido sustituido por óxido de cerio que, aunque más caro, es mucho más efectivo.

Asimismo se ha recurrido a emplear otro tipo de decolorantes, impropiaamente denominados decolorantes físicos, porque, en vez de actuar como tales, su acción se basa en que producen una coloración rosa adicional que, por ser ópticamente complementaria de la tonalidad verdosa del óxido de hierro, la neutraliza y la hace aparentemente inapreciable. Las sustancias empleadas con este fin han sido el selenio elemental (hoy desaconsejado porque, debido a su elevada volatilidad y a sus elevadas emisiones en los humos, es un peligroso contaminante atmosférico) y, los más costosos óxidos de neodimio y de erbio.

Caracterización y medida del color

El color de los vidrios, y en general el de cualquier sustancia transparente, se caracteriza mediante espectrofotometría de absorción óptica. Un espectrofotómetro (fig. 3.13) está constituido fundamentalmente por una fuente de luz blanca, de características espectrales determinadas, que se hace pasar a través de un monocromador, consistente en un prisma o una red de difracción, que descompone la luz y la hace incidir, a través de la fina rendija de un colimador, sobre la muestra a estudiar, barriendo de manera continua todo el intervalo espectral que se desea explorar.

Un registrador gráfico permite representar de forma continua la variación de la intensidad de la luz absorbida a cada longitud de onda. Las figuras siguientes (figs. 3.14 a 3.16) muestran los espectros de un mismo vidrio de silicato sódico cálcico común coloreado con tres cromóforos distintos. La situación del espectro de la luz visible en la parte inferior del espectro obtenido, permite observar las zonas de luz absorbida y las de las longitudes de onda transmitida, cuya integración produce el color final resultante.

La intensidad del color transmitido viene dada por la ley de Lambert-Beer:

$$I = I_0 \exp(-\epsilon_{\lambda} cd)$$

donde I e I_0 representan las intensidades de la luz transmitida e incidente respectivamente; ϵ_λ el coeficiente de absorción molar o absorptividad molar; c la concentración molar de la sustancia absorbente, y d el espesor de la muestra.

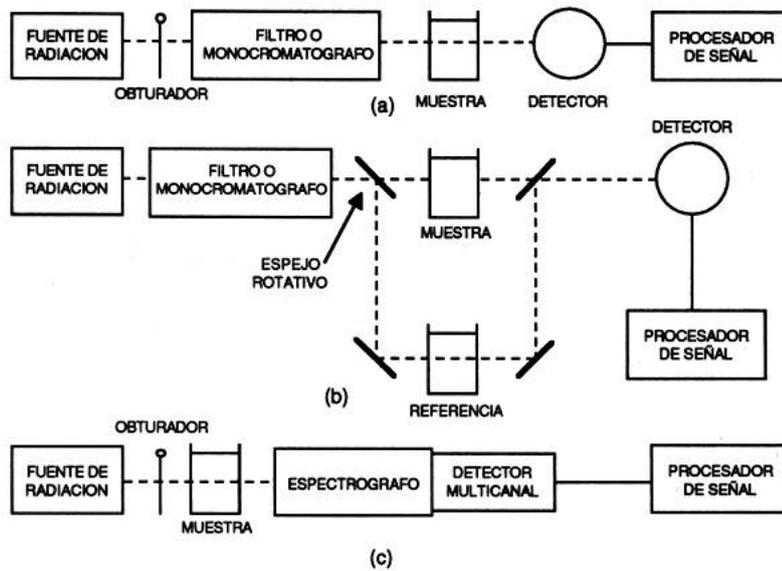


Figura 3.13. Esquemas de espectrofotómetros de absorción óptica de haz sencillo (a) y (c) y de doble haz (b).

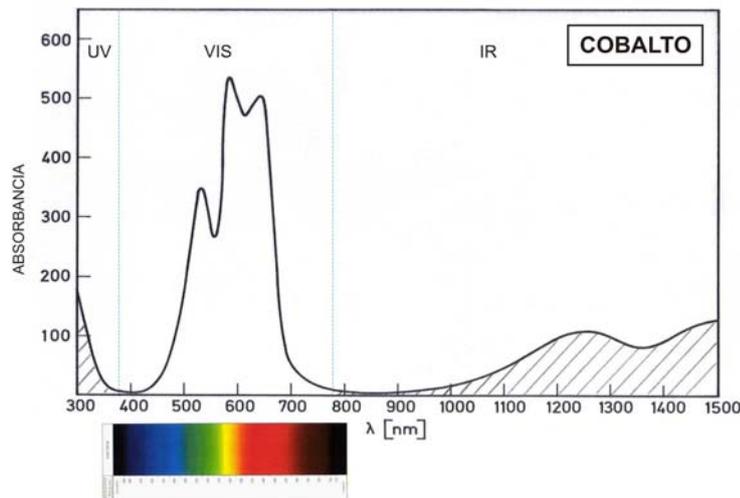


Figura 3.14. Espectro de absorción óptica de un vidrio azul añil de silicato sódico cálcico común coloreado con óxido de cobalto.

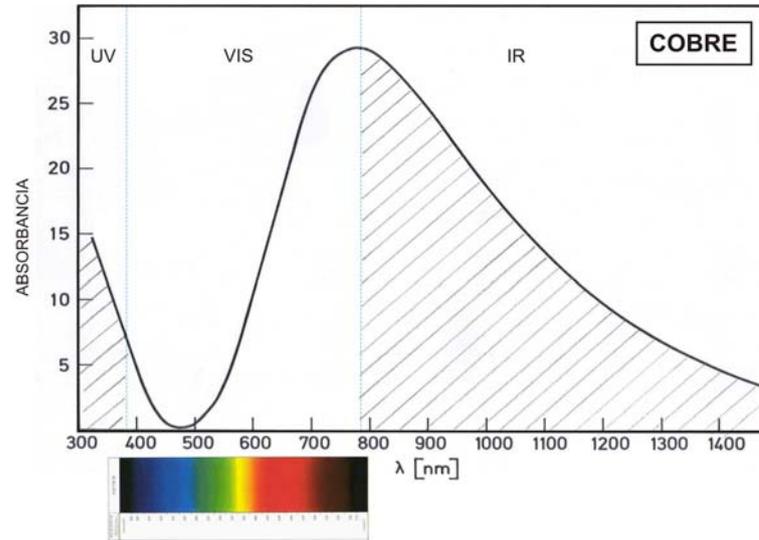


Figura 3.15. Espectro de absorción óptica de un vidrio azul turquesa de silicato sódico cálcico común coloreado con óxido cúprico.

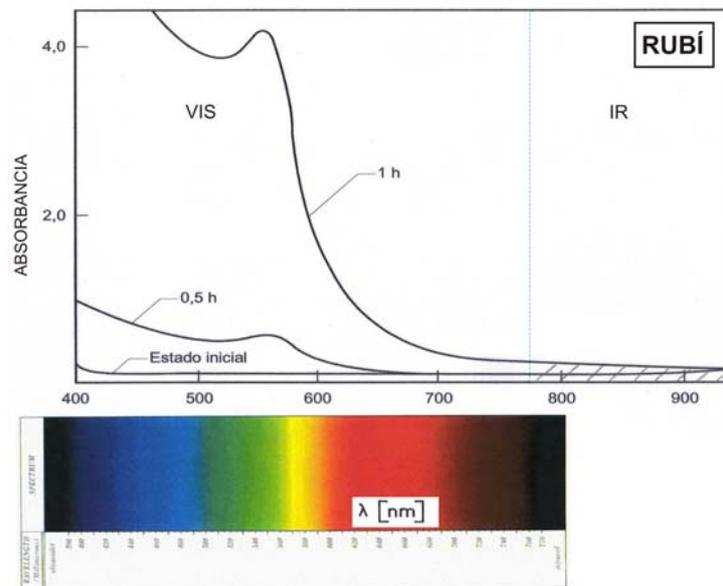


Figura 3.16. Serie de espectros de absorción óptica de un vidrio rubí de silicato sódico cálcico común coloreado con óxido de cobre. Puede observarse que la intensidad del color va aumentando con el tiempo de recocido.

Fotoluminiscencia

La fotoluminiscencia consiste en la emisión de luz cuando un material es excitado mediante una radiación electromagnética de mayor energía que la luz emitida. Si la emisión de luz se produce inmediatamente después de la irradiación el fenómeno fotoluminiscente recibe el nombre de *fluorescencia*, y si la emisión se mantiene después de cesar la irradiación, se conoce como *fosforescencia*.

Dejando aparte las importantes aplicaciones de los fenómenos de fotoluminiscencia en vidrios especiales para fibras ópticas y guías de onda destinadas a las telecomunicaciones, los vidrios fotoluminiscentes han encontrado aceptación en el atractivo campo del diseño de espacios decorativos y en la creación de esculturas y otras obras artísticas, en las que se combina la transparencia del material con las amplias posibilidades de los efectos luminosos. Para la producción de vidrios fotoluminiscentes se emplean composiciones con pequeños contenidos de óxidos de elementos de las tierras raras, que bajo la irradiación con luz ultravioleta pueden emitir luz de distintos colores (véase 3.4.4).

Opacificación

Si bien la transparencia de un vidrio, la diversidad de los colores que puede vestir y la enorme diversidad de efectos ópticos y luminosos que puede ofrecer constituyen una de sus más atractivas posibilidades decorativas en el campo de la creación artística, no pueden desdeñarse los recursos que ofrecen los vidrios translúcidos y opales (véase 3.4.4).

Un vidrio transparente ofrece, además de la transmisión más o menos intensa de la luz que deja pasar, la posibilidad de observar nítidamente y sin distorsión imágenes a su través. Pero su transmisión luminosa se atenúa y el vidrio se vuelve translúcido y opalescente cuando se incorporan inclusiones heterogéneas de distinto índice de refracción con dimensiones superiores a la longitud de onda de la luz visible, las cuales actúan como centros de dispersión óptica que difunden la luz y hacen perder la transparencia del vidrio. La opalización del vidrio se puede conseguir esencialmente mediante dos mecanismos diferentes: por dispersión de partículas microcristalinas de diversa génesis o por separación de fases líquidas.

En el primer caso las partículas cristalinas pueden generarse por insolubilidad de algún componente del vidrio (por ejemplo, óxido de estaño, de titanio o de circonio); por formación de fases cristalinas por reacción con algún componente añadido (generalmente fluoruros), o por desvitrificación parcial (vidrios alabastro). En el segundo caso se produce por emulsión de gotículas

segregadas por inmiscibilidad de fases líquidas (por adición de fosfatos o ceniza de huesos).

Mateado

Otra posibilidad para obtener vidrios translúcidos es proceder a su mateado. Este se puede llevar a cabo por dos procedimientos diferentes: mateado al ácido con ácido fluorhídrico o mezclas de ácidos fluorhídrico y sulfúrico; y por abrasión mecánica o esmerilado con chorro de arena. La textura del vidrio se puede variar ajustando las proporciones de las mezclas de ambos ácidos en el primer caso, y variando la granulometría de la arena o del abrasivo empleado en el segundo (véase 3.4.4).

3.3.5. Comportamiento químico

La principal característica que ha acreditado a los vidrios de silicatos para sus diversas aplicaciones a lo largo de su historia ha sido, además de su transparencia, su elevada durabilidad química. Esta es especialmente notable en el vidrio de sílice pura. En cambio, los vidrios de silicatos que contienen iones alcalinos pueden experimentar un ataque químico cuyos efectos dependen de la composición del vidrio y de la agresividad del medio, bien se trate este del propio entorno ambiental o de los diversos agentes químicos con que pueda entrar en contacto. Para que tenga lugar este ataque es condición imprescindible que el vidrio se halle en un medio húmedo. En un ambiente seco el vidrio no experimenta alteración.

El proceso de ataque transcurre de diferente manera según que este tenga lugar en medio ácido, neutro o básico. En todos los casos primeramente se adsorbe sobre la superficie del vidrio una delgada película de agua, cuyas moléculas penetran a muy escasa profundidad y se fijan sobre los grupos silanoles de la superficie del vidrio.

Ataque en medio ácido

El ataque en medio ácido es muy débil. Se inicia en la superficie por un proceso de intercambio iónico entre los protones (H^+) del medio y los iones alcalinos, cuya lixiviación da lugar a una lenta y progresiva desalcalinización del vidrio, de acuerdo con el mecanismo siguiente:



Desde el punto de vista de su composición química, los vidrios binarios de silicatos alcalinos ($R_2O \cdot SiO_2$) son los más atacables, y tanto más cuanto

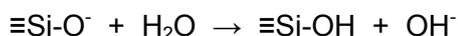
mayor sea el tamaño del ion alcalino, ya que debido a su menor intensidad de campo, están más débilmente unidos a los iones oxígeno de la red y se extraen más fácilmente. Esto explica que los vidrios potásicos sean más atacables que los sódicos. Los iones alcalinotérreos, debido a su doble carga, están más firmemente unidos y sólo son extraídos cuando la red vítrea está muy deteriorada. Por eso, su presencia aumenta la estabilidad del vidrio y su durabilidad química. Los vidrios de silicato sódico cálcico presentan, en general, una buena resistencia frente a la mayoría de los ácidos. Sólo son fuertemente atacados por el ácido fluorhídrico, que destruye la red por solubilización de sus componentes. Los aniones fluoruro F^- sustituyen a los iones oxígeno uniéndose directamente a los átomos de silicio para formar SiF_4 volátil y fluosilicatos alcalinos y alcalinotérreos. En menor medida los vidrios de silicato sódico cálcico también pueden ser atacados por algunos ácidos fosfóricos.

Ataque en medio básico

El ataque en medio básico es el más grave, ya que los grupos OH^- rompen los grupos siloxano $\equiv Si-O-Si \equiv$ según la reacción:



En presencia de agua se forman nuevos grupos OH^- :



que dan lugar a que la reacción avance, rompiéndose cada vez más puentes de oxígeno y provocando la destrucción progresiva de la red vítrea. La resistencia química a la acción de los álcalis y en general a cualquier tipo de sustancias básicas se favorece incorporando junto a la sílice otros óxidos formadores de red, como el óxido de boro B_2O_3 (vidrios de borosilicato), el óxido de aluminio Al_2O_3 y, sobre todo, el óxido de circonio ZrO_2 , que ha permitido desarrollar vidrios altamente resistentes a los álcalis.

Ataque en medio acuoso neutro

En un medio acuoso neutro tiene lugar una ligera desalcalinización del vidrio producida por el intercambio de los protones (H^+) del agua con los iones alcalinos del vidrio:



Esta reacción es inofensiva siempre que el hidróxido alcalino formado se elimine o se diluya suficientemente. Sin embargo, si pequeñas cantidades de agua, como es el caso de gotitas formadas por condensación, permanecen largo

tiempo en contacto con el vidrio en una atmósfera saturada de humedad que impida su evaporación, la concentración de iones alcalinos en las gotitas va aumentando y creando un medio básico de agresividad creciente que actuará de acuerdo con el mecanismo descrito en el apartado anterior de ataque en medio básico.

Influencia de distintos factores sobre la atacabilidad química del vidrio

Como se deduce del apartado anterior, uno de los factores que determina el mecanismo químico del ataque del vidrio, y que más influye en su gravedad, es la basicidad del medio. Cuanto más elevado sea el valor del pH más agresiva es la reacción y ésta avanza rompiendo cada vez más puentes de oxígeno y provocando la destrucción progresiva de la red vítrea. Incluso un vidrio de sílice pura sufre un grave ataque en medio básico. Mientras que el vidrio permanece prácticamente inalterado en medio ácido o ligeramente básico, al aumentar la basicidad del medio a partir de $\text{pH} > 8$ la cantidad de SiO_2 extraída aumenta grandemente.

Junto a la influencia que ejerce el pH sobre la atacabilidad química de los vidrios, hay que considerar otros factores de gran importancia, como son la temperatura, el tiempo y la composición del vidrio

Alteraciones superficiales

En cualquier medio acuoso, simultáneamente a las reacciones de ataque, se produce la entrada de moléculas de agua en el vidrio que se incorporan formando una delgada película de gel. La capa de gel forma una interfase que impide o retarda que el ataque químico penetre a mayor profundidad en el vidrio. No obstante, si el ataque en un ambiente húmedo es muy prolongado, como sucede en los vidrios que han permanecido enterrados muchos años, tiene lugar una desalcalinización producida por la progresiva penetración de la humedad.

Como consecuencia de su intensa desalcalinización queda un esqueleto o estructura residual rica en sílice y grupos OH, que puede dar lugar a variaciones locales de volumen en las proximidades de la superficie. Así se generan tensiones que originan grietas y descamaciones que forman una superposición de delgadas capas estratificadas, que dan lugar a una irisación por fenómenos de interferencia luminosa.

Dependiendo de la profundidad de penetración del ataque, las piezas pueden mostrar exteriormente la formación de delgadísimas capas superpuestas, que dan lugar a la exfoliación de pequeñas escamas. Adicionalmente las piezas atacadas muestran delicadas irisaciones producidas

por colores de interferencia debidos a la extremada finura de la estructura escamosa. Este fenómeno, consecuencia del ataque químico, puede ser reproducido bajo condiciones controladas en la superficie de los vidrios con fines artísticos.

El-Shamy y col. (21) demostraron cómo se incrementa la cantidad de sílice extraída de un vidrio cuando se somete a ataques químicos con soluciones de pH creciente (fig. 3.17).

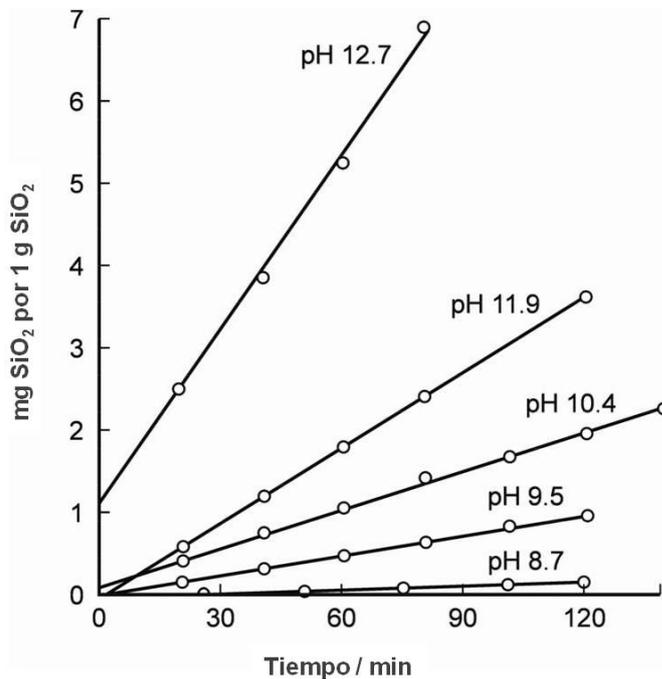


Figura 3.17. Dependencia del tiempo y del pH de la extracción de sílice de un vidrio de sílice pura en polvo para varios valores de pH a 80°C (21).

En cuanto a la temperatura, el grado de ataque D varía ajustándose a una ecuación de Arrhenius:

$$D = A \exp\left(\frac{-E}{RT}\right)$$

donde A es una constante, R la constante de los gases y E la energía de activación del proceso. El valor de ésta varía entre 60 y 80 kJ/Mol, según la composición del vidrio.

La influencia que ejerce el tiempo depende del tipo de proceso químico que determine el ataque. Cuando éste transcurre por intercambio entre iones alcalinos del vidrio con protones del medio acuoso, se ajusta a un mecanismo de difusión pura, cuya cinética varía proporcionalmente con la raíz cuadrada del tiempo $t^{1/2}$, como pusieron de manifiesto Rana y Douglas (71) (fig. 3.18).

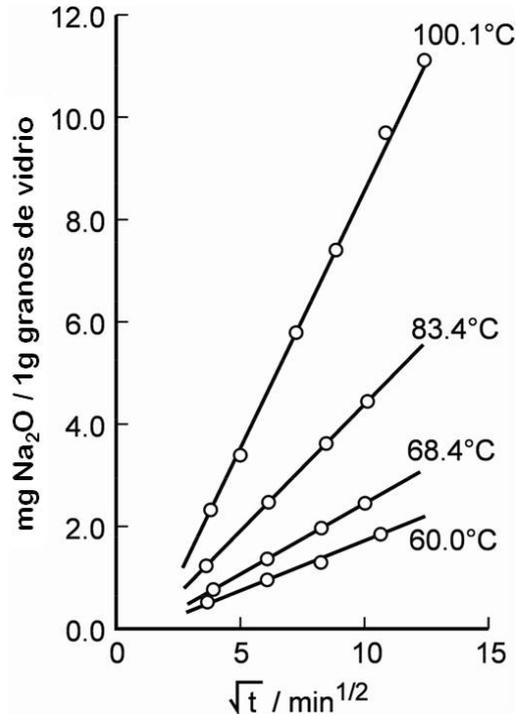


Figura 3.18. Cantidad de Na_2O extraído de un vidrio $20 \text{ Na}_2\text{O} \cdot 80 \text{ SiO}_2$ en agua pura a diferentes temperaturas después de un ataque corto, en función de la raíz cuadrada del tiempo (71).

A temperaturas altas en que el ataque resulta más agresivo, y en medio básico, en que se produce la destrucción de la red vítrea, el grado de ataque resulta directamente proporcional al tiempo.

En cualquier medio acuoso, simultáneamente a las reacciones de ataque que puedan tener lugar, se produce la entrada de moléculas de agua en el vidrio que se incorporan formando una delgada película de gel. Scholze y col. (75) han calculado que por cada grupo $\equiv\text{Si-OH}$ que se forma entran 0,46 moléculas de agua. La capa de gel forma una interfase que impide o retarda que el ataque químico penetre a mayor profundidad en el vidrio.

3.4. POSIBILIDADES DE CONFORMACIÓN DE LOS OBJETOS DE VIDRIO Y RECURSOS TÉCNICOS PARA LA CONSECUCCIÓN DE EFECTOS ARTÍSTICOS ESPECIALES

El vidrio, tanto el soplado en todas sus variedades como las hojas de vidrio plano, por su transparencia permite la ejecución de obras en las que se plantean los problemas de volumen, color, relación de proporciones, percepción, fenómenos ópticos, orden geométrico y materialidad (55).

Las características materiales del vidrio que determinan sus propiedades hasta aquí expuestas, proporcionan una información general sobre sus amplias posibilidades de conformación, marcan sus limitaciones y sugieren algunas pautas para la correcta manipulación, uso y conservación de la obra creada, de acuerdo con los objetivos esenciales de este trabajo enfocado específicamente al empleo del vidrio como material para la realización de obras de escultura en sus más diversas manifestaciones.

3.4.1. Consideraciones previas

La realización de una obra escultórica en vidrio puede acometerse por dos caminos básicamente diferentes: bien comenzando por la *fabricación* del material de partida, o bien recurriendo, más simplemente, a la *transformación* formal de material previamente fabricado.

Fabricación

En el primer caso se requiere la preparación previa del vidrio, empezando por la elección y acondicionamiento de las materias primas integrantes, seguida de un proceso de reacción a alta temperatura, llevado a cabo en un horno, hasta conseguir una masa fundida rigurosamente homogénea. Una vez estabilizada esta térmicamente y ajustado el valor adecuado de su viscosidad, puede iniciarse la conformación de las piezas, bien mecánicamente con una cadencia rápida, como es habitual en los procesos industriales de fabricación automática continua, o bien manualmente y de modo más lento cuando la complejidad de la pieza lo requiere, como suele suceder en la creación de una obra artística. En todos los casos, las piezas conformadas deben dejarse enfriar hasta la temperatura ambiente, siguiendo un programa de enfriamiento controlado, para evitar la creación de tensiones mecánicas internas que eventualmente podrían ser origen de ulteriores roturas.

Evidentemente, la fabricación integral del vidrio por parte del artista ofrece a éste mayor libertad creativa para la ejecución de su obra al poder elegir la formulación de la composición química más adecuada, no sólo para conseguir los efectos artísticos (brillo, color, textura, etc.) que desee, sino también para ajustar la amplitud del intervalo térmico de trabajo, dentro del cual el vidrio mantenga el estado viscoplástico requerido para su moldeabilidad (véase 3.3.1.).

Así pues, la producción propia de vidrio le proporciona al artista una gran autonomía de trabajo, al mismo tiempo que el creciente enriquecimiento personal de conocimientos que siempre aporta la experimentación directa. Sin embargo, hay que señalar, como contrapartida, la considerable inversión económica que requiere el equipamiento necesario. Por esta razón, durante los primeros años en que el vidrio, impulsado por las nuevas y revolucionarias corrientes estilísticas nacidas en Centroeuropa a finales del siglo XIX (véase 4.12) experimentó una gran eclosión artística, acreditándose como material ideal para la expresión estética de nuevas formas, colores y texturas, la mayoría de los numerosos artistas que surgieron carecían de la destreza de oficio en la manipulación del vidrio caliente y tenían que recurrir a la ayuda de vidrieros expertos para poder realizar todas las operaciones que requería la ejecución material de sus diseños y creaciones.

Este sistema de trabajo en equipo se mantuvo hasta que, a mediados del siglo XX, nació el *International Studio Glass Movement* (véase 5.1) que revalorizaba la ejecución personal y propugnaba la autonomía del artista vidriero, más acorde con la tradición creativa de los artistas en otros campos del arte. El desarrollo que tuvo este movimiento en todos los países estuvo motivado principalmente por el reconocimiento y la elevada valoración que alcanzó la escultura en vidrio y, en segundo lugar, se vio favorecido por la difusión de los conocimientos sobre el vidrio. Por otra parte, los avances técnicos conseguidos en la construcción de hornos y la más fácil disponibilidad de combustibles gaseosos simplificaron y abarataron las instalaciones para la producción de vidrio a la escala requerida por los artistas vidrieros autónomos.

Transformación

La otra vía seguida por los artistas vidrieros para la creación de esculturas en vidrio parte de la utilización de algunas de las diversas formas de vidrio fabricado industrialmente (láminas de vidrio plano, objetos de vidrio hueco, tubo y varilla de vidrio) o bien de casco de vidrio seleccionado para su reciclado. Este vidrio de partida puede ser reelaborado y transformado en caliente para la configuración de nuevas formas o empleado como tal, mediante su manipulación en frío, para la composición de figuras formadas por fragmentos de vidrio, por agrupación de objetos o por apilamiento de láminas.

3.4.2. Técnicas de conformación y ornamentación en caliente

El amplio intervalo de temperatura, a lo largo del cual puede variar la viscosidad de los vidrios desde que se inicia su reblandecimiento hasta que adquiere la fluidez de un líquido, es la singular característica que, a diferencia de otros materiales, les permite ser conformados mediante distintas técnicas y adquirir formas muy diversas según la técnica empleada. Debido a que cada técnica sólo es aplicable cuando el vidrio adquiere un estado viscoplástico determinado que haga posible su deformabilidad, y que el vidrio resulta tanto más fácilmente deformable cuanto más elevada sea su temperatura, se comprende que la diversidad de formas y la variedad de los objetos de vidrio fabricados a lo largo de la historia haya ido aumentando a medida que fue posible alcanzar mayores temperaturas en los hornos y fueron mejorando los recursos técnicos disponibles. Por eso no sorprende la monotonía y simplicidad de los primitivos objetos de vidrio fabricados en las etapas iniciales de la historia del vidrio en cada cultura; objetos que, a pesar de la diferencia temporal de siglos que los separa, tenían en común la forma de cuentas coloreadas. Los hogares de fuego abierto en que se elaboraban solo permitían alcanzar temperaturas que apenas llegaban a reblandecer ligeramente la composición de una rudimentaria pasta de vidrio, a partir de la cual las cuentas se moldeaban por *prensado* o *rodado*. Mediante esta técnica todavía rudimentaria de moldeado en caliente se fabricó una de las primeras esculturas en pasta de vidrio realizada en Mesopotamia, alrededor de 1400-1350 a.C. (véase 4.2).

Las técnicas de conformación experimentaron un notable avance en Egipto, desde mediados del siglo XV a.C. en que se inició de forma regular la producción de objetos de vidrio. La temperatura algo más elevada que podían alcanzar sus hornos permitió que las piezas procedentes de esa época mostraran una considerable mejora de la calidad del vidrio que, no obstante, aún tardaría cerca de catorce siglos en llegar a adquirir la característica de su transparencia. Las dos primeras técnicas empleadas para dar forma al vidrio fueron las de estirado y prensado, que son, precisamente, las que requieren la aplicación de un mayor esfuerzo para moldear la masa de vidrio altamente viscosa a la insuficiente temperatura de trabajo entonces alcanzable.

Estirado y prensado

Mediante el procedimiento de estirado manual los vidrieros egipcios obtenían varillas de distintos colores que posteriormente utilizaban como preformas para su aplicación en la técnica del núcleo de arena. Forzando el estiramiento adelgazaban las varillas hasta el grosor de hilos de diámetro variable, destinados bien a la decoración superficial de las vasijas fabricadas por

el procedimiento del núcleo de arena o bien para confeccionar pequeñas piezas de sección multicolor. Una vez obtenidos los hilos de vidrio, se agrupaban formando haces que eran calentados seguidamente hasta alcanzar un reblandecimiento incipiente que permitía que se soldaran entre sí para formar una gruesa varilla de sección multicolor. Las varillas así obtenidas se cortaban transversalmente en forma de discos y estos se disponían unos junto a otros, como las teselas de un mosaico, y a continuación se prensaban en caliente (fig. 3.19) para conseguir su unión.

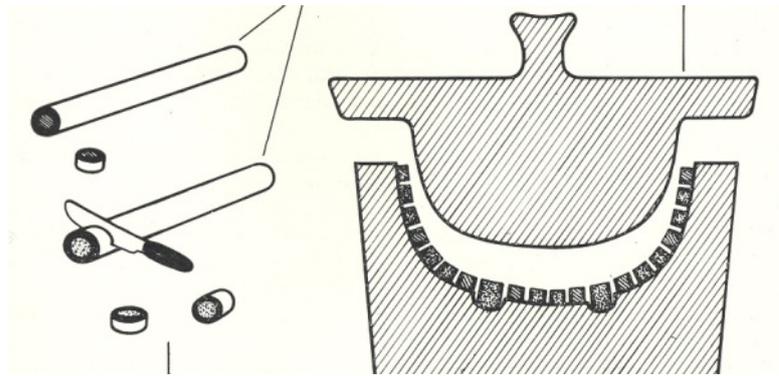


Figura 3.19. Representación esquemática de la preparación de hilos y varillas de vidrio para su uso como componentes de un objeto obtenido por prensado en caliente.

Por este procedimiento se fabricaron numerosos objetos de forma abierta, tales como platos o cuencos de escasa profundidad (fig. 3.20).



Figura 3.20. Cuenco de vidrio mosaico prensado. Alejandría (Egipto), siglo I d.C. Victoria and Albert Museum, Londres, U.K.

Millefiori

Los vidrieros romanos, y más tarde los vidrieros venecianos, perfeccionaron la técnica de los vidrios mosaico y produjeron una gran variedad de objetos artísticos constituidos por múltiples incrustaciones de pequeñas piezas multicolores, a los que por su atractiva apariencia les aplicaron el nombre de vidrios *millefiori*. Estas incrustaciones se obtenían a partir de cortes transversales de varillas complejas formadas por una delgada varilla central, de sección generalmente circular o estrellada, recubierta por sucesivas capas de vidrios de distintos colores (fig. 3.21). La elaboración de estas varillas complejas se lleva a cabo siguiendo un procedimiento análogo al descrito más adelante bajo el epígrafe *vidrio filigrana*.

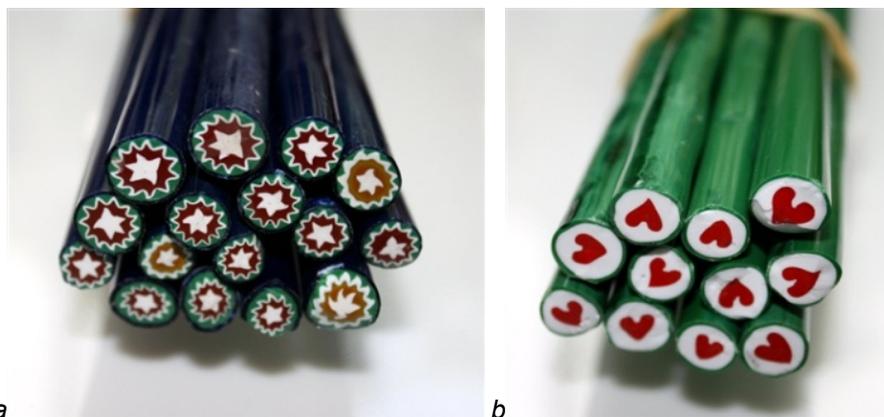


Figura 3.21. a y b) Varillas de filigrana formadas por varias capas de vidrio para la preparación de vidrios millefiori.

Núcleo de arena

Esta técnica fue la principal aportación de los artesanos egipcios, y a ella le corresponde el mérito de haber sido la que hizo posible la fabricación de las primeras piezas de vidrio hueco. Para su ejecución se moldeaba previamente con una mezcla de arena y arcilla un núcleo, al que se le daba la forma que había de adoptar el objeto que se deseaba fabricar. En el centro de este núcleo se introducía, siguiendo su dirección longitudinal, el extremo de un largo mandril de cobre que, empuñado por su otro extremo, había de actuar como eje de giro (fig. 3.22).

Este núcleo era el que había de recubrirse seguidamente mediante una capa de vidrio hasta obtener la forma definitiva de la pieza. Pero, como los primitivos hornos egipcios no alcanzaban la temperatura necesaria para poder mantener el vidrio en estado líquido, el núcleo no podía recubrirse por inmersión

en el vidrio fundido ni por vertido de este sobre él, lo que hubiera simplificado notablemente el proceso. Por ello, el recubrimiento se llevaba a cabo enrollando en espiral una varilla de vidrio, previamente obtenida y recalentada hasta adquirir la plasticidad suficiente para poder ser adaptada sobre el núcleo. Cuando había quedado recubierta toda su superficie, la pieza se recalentaba y se rodaba sobre una mesa plana hasta que adquiría una superficie uniforme.

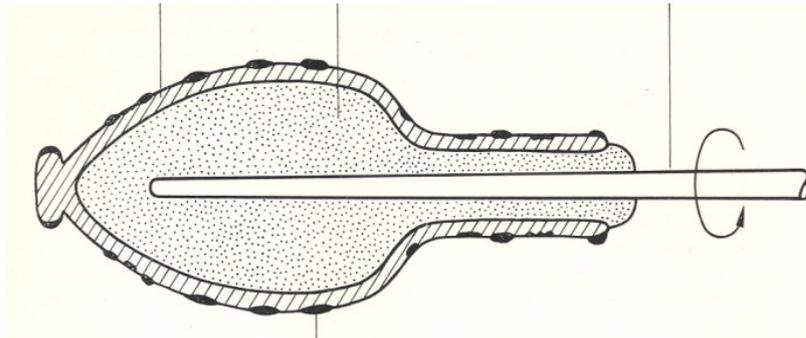


Figura 3.22. Esquema de la sección transversal de un núcleo de arena recubierto superficialmente por vidrio.

La decoración se realizaba incrustando en caliente gotas y delgadas varillas de vidrios de color formando figuras en zig-zag, en forma de plumas o rameadas. Una vez acabada la pieza, se dejaba enfriar lentamente y, por último, se retiraba el mandril y se extraía la mezcla de arena y arcilla que había constituido el núcleo.

Mediante esta técnica, tan ingeniosa e imaginativa como de compleja y paciente ejecución, se pudo satisfacer la pretensión de beneficiarse de las ventajas que ofrecía el vidrio sobre la cerámica y los metales, para la fabricación de pequeños recipientes más adecuados y de mayor garantía destinados a contener delicados ungüentos y perfumes. (véase 4.3).

Esta técnica fue profusamente empleada por los vidrieros fenicios hasta poco antes de la era cristiana para la abundante producción de pequeñas vasijas que se ajustaban principalmente a cuatro tipos de envases, conocidos con los nombres de aríbalos, anforiscos, jarras y alabastrones.

Recalentamiento de varilla de vidrio

Otra producción característica de los vidrieros fenicios establecidos en Cartago fue la de pequeños colgantes y amuletos con forma de cara humana.

La ejecución de estas figuras, aunque muy primitiva, resultaba también muy laboriosa. Primeramente, el artesano introducía el extremo de una delgada varilla metálica en un vidrio fundido del color elegido para formar la base de la pieza, cuyo espesor podía ir engrosando por inmersiones sucesivas hasta que éste fuera suficiente para poder ir moldeando, mediante pinzamientos y pequeños estiramientos la forma de la cara y sus principales rasgos fisonómicos. A continuación, manteniendo siempre caliente el vidrio en estado plástico, se iban haciendo pequeñas aplicaciones de vidrios de diferentes colores para formar los ojos, las cejas, los labios, la barba, el pelo y todos los detalles que le inspirara al autor su fantasía. Un importante detalle complementario y común a todas estas cabecitas, es el anillo cerrado de vidrio, generalmente del mismo color que el pelo que, a modo de cresta, remata su cabeza. Su finalidad era dejar paso a un hilo para poder ser enhebrado como colgante en un collar. Después de acabada la pieza se dejaba enfriar entre cenizas calientes. Y una vez fría, se retiraba la varilla metálica, la cual, debido a su mayor coeficiente de dilatación térmica que el del vidrio, contraía en mayor medida y podía sacarse con facilidad. No obstante, para evitar que pudiera quedar pegada al vidrio, se acostumbraba a recubrir la varilla con una capa de arena y arcilla (véase 4.4.).

Sinterización y fusión en moldes abiertos

El procedimiento de colado o vertido de un material fundido en el interior de un molde es uno de los procedimientos de más antigua tradición y más frecuentemente empleados para la creación de esculturas en metal, mediante la conocida técnica de fundición a la cera perdida. El empleo de esta técnica requiere que el fundido presente una elevada fluidez como la que poseen los metales en estado líquido. Pero en el caso de los vidrios se necesitarían temperaturas mucho más elevadas, difícilmente alcanzables en las condiciones de trabajo habituales, para que llegaran a tener un grado de fluidez semejante.

Un procedimiento alternativo que desarrollaron los vidrieros egipcios para fabricar piezas de vidrio macizo con la precisión de detalle que proporciona una fundición en molde, fue el de conformación por sinterización o por fusión en moldes abiertos de una sola pieza. Para ello se colocaba un lecho de polvo de vidrio en el interior de un molde abierto y a continuación se calentaba hasta la temperatura de sinterización o de reblandecimiento del vidrio. La parte inferior adquiría la forma de la cavidad del molde y la superficie superior, opuesta a la cavidad del molde, quedaba de forma plana. Mediante este sencillo procedimiento, que se generalizó desde finales del siglo XIV a.C. hasta finales de la dinastía ptolomeica, en el primer siglo de la era cristiana, se fabricaron numerosas figuras y placas con perfiles de caras o de cuerpos humanos, así como de animales. Las placas así obtenidas solían aplicarse como representaciones en altorrelieve, exentas o superpuestas como elementos

decorativos complementarios de obras más complejas y de mayor envergadura (véase 4.3).

Colado en molde

A excepción de algunos escasos y primitivos objetos de pequeño tamaño, la técnica de colado en molde no comenzó a utilizarse de modo regular hasta la época romana para la producción de formas abiertas de poca profundidad, cuyos principales representantes fueron los conocidos cuencos de costillas (fig. 3.23).



Figura 3.23. Cuenco romano de costillas, siglo I d.C. (5,3 cm alto, 16,4 cm diámetro). Corning Museum of Glass, Corning, NY, EE.UU.

El colado en moldes fijos, sobre todo cuando se trata de piezas grandes, puede requerir vertidos sucesivos hasta completar su llenado. En tales casos hay que distribuir homogéneamente la masa y mantener muy uniforme y elevada la temperatura para evitar la formación de cuerdas térmicas debidas a enfriamientos locales desiguales. Hay que tener en cuenta que, como las piezas coladas en molde tienen, en general, un espesor considerablemente mayor que las obtenidas por otros procedimientos, deben ser sometidas a un recocido más prolongado y a un enfriamiento mucho más lento de acuerdo con un programa rigurosamente controlado.

Colado en molde de arena

El colado en molde de arena es una técnica alternativa a la del colado en molde fijo de utilización más sencilla. El molde se prepara con arena, a la que se incorpora un pequeño porcentaje, en torno al 4%, de arcilla bentonítica para proporcionar plasticidad a la mezcla, junto con una ligera cantidad de agua. La masa así formada se moldea mecánicamente o a mano para crear el espacio

libre correspondiente al volumen y forma que ha de adoptar la pieza que se desea crear (fig. 3.24).



Figura 3.24. Operación de colado de vidrio en un molde de arena.



Figura 3.25. Bertil Vallien. Head 18 (c tamaño natural). Escultura realizada por colado en molde de arena.

Con fines decorativos se pueden crear relieves y grabar dibujos sobre la superficie de la arena del molde que luego quedarán impresos en el vidrio, con tanto mayor detalle y precisión cuanto mayor sea la temperatura de colado del vidrio y, por lo tanto, menor su viscosidad. Por otra parte, es importante elegir adecuadamente la granulometría de la arena por la influencia que esta ejerce en la textura final de la superficie de la pieza. La arena del molde se puede reutilizar indefinidamente. Esta técnica ofrece al artista una gran versatilidad de trabajo y unas posibilidades creativas ilimitadas (fig. 3.25).

Soplado

La invención de la caña para soplar vidrio a mediados del siglo I a.C. en Siria supuso una innovación tecnológica trascendental que abrió al vidrio unas insospechadas posibilidades de conformación. No sólo hizo posible producir una gran variedad de diseños y creaciones artísticas, sino también aumentar el rendimiento de su fabricación y extender la difusión de sus productos a sectores sociales más amplios de la población.

La técnica del núcleo de arena empleada hasta entonces para la fabricación de vidrio hueco quedó definitivamente relegada ante las ventajas de la rapidez de ejecución y de diversificación de formas y tamaños que ofrecía el nuevo proceso productivo para multitud de objetos. Mucho más tarde se introdujo en los sectores de la industria del vidrio hueco el soplado mecánico con aire comprimido.

Hay que señalar que una de las circunstancias que hizo posible la introducción de esta técnica fue que la mejora introducida por los vidrieros fenicios en sus hornos les permitió alcanzar temperaturas más elevadas y, por lo tanto, masas de vidrio menos viscosas más adecuadas para las operaciones de soplado. Otra consecuencia de la elevación de la temperatura fue la mayor homogeneidad del vidrio y la posibilidad de conseguir su transparencia.

Parece probado que las primeras cañas empleadas para soplar vidrio se hicieron de terracota, ya que es sabido que en los trabajos en que se empleaba el fuego era frecuente emplear cañas cerámicas para soplar y avivar las llamas. Existen algunas representaciones que sustentan esta interpretación, como la de la (fig. 3.26), en la que aparecen dos figuras atizando el fuego de un hogar abierto. Esta representación que corresponde a un bajorrelieve que decora uno de los treinta y nueve hipogeos encontrados en la aldea de Beni-Hassam-el Kadim, dio lugar a que durante algún tiempo se mantuviera erróneamente la creencia de que se trataba de dos vidrieros egipcios soplando vidrio.

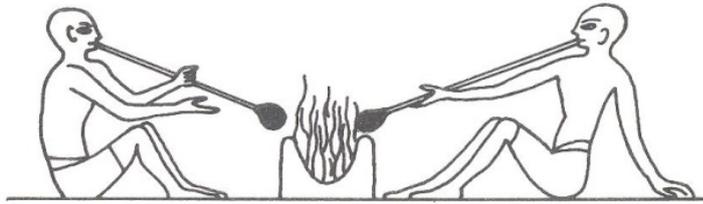


Figura 3.26. Dibujo del bajorrelieve de uno de los hipogeos hallados en la aldea de Beni-Hassam-el Kadim, c 2100 a.C., que representa a dos artesanos soplando para avivar el fuego (23).

Asimismo, la representación de la fig. 3.27, que corresponde a una estatuilla de piedra caliza del tercer milenio a.C. encontrada en Gizeh (Egipto) (80), se atribuye a un artesano soplando el fuego. La pequeña longitud del deforme tubo que empuña hace pensar que se trate de un tubo de terracota para que, debido a su baja conductividad térmica, se pueda mantener frío en un extremo, estando incandescente el otro.

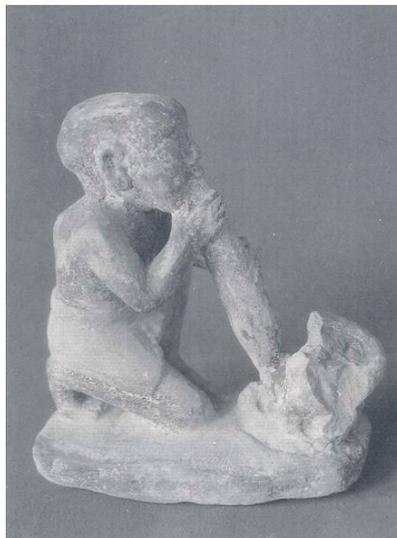


Figura 3.27. Figura que representa un artesano soplando el fuego con un tubo supuestamente de terracota.

La idea de que las primeras cañas para soplar vidrio fueran cerámicas es muy verosímil, ya que los artesanos vidrieros estaban familiarizados con la

manipulación de la arcilla para la fabricación de crisoles para fundir vidrio y de moldes para sinterizarlo. Es muy posible que intencionada o accidentalmente un vidriero introdujera parcialmente uno de estos tubos en vidrio fundido y descubriera la posibilidad de obtener una forma hueca por soplado.

El hecho de que fuera más fácil fabricar tubos de terracota que de hierro, explica que en algunos lugares el uso de los primeros se prolongara en el tiempo, incluso después de haber extendido los vidrieros romanos el uso de las cañas metálicas. Existen testimonios arqueológicos que lo acreditan, como demuestran los hallazgos de fragmentos de cañas de terracota en un yacimiento de mediados del siglo I d.C. en la localidad romana de Aventicum (Suiza) (59).

La fig. 3.28 muestra una típica lucerna romana de terracota, en cuya superficie aparece impresa en relieve una escena que representa a un vidriero soplando una botella de cuerpo abombado y largo cuello.



Figura 3.28. Representación de sopladores de vidrio impresa en una lucerna cerámica (6).

La corta longitud de la caña permite descartar que esta fuera de hierro, ya que, la elevada conductividad térmica del metal habría impedido que el vidriero pudiera sujetarla en sus manos. La lucerna procede de la antigua ciudad romana de Asseria (Dalmacia).

La operación de soplado con la caña puede realizarse libremente, soplando la posta al aire y conformándola con ayuda de moldes abiertos de madera húmeda y sucesivas acciones manuales complementarias, tales como

balanceo de la preforma para producir su alargamiento, plegamientos, pinzamientos y otros retoques varios, realizados con distintos utensilios de trabajo. Una vez terminada la conformación básica de la pieza, puede someterse, mientras aún está caliente o tras un calentamiento posterior, a una decoración adicional. Esta puede llevarse a cabo por estampación superficial de resaltes, por incrustación de hilos o filamentos, generalmente de color, como los que empleaban los vidrieros egipcios y sirios para decorar sus objetos fabricados por la técnica del núcleo de arena (véase 4.3); por recubrimiento superficial con granos de vidrios de colores (murrina); por aplicación de cabujones o botones en caliente, como los de las copas de los vidrieros germanos, o por superposición de cordones de vidrio.

La técnica de soplado es la más frecuentemente empleada en la producción manual de vidrio artístico en sus más diversas formas (véase 4.6 y siguientes).

Soplado en molde

La otra posibilidad de la técnica de soplado consiste en introducir la posta de vidrio en el interior de un molde, que seguidamente se cierra y en el que, se sopla a boca a través de la caña o bien mediante inyección de aire comprimido. Por efecto de la presión el vidrio es proyectado hacia las paredes del molde que dejan impresos los relieves y dibujos de este en la superficie de la pieza (fig. 3.29).



Figura 3.29. Rene Roubícek. Installation, 1959 (350 cm alto).

El soplado en molde puede considerarse como una variante del proceso de prensado o de sinterizado o de colado en molde.

Soplado a partir de tubo

También se puede aplicar la técnica de soplado para la creación de diversos tipos de objetos a partir de preformas de vidrio previamente elaborado. El caso más común es el de la utilización de tubo de vidrio fabricado principalmente con destino a la producción de material de laboratorio o a aplicaciones industriales.

Muchos artistas emplean tubo de vidrio industrial de distintas composiciones como material de partida para la realización de sus obras (fig. 3.30). Es recomendable emplear vidrio de borosilicato por su mejor comportamiento al choque térmico.



Figura 3.30. Vera Lisková. *Anthem of joy in glass*, 1977 (99,5 x 91,5 cm).

Vidrios doblados

En una fase intermedia de la elaboración por soplado de un objeto, la preforma, todavía caliente, puede recubrirse con una capa de un segundo vidrio mediante inmersión en él. A continuación se sopla el conjunto y se le da la forma

final. De este modo se pueden obtener objetos con combinaciones de vidrio opal y transparente o de vidrios de distinto color (*vidrios doblados*) (fig. 3.31).

También es posible realizar la aplicación del segundo vidrio en una zona parcial de la superficie del primero (fig. 3.32). Es absolutamente necesario que todos los vidrios que formen el conjunto sean compatibles, es decir que tengan el mismo coeficiente de dilatación térmica y el mismo índice de refracción. Los vidrios doblados permiten la realización de decoraciones camafeo.



Figura 3.31. Frutero de vidrio rubí doblado, Bohemia, c 1900 (24,1 x 27,9 x 27,9 cm).



Figura 3.32. Jarra de vidrio rubí doblado parcialmente, c 1890 (c 20 cm alto).

Sommerso

No sólo se puede realizar la operación de doblado en los vidrios soplados sino también por inmersión de piezas macizas en otros vidrios fundidos para obtener por superposición recubrimientos de capas de otros colores (*vidrio sommerso*) (figs. 3.33 y 3.34).



Figura 3.33. Archimede Seguso. Juego de tres patos de vidrio sommerso, c 1950 (25,4, 19,1 y 19,7 cm alto).



Figura 3.34. Jarrón sommerso, c 1960 (25,5 x 9 x 9 cm).

Vidrios calcedonia

A diferencia de los vidrios doblados, en los que las diferentes capas de vidrios de color que los componen mantienen nítidas líneas de separación, en los vidrios calcedonia, formados también por vidrios de distintos colores, se busca crear venas de colores interdifundidos y heterogéneamente mezclados (fig. 3.35). Mediante estos efectos se pretende imitar el aspecto de los minerales naturales de ágata y de calcedonia, del que toman su nombre estos vidrios.



Figura 3.35. Dino Rosin. Torsos en vidrio calcedonia, c 1990 (44,7 x 32,0 x 4,4 cm).

Incalmo

A las técnicas, hasta aquí descritas, de fabricación de objetos constituidos por dos o más vidrios, hay que añadir la conocida por la denominación italiana original de *incalmo*. Se emplea para la creación artística de piezas complejas generalmente de vidrio hueco, formadas por sucesivos cuerpos de vidrios de diferentes colores, que se unen por sus bordes. Primeramente se preparan por separado preformas, generalmente tubulares de cada uno de los distintos cuerpos de color. Seguidamente se calientan hasta su

reblandecimiento y se van uniendo por sus bordes entre sí. Luego se recalienta uniformemente todo el conjunto y por soplado se le da la forma definitiva. El mérito de este proceso reside en la precisión que requiere el perfecto ajuste dimensional de estos, y que no se produzca interdifusión del color de los distintos vidrios en sus zonas de contacto (fig. 3.36).



Figura 3.36. Lino Tagliapietra. Jarrón realizado con la técnica *incalmo*, c 1986 (29,2 cm alto).

Vidrio helado o escarchado

Se aplica esta denominación genérica a los objetos de vidrio que presentan una superficie aparentemente cuarteada o “craqueada” por multitud de grietas que se propagan por toda su extensión.

Este efecto se consigue cuando la pieza, en una fase muy avanzada próxima a adquirir su forma definitiva, y estando aún caliente, se sumerge en agua fría. Como consecuencia del brusco choque térmico sufrido se genera un gran número de fracturas superficiales, las cuales no llegan a provocar la rotura de la pieza si ésta, inmediatamente después, se somete a un breve calentamiento o se recubre por una delgada capa de vidrio fundido que aglutina el conjunto. Su aspecto final, que da origen al nombre que se le aplica, es semejante al que adquiere un trozo de hielo cuando se golpea (fig. 3.37).



Figura 3.37. Jarrón de vidrio helado de uranio, c 1920 (24 cm alto).

Filigrana

Se aplica este nombre al vidrio decorado con incrustaciones de hilos de vidrio opal, generalmente blanco (en italiano denominado *lattimo* o *latticino*), formando dibujos y trenzados de fantasía (fig. 3.38).

El primer paso es la toma de una posta de vidrio opal, a la que se da una forma cilíndrica de poca altura. Estando ésta todavía en estado plástico se recubre con una segunda posta más gruesa del vidrio transparente, incoloro o coloreado, que haya de constituir el cuerpo de la pieza. A continuación, el nuevo bloque cilíndrico formado es estirado manualmente desde cada uno de sus extremos por dos operarios, hasta configurar una larga varilla que queda constituida por un alma de vidrio opal recubierto concéntricamente por el vidrio exterior incoloro transparente (fig. 3.39).

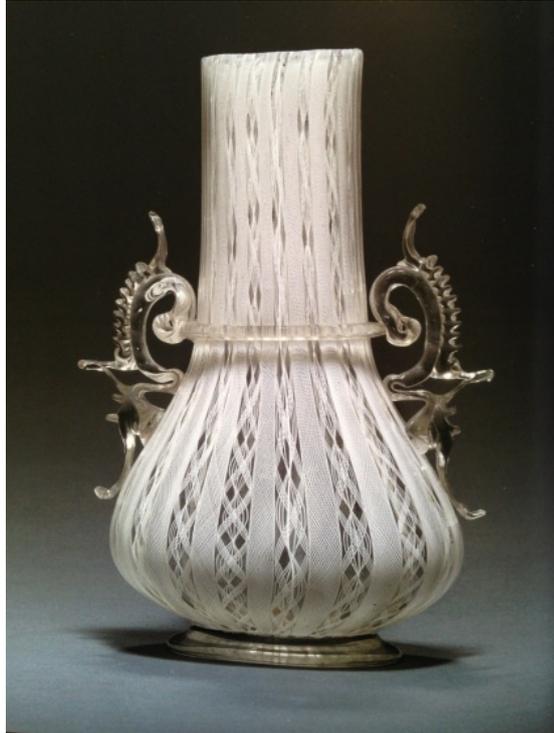


Figura 3.38. Florero veneciano de vidrio filigrana, siglo XVII (32,2 cm alto). Allaire Glass Collection, EE.UU.



Figura 3.39. Varillas de vidrio de partida para la realización de objetos de vidrio filigrana.

Estas varillas (varillas filigrana) son el material de partida para la conformación y decoración de este tipo de objetos. Para formar un trenzado de hilos opales se toman dos o más varillas, se calientan hasta su reblandecimiento, se unen entre sí y se estiran y torsionan conjuntamente para formar hilos rectos o en espiral. Combinando y uniendo adecuadamente el número suficiente de varillas se procede a la elaboración de la pieza por soplado con ayuda de otras operaciones auxiliares para su conformación definitiva. Una variedad de los vidrios filigrana es la de los *vidrios reticello*.

Reticello

El nombre italiano con el que se conoce este tipo de decoración de vidrio hace alusión al diseño, semejante a una redcilla (*reticella*), formado por hilos opales de color blanco entrecruzados y arrollados en espiral, que quedan incrustados en la masa de vidrio (fig. 3.40).

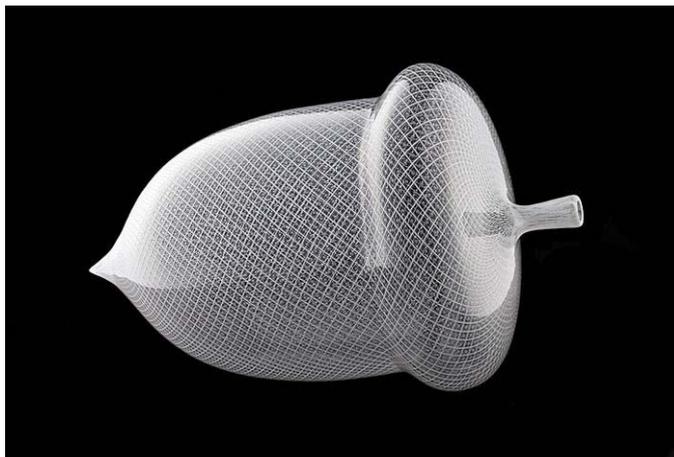


Figura 3.40. Dante Marioni. *White reticello acorn*, 2010 (30,5 x 25,5 cm).

Las piezas decoradas por este procedimiento se forman superponiendo dos capas de vidrio que se elaboran separadamente y que, cuando están semiacabadas, se encajan una dentro de otra para su unión final. Ambas se preparan de la misma manera a través de las siguientes etapas.

La primera fase de su ejecución es la obtención de la larga varilla de filigrana, tal como se ha descrito anteriormente. Una vez fría, ésta se corta en segmentos de igual longitud, proporcionada a las dimensiones finales de la pieza que se desea fabricar. Para realizar la segunda operación se toma un número suficiente de las varillas cortadas, se colocan paralelamente, unas junto a otras, sobre una placa refractaria y se calientan hasta un reblandecimiento incipiente,

que permita que se adhieran tangencialmente para poder agruparlas y formar con ellas una envoltura cilíndrica cerrada. Simultáneamente otro operario toma una posta del vidrio transparente y le da la forma de un disco grueso, sobre el que, sirviéndole de base, se coloca verticalmente el cilindro formado por las varillas. En la fase siguiente se calienta el conjunto para que las varillas se unan entre sí hasta que formen una pared cilíndrica continua. A partir de ese momento el cilindro se va estirando y torsionando, combinando las operaciones de soplado, estirado y torsionado. Así, las varillas opales se alargan y ahílan, y los hilos se curvan en líneas en espiral. Mientras tanto, otro operario prepara de la misma manera otro cilindro igual al anterior, pero torsionado en sentido contrario al primero, a fin de que, al encajar uno en otro, los hilos opales de ambos queden cruzados formando dos espirales opuestas que configuran el diseño de *reticella*. A continuación los dos cilindros superpuestos se unen en caliente, soplando en su interior y mediante el empleo de pinzas y otros útiles se le da la forma definitiva a la pieza.

Bullicante

Este es el nombre original italiano que reciben los objetos de vidrio decorados por la inclusión en su cuerpo de pequeñas burbujas gaseosas regularmente distribuidas para formar un diseño armónico (fig. 3.41).



Figura 3.41. Carlo Scarpa para Venini. Cuenco de vidrio bullicante, 1935-1940 (7,6 x 4,4 cm).

La decoración se realiza imprimiendo sobre la superficie de la preforma de vidrio caliente, en estado plástico, minúsculas depresiones por medio de una plantilla provista de pequeñas puntas metálicas dispuestas según el diseño que se desea que guarden las burbujas. Seguidamente se sumerge la pieza en el fundido para recubrirla con una nueva capa de vidrio. Entonces el aire atrapado en las pequeñas oquedades cubiertas se dilata, se expande y forma las burbujas así ocluidas. La sucesiva superposición de capas de vidrio explica que las piezas decoradas por este procedimiento sean de grueso espesor.

Pan de oro (gold sandwich)

Una técnica de ornamentación desarrollada por los vidrieros romanos consistía en la colocación de una fina lámina de pan de oro, recortada y grabada según motivos vegetales o de otro estilo, entre dos piezas de vidrio encajables una dentro de la otra. Con un calentamiento posterior el pan de oro queda atrapado de modo indeleble entre los dos vidrios. Frecuentemente esta técnica se utilizaba para la ornamentación de cuencos (fig. 3.42).

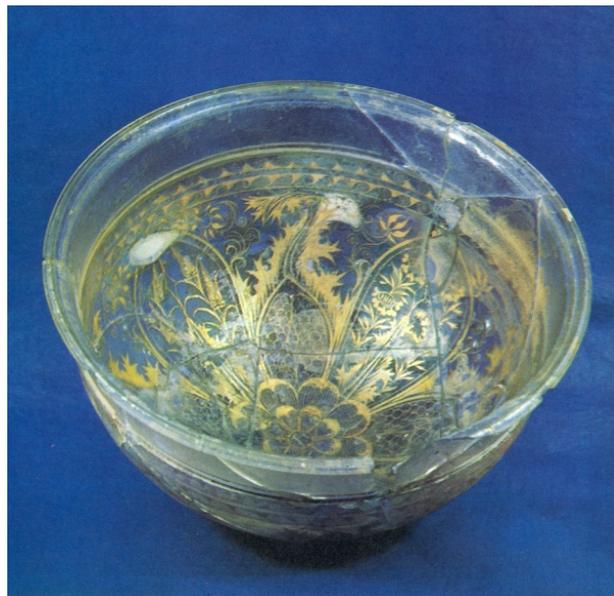


Figura 3.42. Cuenco con ornamentación de pan de oro (*gold sandwich*), siglo II-III d.C. (19,3 cm diámetro). British Museum, Londres, U.K.

Termoformado

La técnica de termoformado o termofundido, más conocida comúnmente como *fusing*, es una técnica de ejecución relativamente sencilla que ha

alcanzado una gran expansión en los últimos cuarenta o cincuenta años. En general parte del empleo de hojas de vidrio plano industrial a las que, calentadas entre 600 y 700°C en que alcanzan un estado termoplástico, se les da forma por acoplamiento a un molde mediante un ligero prensado o por simple deformación por acción de la gravedad.

Este procedimiento se emplea, por una parte, para la producción de objetos de forma abierta, tales como platos o recipientes de poca profundidad (fig. 3.43).



Figura 3.43. Panel termoformado (40,6 x 55,9 x 12,7 cm).

Otra posibilidad que ofrece esta técnica es una gran libertad creativa de piezas con superficies suavemente curvadas o alabeadas. Para su realización se coloca una hoja de vidrio plano sobre uno o más pequeños apoyos refractarios, dispuestos en zonas más o menos alejadas de los bordes, de modo que cuando el conjunto se calienta por encima de su temperatura de reblandecimiento y el vidrio comienza a reblandecer, las partes sobresalientes de la hoja se van curvando por acción de la gravedad, en suave caída hacia sus bordes dando lugar a caprichosas formas al azar. Esta técnica se conoce en la terminología anglosajona con el nombre de *slumped glass* (fig. 3.44).



Figura 3.44. Mary Shaffer. Water lines, 2006 (64 x 60 x 20 cm).

Su simplicidad de manipulación ha dado lugar a la producción masiva de piezas vulgares de muy dudosa calidad estética que han devaluado la consideración de este procedimiento.

Una derivación de la técnica de termoformado es la que se emplea muy frecuentemente para la realización de obras artísticas por superposición a una lámina del vidrio base y posterior incrustación en ella de piezas de vidrios de colores, tras un calentamiento uniforme del conjunto. La difusión y popularidad que ha alcanzado esta variante se debe a que permite la creación en forma plana o en altorrelieve de una gran variedad de diseños, formas y efectos artísticos (fig. 3.45).

Para el buen resultado de las obras realizadas mediante esta técnica, lo mismo que con cualquiera otra que conduzca a la unión en caliente de dos vidrios reblandecidos de distinta composición, es especialmente importante que exista una estrecha concordancia entre los respectivos valores de su coeficiente de dilatación térmica dentro de los límites establecidos.



Figura 3.45. Panel de vidrio termoformado en relieve sobre azulejos (76,2 x 50,8 cm).

Soplete o candilón

Indistintamente, bajo cualquiera de ambos nombres, se conoce el trabajo de conformación del vidrio a la llama de un mechero o de un soplete. El proceso de elaboración se inicia tomando una porción de vidrio, generalmente en forma de varilla, que se introduce en la llama y se calienta uniformemente haciéndola girar de manera continua alrededor de su eje. Una vez que alcanza su temperatura de reblandecimiento, se comienza a darle forma lentamente por medio de sucesivas operaciones de estiramiento, engrosamiento o pinzamiento con ayuda de distintos útiles (pinzas, tenacillas, tijeras) hasta que se obtiene la configuración deseada. Así se fabrican multitud de pequeñas figuras decorativas y pisapapeles (fig. 3.46).

Para obtener combinaciones de colores se funden conjuntamente uno o más vidrios, siempre que estos sean compatibles térmicamente. También se puede emplear esta técnica para la producción de perlas de vidrio. La preparación se realiza tomando con un alambre a partir de varilla de vidrio pequeñas porciones de material que al ser calentadas al calor de la llama, haciendo girar el alambre de modo continuo, adoptan al fundir la forma esférica por efecto de la tensión superficial del vidrio.

Para poder alcanzar las temperaturas de trabajo requeridas es importante elegir la mezcla de gases (propano-aire, propano-oxígeno o hidrógeno-oxígeno) adecuada a la composición de cada vidrio (silicato sódico cálcico común,

potásico plúmbico, borosilicato o de sílice pura). Además de su temperatura es importante conocer las condiciones oxidantes o reductoras de la llama ya que, dependiendo de estas, pueden producirse cambios de color, reducciones metálicas superficiales, desvitrificaciones o formación de pequeñas burbujas. Especialmente delicado es el trabajo del vidrio de sílice a la llama, no sólo por su elevada temperatura de reblandecimiento, sino porque en presencia de pequeñas cantidades de vapor de agua pueden formarse desvitrificaciones de cristobalita que dan lugar a opacificaciones parciales y tensiones mecánicas.



Figura 3.46. Paul Stankard. *Cloistered Column* (7,8 x 3,5 x 3,8 cm).

El trabajo al soplete está preferentemente indicado para la manufactura de pequeños objetos. En el caso de piezas de mayor tamaño es preciso que durante su elaboración todo el conjunto se mantenga a la misma temperatura. De otro modo enfriamientos locales por debajo de la temperatura de transición del vidrio podrían dar lugar a roturas por la creación de tensiones locales entre las zonas frías y calientes.

Pasta de vidrio (pâte de verre)

Comúnmente se aplica de modo impropio la denominación de pasta de vidrio al material del que están formados muchos objetos de vidrio antiguo,

egipcio o púnico, porque carecen de la transparencia y del brillo característico del vidrio convencional. Esta carencia se debe a que fueron elaborados a una temperatura insuficiente para que sus componentes llegaran a reaccionar y fundir completamente, y que al enfriar pudieran adquirir tal aspecto.

Los objetos que se elaboran mediante la técnica de conformación que hoy se conoce con el nombre de *pasta de vidrio* o *pâte de verre*, solo tiene en común con aquellas piezas antiguas ser translúcidos u opacos, pero no transparentes, si bien su masa es de una elevada homogeneidad de la que los vidrios antiguos carecían. Esta técnica parte de una frita de vidrio previamente fundido que se muele hasta formar un grano fino. Éste se mezcla con un aglomerante para formar una pasta que se introduce en un molde y se calienta hasta unos 700-800°C para producir su sinterización de modo análogo al de un proceso de cocción cerámica. El vidrio no llega a fundir totalmente y por esta razón no llega a ser transparente. Las ventajas de este procedimiento son que la pasta se puede modelar en frío, que se puede colorear en puntos prefijados antes de la cocción y que, ajustando la temperatura de sinterización, se pueden conseguir distintos grados de translucencia y diferentes texturas (fig. 3.47).



Figura 3.47. François Emile Decorchemont. Jarrón realizado en pasta de vidrio, 1923 (c 9 cm alto).

Esmaltado

Uno de los procedimientos decorativos más empleados, en el que destacaron por su maestría los vidrieros bizantinos es el de la pintura de

escenas o motivos diversos coloreados sobre la superficie del vidrio. Como material pictórico se emplean suspensiones oleosas de polvo de vidrios de distintos colores que fundan a temperatura inferior a la del vidrio a decorar. Una vez pintada la escena y evaporado el agente oleoso, los objetos se hornean hasta que funda el esmalte aplicado sobre el objeto de vidrio. Se pueden emplear esmaltes de colores transparentes u opacos. Esta técnica se utilizó muy frecuentemente por los vidrieros venecianos y por los vidrieros centroeuropeos para decorar los vasos de grandes dimensiones (fig. 3.48).

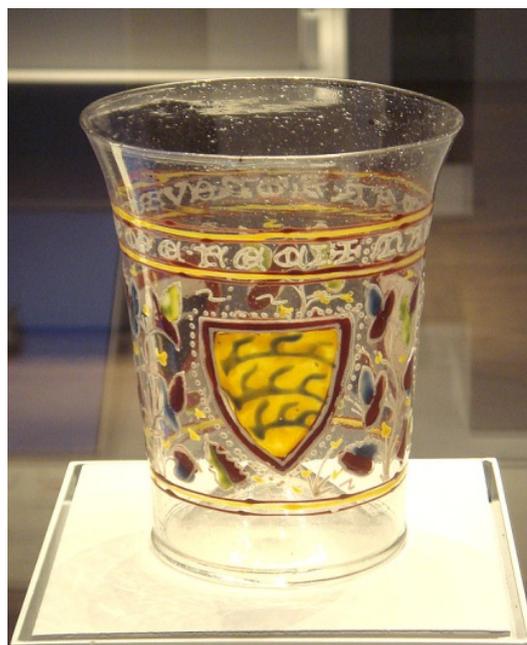


Figura 3.48. Vaso veneciano Aldrevandini realizado con vidrio esmaltado, c 1330 (13 cm alto, 10,9 cm diámetro). British Museum, Londres, U.K.

Entre las capas sucesivas de vidrios de François Emile Decorchemont olvidados también se puede intercalar polvo de esmaltes vítreos de distinto color o de vidrio opal para conseguir distintos efectos decorativos.

Grisalla

La decoración con grisalla es una variante del proceso de esmaltado, consistente en el trazado exclusivo de diseños de color gris o negro con el fin de conseguir alternancias de opacidad y translucencia, para crear juegos de sombra y luz y simular efectos de relieve.

Graal

La técnica *Graal* fue ideada por Knut Bergqvist en 1916 en Orrefors (Suecia). Su nombre alude a la leyenda del Santo Grial, porque la decoración de las primeras copas realizadas por este procedimiento presentaba surcos de color rojo rubí semejante al de la sangre.

La primera fase de este proceso decorativo consiste en recubrir en caliente una preforma avanzada de la pieza con una o más capas de vidrio de color. Una vez fría se traza sobre la superficie coloreada el motivo de la decoración mediante grabado, tallado, ataque ácido o chorro de arena, haciendo desaparecer el color en esa zona. A continuación se vuelve a calentar, se recubre con vidrio incoloro y se sopla para darle su forma final. Al expandirse la pieza se suavizan y desenfocan los contornos del diseño que parece quedar suspendido en su interior, produciendo el típico efecto *Graal* (fig. 3.49).



Figura 3.49. Jarrón Graal diseñado por Simon Gate y realizado por Knut Bergqvist y Heinrich Wollmann, 1919 (15,5 cm alto).

Ariel

El nombre de esta técnica está tomado del nombre que da Shakespeare al dios del viento en su obra “La tempestad”. Es una técnica decorativa desarrollada también en Orrefors (Suecia) por Gustav Bergqvist, Vicke Lindstrand y Edvin Öhrström, derivada de la técnica *Graal* desarrollada unos años antes. Su descubrimiento nació de la observación de que cuando una pieza de vidrio de color grabada anteriormente se recubre en caliente con una capa de

vidrio fundido pueden quedar ocluidas burbujas de aire procedentes de los huecos creados por los trazos o incisiones. Al soplar a continuación la pieza recubierta para darle su forma final, el aire ocluido le proporciona efectos decorativos adicionales (fig. 3.50).



Figura 3.50. Edvin Öhrström. Jarrón Ariel, 1970 (17 x 13 cm). a) Anverso. b) Reverso.

Favrile

Es un procedimiento decorativo que proporciona al vidrio una atractiva iridiscencia superficial, análoga a la producida por los colores de interferencia que presentan algunos vidrios antiguos que, por haber permanecido largo tiempo enterrados, han sufrido una microdescamación superficial como consecuencia de una prolongada lixiviación en el medio húmedo del suelo.



Figura 3.51. Louis Comfort Tiffany. Jarrón de vidrio Favrile oro, c 1912 (13 x 8 cm).

La decoración *Favrile*, patentada en 1894 y desarrollada por Louis Comfort Tiffany, se consigue incorporando al vidrio fundido algunos óxidos metálicos finamente divididos (fig. 3.51).

Aurene

Los vidrios *Aurene*, lanzados al mercado en 1904 por la empresa Steuben Glass Works de EE.UU. se caracterizan, asimismo, por su decoración iridiscente. Su nombre se debe a que los primeros que se fabricaron presentaban una superficie dorada (fig. 3.52). Posteriormente se fabricaron también en color azul, verde, rojo y marrón (fig. 3.53).



Figura 3.52. Steuben. Jarrón abanico de vidrio Aurene oro, c 1900 (21 x 16 cm).



Figura 3.53. Steuben. Jarrón abanico de vidrio Aurene azul, c 1927 (22 x 18 x 10 cm). Museo de Bellas Artes de Boston, MA, EE.UU.

A diferencia de los vidrios *Favrile* el efecto iridiscente de los vidrios *Aurene* se debe a la presencia de innumerables microfisuras superficiales que reflejan y refractan la luz y les proporcionan su característico reflejo metálico. El brillo de la superficie se puede atenuar proyectando sobre ella en caliente una solución de tetracloruro de estaño que le proporciona un delicado acabado mate.

3.4.3. Técnicas de conformación y ornamentación en frío

Láminas de vidrio plano

Sin duda el mayor número de creaciones artísticas dentro de este grupo corresponde a las obras realizadas por apilamiento horizontal o agrupamiento vertical de láminas de vidrio plano de grueso espesor, fabricado industrialmente. Su ejecución se ajusta básicamente a la conjunción de las operaciones de corte de las hojas, de acuerdo con los patrones diseñados, a su ensamblado y pegado en frío y, finalmente, al canteado y pulido de sus bordes.

La concepción de la mayoría de las obras se ajusta a construcciones geométricas, más o menos abstractas, cuya fantasía y complejidad realza su valor (véase 6.2.1, 6.2.3 y 6.2.4). Los bloques así contruidos pueden someterse a operaciones decorativas posteriores (fig. 3.54).

Esta técnica se ha empleado asimismo para representaciones figurativas y esculturas de gran tamaño (fig. 3.55).



Figura 3.54. Luciano Vistosi. Obra realizada con láminas de vidrio plano, 1986 (10,5 x 8,5 x 4,5 cm). Colección Fernández Navarro, Madrid.



Figura 3.55. Ben Young. *Dangerous curves* (80 x 30 x 30 cm).

Tubo y fibra de vidrio

Además del vidrio plano se han empleado otros productos de vidrio industrial como materiales de partida para la creación de esculturas por sinterización de conjuntos de tubos o de fibras de vidrio (figs. 3.56 y 3.57).



Figura 3.56. Julia Weiland. *Informel structure*, 2012 (c 60 cm largo). Escultura realizada con tubo de vidrio. *Europäisches Museum für Modernes Glas, Rödental, Alemania*.



Figura 3.57. María Bang Espersen. Complexity, 2013 (c 50 cm largo). Escultura realizada con fibra de vidrio. Europäisches Museum für Modernes Glas, Rödental, Alemania.

Ensamblado de fragmentos de vidrio

Una variante del empleo de láminas de vidrio plano y de otros productos industriales de vidrio la constituye el uso de casco de vidrio incoloro o de color (fig. 3.58), e incluso el uso de fragmentos de recuperación de vidrio de botellas para la construcción de esculturas (fig. 3.59).



Figura 3.58. Marta Klonowska. Escultura realizada con fragmentos de vidrio incoloro (c 80 cm alto). Glasmuseum Hentrich, Düsseldorf, Alemania.



Figura 3.59. Bert van Rausbeek. *Eco Jacaré*, 2013 (c 150 cm largo). Escultura realizada con fragmentos de vidrio de botella. Glas-Sammlung Veste Coburg, Coburg, Alemania.

Tallado

El tallado con cincel o buril, que desde la época clásica ha sido la técnica más empleada para esculpir diversos materiales, no puede emplearse para la creación de esculturas en vidrio debido a la fragilidad característica de este material. En su lugar, para producir cortes e incisiones profundas hay que recurrir al empleo de otros procedimientos. Las simples operaciones de corte en piezas de poco espesor se realizan grabando a lo largo de toda la línea de corte un trazo profundo marcado por una punta de diamante o de otro material de elevada dureza. Las microfisuras creadas en los bordes del surco dan lugar a una disminución de la resistencia mecánica del vidrio, y la rotura se produce fácilmente siguiendo la línea trazada y dejando limpios los bordes de corte. Este proceso se ajusta al típico mecanismo físico de fractura frágil controlada.

Cuando se desea llevar a cabo operaciones de talla profunda o de vaciados que requieran la extracción de material, hay que recurrir al empleo de ruedas de cobre, pequeñas muelas abrasivas y discos de corte refrigerados por agua. En este caso el vidrio se va arrancando por abrasión según un mecanismo de creación de microfundidos locales que facilitan un gradual desgarramiento del material. De esta manera se evita que sobrevengan inesperadas roturas de la pieza debidas a fracturas frágiles incontroladas.

Para la creación de esculturas en vidrio el artista no suele partir de un bloque informe como habitualmente hace el escultor de figuras de mármol o de piedra. En general, primero se confecciona una preforma de la pieza, más o

menos ajustada al diseño previsto, empleando una de las técnicas convencionales de conformación en caliente (prensado, soplado o colado). Sobre ella se dibujan primero las líneas del boceto y a continuación se lleva a cabo el delicado trabajo de tallado y perfilado. Si bien la producción de objetos de vidrio de uso decorados y embellecidos por la talla ha sido cuantiosa y altamente apreciada a lo largo de la historia (fig. 3.60), desde que se inició en Centroeuropa en la segunda mitad del siglo XVII (véase 4.10), el número de esculturas talladas, realizadas como obras exentas y como creaciones libres y representativas por sí mismas es comparativamente mucho menor. Dentro de su relativamente escaso número merecen destacarse algunas obras modernas realizadas por artistas checos (véase 5.1.2).

Los primeros antecedentes de los trabajos de tallado de vidrio se remontan a la época romana, en la que se realizaron obras de una complejidad y de una calidad artística como los vasos diatreta y el vaso de Licurgo (véase 4.6.1.). La fabricación de un vaso diatreta constaba de una primera fase de prensado en molde de una forma bruta preliminar, de paredes muy gruesas, que se recubría por otras tres capas gruesas, separadas entre sí, de vidrios de distinto color que delimitaban tres zonas diferentes correspondientes a las dos cenefas superiores y a la parte inferior. Sobre la banda superior se marcaban las letras de la inscripción y el trazado de los relieves y de los anillos que habían de rodear al vaso. Seguidamente se iniciaba el trabajo de tallado de las letras y el corte, calado y excavado de los anillos que configuran la envoltura flotante que rodea al vaso como si se tratara de un fino encaje superpuesto.



Figura 3.60. Ludwig Moser. Cuenco tallado facetado, c 1880 (13,3 x 22,9 cm).

La fig. 3.61 muestra las sucesivas etapas de la reproducción de un vaso diatreta, realizada por el artista alemán Josef Welzel (90), según describe Dissel (19).

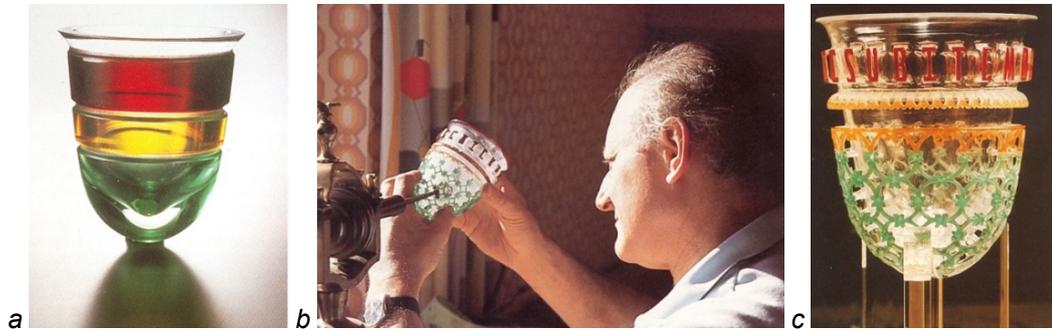


Figura 3.61. Reproducción de un vaso diatreta. a) Aspecto del vaso soplado de paredes gruesas, con su cuerpo dividido en tres zonas de vidrios de diferente color. b) Operación de tallado por el artista Josef Welzel. c) Vaso terminado.

Otra de las variedades más singulares de la producción de vidrio tallado es la de los vasos camafeo también debida a los vidrieros romanos. La técnica de ejecución de los camafeos romanos constaba de una primera fase en la que se soplaba una preforma del cuerpo base de la pieza, que generalmente era de un vidrio de color azul muy oscuro; seguidamente, en caliente, se sumergía esta preforma, hasta una altura determinada, en un vidrio fundido de color blanco opal. El vidrio así doblado se soplaba a continuación en un molde para darle su forma definitiva.

La operación más delicada era la del tallado en relieve de las figuras, adelgazando diferencialmente el espesor de la capa de vidrio blanco opaco para darle mayor o menor translucidez y conseguir así diferentes tonalidades según la intensidad con que se percibiera el color oscuro del vidrio azul subyacente. De este modo se podía matizar el sombreado de las figuras y variar su relieve.

Modernamente el mismo artista alemán mencionado realizó una reproducción del Vaso de Portland, a la que añadió una base y una tapa, semejantes a las que se piensa que originariamente pudo tener. La fig. 3.62 muestra las sucesivas etapas de la ejecución de la reproducción del Vaso de Portland.

La técnica de camafeo estuvo muy difundida entre los vidrieros chinos desde finales del siglo XIX, quienes la emplearon profusamente en la fabricación de pequeños frascos suntuarios empleados para contener rapé (véase 4.11.1) Más tardíamente alcanzó gran predicamento entre los artistas vidrieros del movimiento *Art Nouveau* (véase 4.12).



Figura 3.62. Fases del trabajo de una reproducción moderna del Vaso de Portland por el artista Josef Welzel (90). a) Vaso doblado con vidrio blanco antes de la talla. b) Trazado del diseño. c) y d) Operación de tallado del vidrio blanco de la superficie. e) Aspecto de la obra terminada.

Grabado y mateado

La técnica más común de decoración del vidrio en frío es la de grabado superficial por impresión de un surco, por creación de microlesiones o por mateado superficial químico o mecánico. El grabado mecánico se realiza con una punta de diamante o de otro material de elevada dureza, o bien con una afilada rueda de cobre o una pequeña muela abrasiva, como las anteriormente mencionadas para el tallado del vidrio (fig. 3.63).

La decoración grabada se puede enriquecer rellenando los trazos con una suspensión de oro y someténdola a un calentamiento posterior.

Modernamente se realiza también el grabado con láser que permite crear, mediante una rápida sucesión de impactos ópticos de alta energía, una serie de huellas microscópicas que componen la imagen programada. Este sistema tiene la ventaja de poder grabar imágenes no sólo en la superficie del vidrio sino también en diferentes planos del interior del objeto y obtener así representaciones tridimensionales (fig. 3.64).



Figura 3.63. Mark Raynes Roberts. Through the looking glass, Alice in Wonderland. Casco de vidrio óptico amarillo grabado (50,8 x 35,6 x 16,5 cm).

El grabado químico se realiza atacando la superficie con ácido fluorhídrico o con mezclas de este con otros ácidos. Para su realización práctica se recubre primero la superficie del vidrio con cera, parafina u otro material inatacable por el ácido. A continuación se graba el diseño deseado con un punzón agudo que va levantando la capa protectora del vidrio y dejando este al

descubierto. Finalmente la pieza se expone a la acción del ácido fluorhídrico que produce la corrosión y el mateado del vidrio expuesto. También es posible el mateado total de la obra (fig. 3.65).

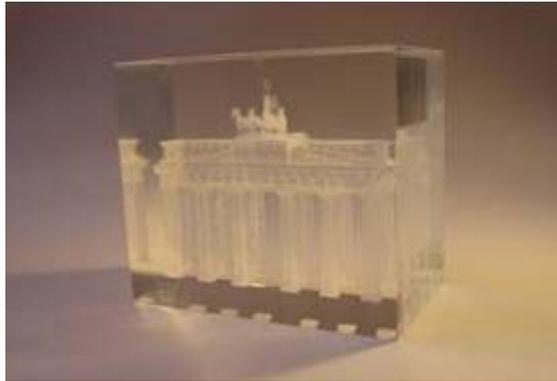


Figura 3.64. Reproducción tridimensional de la Puerta de Brandenburgo de Berlín (7 x 6 x 4 cm). Colección Fernández Navarro, Madrid.



Figura 3.65. Harry Pollitt. Mythic fire (50,8 cm alto, 25,4 cm diámetro). Obra de vidrio mateado en la totalidad de su superficie.

Un procedimiento alternativo para la grabación de diseños por mateado superficial es el conocido como chorro de arena, consistente en lanzar a presión partículas de arena que impacten sobre el vidrio a través de los espacios libres recortados en una máscara de acuerdo con la plantilla del diseño a grabar.

3.4.4. Recursos ópticos para la consecución de efectos artísticos

El principal atributo del vidrio es su transparencia. Gracias a ella el vidrio es el material óptico por excelencia que, a lo largo de la historia, ha hecho posible la construcción de toda clase de instrumentos científicos desde los más sencillos anteojos para corregir los defectos de visión hasta los más sofisticados microscopios para la investigación microbiológica y los grandes telescopios para la exploración astronómica del universo.

Pero también, gracias a su transparencia y a los efectos resultantes de los diferentes mecanismos de su interacción con la luz (reflexión, refracción, dispersión, emisión) los objetos de vidrio artístico, combinando los efectos de la luz, el color y el brillo pueden crear impresiones visuales de gran valor estético y ejercer una fascinación que no es posible conseguir con ningún otro material convencional. Por eso puede decirse que gran parte de la belleza de muchas esculturas de vidrio reside en la belleza del propio material, debido a las características ópticas singulares del vidrio.

Efectos ópticos de forma

El primer recurso óptico de que dispone el escultor en vidrio para enaltecer su creación artística es la luz.

El diseño de piezas de determinadas formas geométricas con una combinación adecuada de superficies planas y caras de distintas curvaturas, permite obtener efectos lenticulares, crear imágenes virtuales y conseguir impresiones luminosas variables tales que, al desplazar el punto de observación de la pieza, produzcan la sensación de que esta cambia de forma como si cobrara vida y movimiento.

En tales casos el primer impacto que recibe el observador es el que le produce la ilusión óptica producida por la luz, más que el aspecto formal de la pieza. Es como si el vidrio se inmaterializara y actuara más como causa que como efecto, o dicho con otras palabras, más como medio para plasmar una escultura luminosa viva que como fin en su propia creación figurativa (fig. 3.66).

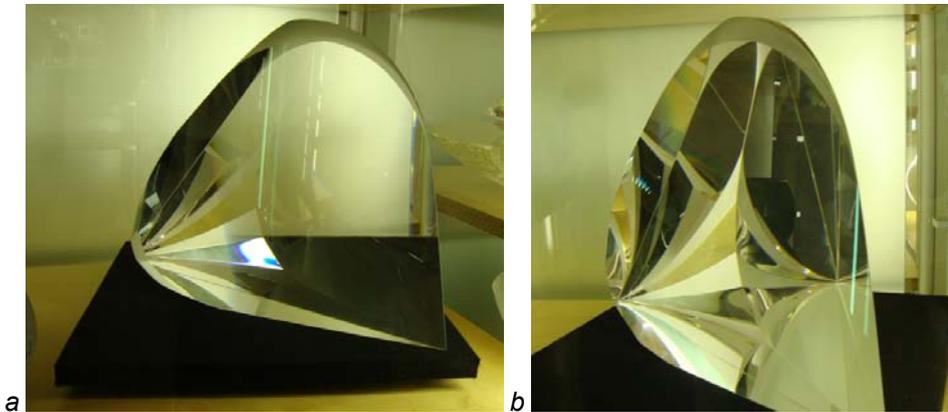


Figura 3.66. a) y b) Escultura realizada en vidrio óptico, fotografiada en dos posiciones distintas (c 30 cm alto). Glassmuseum Ernsting Stiftung, Coesfeld Lette, Alemania.

La concepción, diseño técnico y ejecución de estas obras requiere gran capacidad imaginativa, una profunda visión espacial y una certera previsión del comportamiento óptico de la pieza para conseguir el resultado luminoso deseado (fig. 3.67).



Figura 3.67. Michael David and Kit Karbler. Obra facetada fotografiada en distintas posiciones (25,4 cm alto).

Color

El color es una de las formas del lenguaje con el que la luz impresiona nuestro sentido visual, pero esta sensación psicofísica causada por el estímulo luminoso de cada longitud de onda, también produce un impacto anímico dependiente de la percepción subjetiva y de la sensibilidad del observador. Por eso, como es bien sabido, en todos los campos de las artes el artista hace uso del color como un complemento, bien con fines puramente estéticos para

resaltar la belleza de su obra o bien para dotarla de una expresión o provocar una emoción determinada.

El color, que siempre es importante en todas las creaciones artísticas, en las obras de vidrio destaca de modo especial por la luminosidad y el fulgor que le confiere la transparencia del material, así como por el efecto de profundidad (fig. 3.68).



Figura 3.68. Blanka Adensamová. *The head of the Hathor*, 2005 (c 60 cm alto). *Glassmuseum Ernsting Stiftung, Coesfeld Lette, Alemania.*

En algunos casos el color del vidrio o la combinación de varios colores en la misma escultura (fig. 3.69) puede adquirir una especial significación por sí mismo y llegar a constituir el principal atractivo de la obra como acontece en muchas piedras preciosas.

Por otra parte, si bien la transparencia constituye un sugerente valor añadido que ofrece el vidrio al artista, también representa uno de sus mayores retos porque denuncia ostensiblemente la presencia de cualquier pequeño defecto o minúscula imperfección del material que podría devaluar la obra lo mismo que también sucede con las impurezas de una gema.

Los principales agentes cromóforos empleados en el vidrio y los distintos mecanismos de generación de color han sido ya tratados en el apartado 3.3.4.



Figura 3.69. Tim Rawlism. Echoes of light, 2012 (c 25 cm alto). Glas-Sammlung Veste Coburg, Coburg, Alemania.

Coloración variable

Algunos agentes cromóforos pueden manifestar diferente coloración dependiendo de la naturaleza de la luz con que sean iluminados. Uno de los casos más conocidos es el de los vidrios coloreados con óxido de neodimio, colorante frecuentemente empleado en la producción de objetos ornamentales de gran calidad. El óxido de neodimio imparte a los vidrios un delicado color púrpura (lila a bajas concentraciones de óxido de neodimio), cuando se iluminan con luz incandescente, cuya tonalidad dominante depende mucho del espesor de la pieza y, un color predominantemente azul si se contemplan bajo una iluminación fluorescente (fig. 3.70).

Este efecto, que, por una parte, depende evidentemente de la composición espectral de la fuente de iluminación empleada, es debido principalmente a la intensa absorción selectiva del color amarillo que produce el óxido de neodimio a 590 nm. Al sustraer esta radiación, predominan en el primer caso las radiaciones rojas de la luz incandescente y, en el segundo, las radiaciones azules dominantes en la luz fluorescente. Esta longitud de onda de 590 nm coincide exactamente con la de la luz amarilla del espectro del sodio. Por esta razón los vidrios de neodimio son magníficos filtros que absorben selectivamente esta radiación sin apenas modificar el resto del espectro visible. Así pues, un vidrio que contenga óxido de neodimio también puede aparecer completamente oscuro cuando se ilumina con una lámpara amarilla de sodio.



Figura 3.70. Vetreteria Zane Tagliapetra. Escultura en vidrio Alexandrita (37,5 cm alto).

El hecho de que en la misma pieza puedan observarse simultáneamente tanto la coloración púrpura (o lila) y la azulada (véase figura anterior) se debe a que la fuente luminosa con la que se ilumina dicha pieza contiene una composición espectral amplia, que abarca total o parcialmente la radiación visible y la ultravioleta.

Por un lado la componente visible de la luz que incide en la obra de vidrio con óxido de neodimio da lugar a la coloración azul por un fenómeno ordinario de absorción-transmisión (el vidrio absorbe la radiación correspondiente a la longitud de onda del naranja y transmite la radiación correspondiente a la longitud de onda del azul que se observa, que es el color complementario del naranja). Por otro lado la componente ultravioleta de la luz que incide en la obra es la responsable de la coloración púrpura (o lila) por un fenómeno de luminiscencia: la energía de la luz ultravioleta excita los electrones de los iones de neodimio que pasan a un nivel energético más alto desde el cual caen a un nivel energético más bajo emitiendo fotones (luz) con una longitud de onda (color) menor que la longitud de onda de la luz ultravioleta con que la pieza se iluminó. La adición cromática de esa luz emitida en el fenómeno luminiscente y la luz transmitida en el fenómeno ordinario de absorción-transmisión da lugar al color púrpura (o lila).

Vidrios luminiscentes

La luminiscencia es un fenómeno físico que se manifiesta en ciertas sustancias que, como ya se ha apuntado, cuando son iluminadas por una radiación de elevada energía, emiten luz de mayor longitud de onda que la de la radiación recibida. La emisión luminosa puede ser fluorescente si es prácticamente instantánea y sólo se mantiene mientras actúa la excitación, o bien fosforescente si permanece un determinado tiempo tras la excitación luminosa.

Ante la duda acerca de la utilización de sustancias o vidrios fluorescentes o fosforescentes por parte de los artistas, así como por la dificultad de distinguir a simple vista o mediante una imagen fotográfica si en una escultura se han utilizado sustancias o vidrios fluorescentes o fosforescentes, en lo sucesivo se hace mención al fenómeno general de luminiscencia y, por lo tanto, a vidrios luminiscentes y esculturas luminiscentes.

Para que el fenómeno de luminiscencia tenga lugar se requiere la presencia de elementos químicos que posean una determinada configuración electrónica tal que, cuando sean irradiados absorban la energía necesaria para producir una transición de electrones desde un determinado nivel a otro de superior energía. Cuando esos electrones vuelven a caer a su nivel inicial emiten luz cuyo color corresponde a una menor energía (mayor longitud de onda), ya que parte de la energía de la luz con que fueron irradiados es absorbida por el material. La diferencia entre la energía absorbida y la emitida en forma de luz se disipa en forma de calor.

Como fuente luminosa excitante para provocar la luminiscencia se suele emplear la radiación ultravioleta, conocida vulgarmente como "luz negra".

La aplicación de la luminiscencia a los vidrios ofrece un recurso ornamental especial para exaltar su luminosidad o para conseguir determinados efectos estéticos. Los primeros vidrios luminiscentes que se produjeron comercialmente fueron los vidrios con contenidos variables de compuestos de uranio. Este tipo de vidrios presenta una intensa luminiscencia cuyo color puede variar entre el verde y el amarillo, que se aprecia bajo iluminación normal y se intensifica cuando se ilumina con luz ultravioleta (fig. 3.71).

Los vidrios con uranio fueron altamente apreciados a partir de las primeras décadas del siglo XIX y estuvieron profusamente representados en algunas de las piezas de estilo *Biedermeier* (fig. 3.72) (27). Hoy en día los compuestos de uranio han dejado de emplearse como colorantes del vidrio debido a la no siempre justificada alarma que despierta este elemento por sus

impopulares connotaciones relacionadas con sus aplicaciones en armamento nuclear.



Figura 3.71. *Spirit of the wind*, mascota del vehículo Victoire diseñada por H. Hoffmann (Bohemia), c 1930 (16 x 25 cm).



Figura 3.72. Copa estilo Biedermeier (Bohemia), 1850-60 (14,3 cm alto).

Modernamente se han desarrollado vidrios luminiscentes basados en la incorporación de pequeñas concentraciones de óxidos de algunos elementos de las denominadas “tierras raras”. Entre otros investigadores, Ehrst y colaboradores

(39) han empleado vidrios de borosilicato sódico dopados con óxidos de europio (Eu^{3+} , luminiscencia roja), terbio (Tb^{3+} , luminiscencia verde), erbio (Er^{3+} , luminiscencia verde) y samario (Sm^{3+} , luminiscencia azul y roja). Estos vidrios de borosilicato sódico son muy apropiados para el trabajo al soplete, ya que poseen un bajo coeficiente de dilatación lineal y se pueden manipular a la llama sin peligro de roturas.

La artista alemana Susan Liebold (www.glaswerk-atelier.de/) ha creado numerosas figuras presentadas en diversas exposiciones, empleando este tipo de vidrios luminiscentes. Entre otras, cuenta con una amplia obra inspirada en las diferentes especies marinas quimioluminiscentes habitantes de las profundidades oceánicas, como los sifonóforos (*Staatssquallen*). Un ejemplar de esta especie es el que está expuesto en el Museo Marino Ozeaneum de Stralsund (Alemania) (fig. 3.73).



Figura 3.73. Susan Liebold. Instalación que representa una *Nanomia cara* (2 m longitud). Meeresmuseum Ozeaneum, Stralsund, Alemania.

Este modelo de la especie *Nanomia cara* (fig. 3.74), constituido por más de 2.600 piezas de vidrios luminiscentes, muestra una gran diversidad de colores en su actividad emisiva.



Figura 3.74. Susan Leibold. Instalación que representa una *Nanomia* cara en actividad emisiva luminiscente.

Esta artista está llevando a cabo una importante obra de reproducción en vidrio de especies marinas luminiscentes, análoga a la que llevaron a cabo Leopold y Rudolf Blaschka de invertebrados a finales del siglo XIX (véase 4.12.7).

Otro ejemplo representativo de la aportación del fenómeno de luminiscencia en vidrios a la escultura puede visualizarse en la fig. 3.75.

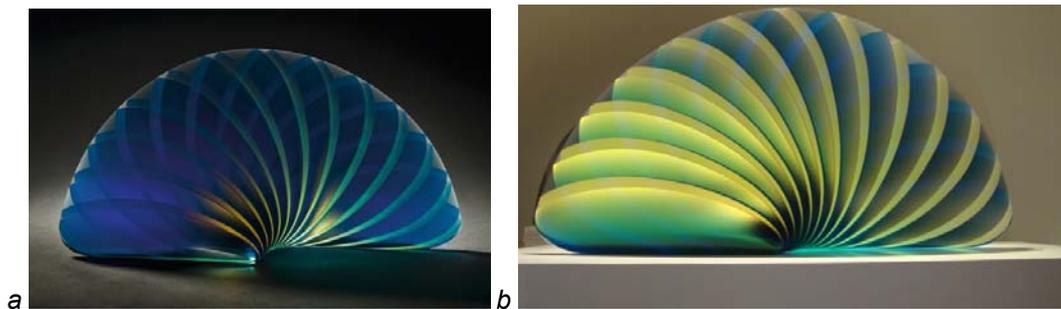


Figura 3.75. a y b) László Lukácsi. *Jewel 1*, 2012 (c 60 cm largo). Premio especial del jurado del Premio de Coburg de Vidrio Contemporáneo, 2014. Glas-Sammlung Veste Coburg, Coburg, Alemania.

La imagen muestra el aspecto de la escultura iluminada de modos diferentes y las variaciones de color que produce la emisión luminiscente. El efecto óptico se refuerza y adquiere profundidad como consecuencia de la

propia técnica de ejecución de la obra, que se ha llevado a cabo mediante el ensamblado de hojas de vidrio y la intercalación de capas de adhesivo teñido con pigmentos luminiscentes. En este caso el vidrio no es luminiscente, pero actúa como transmisor y a la vez receptor de la luminiscencia de las capas intercaladas.

El vidrio también puede ornamentarse con partículas de materiales o sustancias luminiscentes. Este es el caso de las obras del artista francés Jean Claude Novaro (fig. 3.76), que adiciona a la masa de vidrio fundido, inmediatamente antes de ser conformado por soplado, los granos de un material luminiscente. Dichas partículas quedan atrapadas en la masa del vidrio y son capaces de excitarse cuando se iluminan (normalmente con luz ultravioleta) y emitir luz en la oscuridad.



Figura 3.76. Jean Claude Novaro. Jarrón ornamentado con partículas luminiscentes (11,4 x 16,5 cm). Parte izquierda de la imagen, iluminada con luz natural. Parte derecha de la imagen, aspecto en la oscuridad o iluminada con luz ultravioleta.

También con la técnica de vidrio colado en grandes bloques es posible realizar efectos luminiscentes. La fig. 3.77 muestra una escultura de la artista india afincada en EE.UU. Jean M. Fernandes. En esta obra el efecto luminiscente se ha conseguido añadiendo al vidrio un polvo luminiscente.



Figura 3.77. Jean M. Fernandes. Trapped luminescence, 2015 (40,6 x 8,9 x 8,9 cm). Parte izquierda de la imagen, iluminada con luz natural. Parte derecha de la imagen, aspecto en la oscuridad o iluminada con luz ultravioleta.

Una variante de los vidrios luminiscentes masivos es la de los tubos de vidrio rellenos con gases nobles a muy baja presión, que adquirieron un gran desarrollo a partir de 1910 para la fabricación de rótulos luminosos publicitarios, más conocidos comúnmente como “tubos de neón”. Cuando los electrodos colocados en ambos extremos del tubo se conectan a una fuente de alto voltaje la corriente eléctrica produce una excitación de los átomos del gas que provoca su fluorescencia.

Con independencia de su aplicación para anuncios publicitarios, algunos de gran valor imaginativo y artístico, esta técnica ha sido también empleada por escultores para el diseño y creación de obras artísticas, articulando la obra de arte en base a la morfología figurativa y la luz (fig. 3.78), o bien resaltando los aspectos geométricos y de color (fig. 3.79).

No menos interesantes son las obras del binomio formado por Colin Knowles y Tony Greer, que combinan el vidrio soplado con los gases inertes y las sustancias luminiscentes que suelen utilizarse en los tubos de neón. Estos artistas norteamericanos realizan obras que denominan esculturas de plasma de vidrio soplado (fig. 3.80).

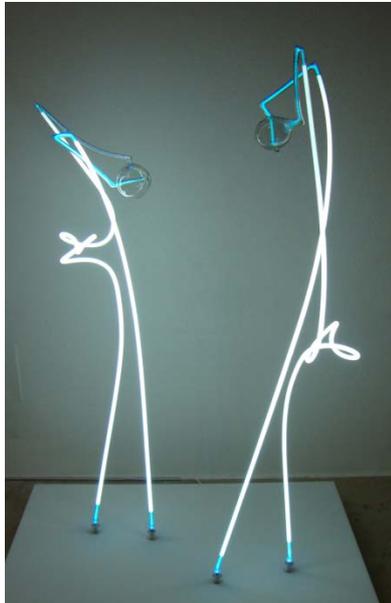


Figura 3.78. Jörg Hanowski. *Lost in time III*, 2013 (c 130 cm alto). Tubos de vidrio de borosilicato conformados a la llama y posteriormente rellenos de argón. Glas-Sammlung Veste Coburg, Coburg, Alemania.



Figura 3.79. Daniel Firman. *Bug* (c 1,5 m diámetro). Instalación con tubos de neón de diversos colores.



Figura 3.80. Colin Knowles & Tony Greer. Interface #2 (c 25 cm alto). Esculturas de plasma de vidrio soplado observadas en la oscuridad.

En estas obras el artista vidriero Colin Knowles sopla la forma de vidrio dejando un espacio hueco que el especialista en las técnicas de tubo de neón se encarga de rellenar con la sustancia luminiscente coloreada. Las correspondientes conexiones eléctricas se realizan por la base de la escultura. Obviamente la gama de colores en el interior de las formas de vidrio es cambiante, así como la disposición del brillo y de los matices luminiscentes.

Fibras ópticas

Las fibras ópticas están constituidas por un filamento central de vidrio recubierto a lo largo de toda su extensión por una delgada capa superficial de un segundo tipo de vidrio de menor índice de refracción. El gran interés de las fibras ópticas reside en que pueden aplicarse como un medio material de conducción de la luz que penetra por un extremo, confinándola en su interior y transmitiéndola instantáneamente sin pérdidas apreciables de su intensidad hasta el punto de recepción deseado. Su comportamiento está basado en que la luz se propaga indefinidamente a través de la fibra mediante la serie de reflexiones totales sucesivas que experimenta en la superficie de contacto con la capa del vidrio de menor índice de refracción que forma el revestimiento superficial y que impide la salida de luz al exterior.

Las fibras ópticas han supuesto en los últimos años una auténtica revolución científica en el mundo de las telecomunicaciones y de la informática. También han encontrado aplicación en el campo artístico y en el de la decoración, ya que agrupadas formando haces de luz de distintos colores pueden conseguir efectos luminosos de gran valor estético (fig. 3.81).



Figura 3.81. Roseline De Thelin. Time smiles, 2008-2010 (c tamaño natural). Figuras de fibra óptica.

La combinación de las fibras ópticas con elementos metálicos, concretamente con varillas de diferentes diámetros o con planchas de acero inoxidable (fig. 3.82), proporcionan esculturas de gran formato de aspecto vivo y dinámico. También se consiguen efectos sorprendentes al conducir las fibras ópticas en el interior de prismas de vidrio óptico (fig. 3.83), o bien con materiales poliméricos como el plexiglás. Las fibras ópticas son un material idóneo para la elaboración de instalaciones luminosas de gran tamaño (fig. 3.84).



Figura 3.82. Carlo Bernardini. Spazio permeabile, 2000 (106,7 x 182,9 x 30,5 cm).



Figura 3.83. Carlo Bernardini. *Light waves*, 2008 (33,0 x 78,7 x 7,6 cm). Aeropuerto del Salento, Brindisi, Italia.

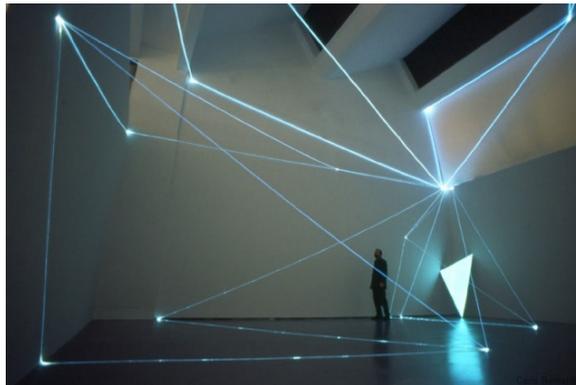


Figura 3.84. Carlo Bernardini. *Spazi permeabili*, 2002 (9 x 13 x 11 m). Instalación realizada con fibra óptica y superficie electroluminiscente. Triennale di Milano, Italia.

Opalescencia

En ocasiones, bien por razones prácticas o por fines estéticos, se evita la transparencia del vidrio y se promueve su translucidez mediante una opalescencia inducida en toda su masa o por la creación de heterogeneidades superficiales creadas por corrosión química o por abrasión mecánica. Cuando la luz pasa a través de un medio transparente no homogéneo que contiene pequeñas partículas de distinto índice de refracción que el del medio, éstas actúan como centros dispersantes de la luz y el material pierde su transparencia. De modo análogo actúan las micro heterogeneidades superficiales. Dependiendo de su tamaño hay que distinguir distintos tipos de dispersión. En el

caso de que las heterogeneidades rebasen el tamaño de la longitud de onda de la luz visible, se produce el efecto Tyndall característico de las suspensiones coloidales. Este efecto consiste en el fenómeno óptico que se manifiesta cuando un rayo de luz atraviesa una suspensión coloidal. Esta se comporta como un medio turbio, en el cual la luz se difunde en todas direcciones, debido a que cada una de las partículas dispersas se comporta como un nuevo foco luminoso (64). El efecto Tyndall determina que cuando un vidrio contiene dispersas en su masa partículas de dimensiones coloidales, presenta una coloración rojiza, cuando se observa por transmisión, y azulada por reflexión (fig. 3.85). En las dispersiones de partículas de mayor tamaño que la longitud de onda de la luz visible o en aquéllas que presentan una amplia distribución de tamaños, se obtiene un color blanco más o menos opaco, como sucede en los vidrios opales (fig. 3.86).



Figura 3.85. Jarrón opal diseñado por Gertude Jekyll para James Powell & Sons, c 1884.



Figura 3.86. René Jules Lalique. Mascota del vehículo Vitesse (c 19 m alto). Figura Art Déco realizada en vidrio opal.

Mateado

Los vidrios mateados tienen un aspecto algo similar al de los vidrios opales; sin embargo el efecto translúcido es sólo superficial. El mateado se puede llevar a cabo mediante un ataque al vidrio con ácidos (ácido fluorhídrico) o bien con chorro de arena (61). En el primer caso el vidrio se somete a las siguientes fases: limpieza y mojado de la superficie, proceso de ataque, lavado tras el ataque y secado final. Cuando el vidrio se ataca con ácido fluorhídrico, la superficie del vidrio queda con un aspecto claro y suave, mientras que si se utiliza como neutralizante una sustancia alcalina fuerte (por ejemplo, el bifluoruro de sodio o de amonio) se obtiene un efecto escarchado más blanquecino. También se pueden utilizar mezclas de ácido fluorhídrico y ácido sulfúrico cuando se desean obtener superficies lisas y brillantes con aspecto casi transparente. No obstante, existen numerosas formulaciones con las que se obtienen resultados y efectos muy variados y satisfactorios. La microestructura superficial de los vidrios mateados al ácido corresponde a una formación de cristales cuya morfología y tamaño dependen de la formulación utilizada para el ataque químico y de otros parámetros del vidrio base y del proceso, como son el estado inicial de la superficie del vidrio, la composición del vidrio, el proceso de lavado y secado, la temperatura y tiempo de ataque, etc.

El mateado por chorro de arena es un procedimiento industrial que consiste en inyectar en la superficie del vidrio un abrasivo a alta velocidad por aire comprimido. Actualmente la arena se utiliza raramente y son más comunes los abrasivos de alúmina, carburo de silicio, corindón electrofundido, circón y mullita electrofundida (fig. 3.87).



Figura 3.87. Lotte Thorsoe. Blue form, 2006 (40 cm diámetro). Vidrio mateado por arenado.

Para la realización de motivos ornamentales se suelen usar plantillas previamente diseñadas y, por supuesto, máquinas especiales que realizan la proyección y control del material abrasivo. Es frecuente que en el acabado o pulido de muchas esculturas en vidrio se realicen las operaciones tanto de mateado al ácido como con chorro de arena o arenado (fig. 3.88).



Figura 3.88. Frantisek Vizner. Cuenco ahumado, 1978 (9,3 cm alto, 29,0 cm diámetro). Vidrio mateado por arenado y grabado al ácido.

3.4.5. Técnicas de conformación y ornamentación del vidrio combinado con otros materiales

Entre los antecedentes más remotos de esculturas de vidrio acompañado de otro material hay que señalar la pequeña cabeza cubierta por una peluca de madera que data de la segunda mitad del siglo XIV a.C. (fig. 4.4), así como la del perfil de la cara de vidrio de época más tardía, procedente de la época ptolomeica (siglo IV-III a.C.), sobre la que se halla superpuesta una peluca de plata (fig. 4.9).

No es inusual encontrar asociaciones del vidrio con otro material a lo largo de la Historia, si bien el material que acompaña al vidrio generalmente desempeña un papel secundario como mero soporte, fondo, peana o relleno. Es durante el desarrollo de la escultura contemporánea en vidrio cuando el binomio vidrio-otro material adquiere un protagonismo propio y, por lo tanto, ese otro material pasa a formar parte de la obra de arte compartiendo con el vidrio una determinada morfología, una estética y una expresión artística determinada pensada y diseñada para el conjunto de ambos materiales. No obstante, y probablemente debido a las particulares propiedades térmicas del vidrio (véase 3.3.1 y 3.3.2), la tarea de unir directamente el vidrio con otro material sea una de

las más arduas e infructuosas. Ello es debido a los diferentes valores de coeficiente de dilatación térmica; por ejemplo un vidrio común de silicato sódico cálcico tiene un coeficiente de dilatación de $0,9 \times 10^{-5} [K^{-1}]$, mientras que el del acero inoxidable es $1,73 \times 10^{-5}$, el del aluminio $2,3 \times 10^{-5}$, el del hormigón $1,2 \times 10^{-5}$, el de la madera de roble $5,4 \times 10^{-5}$, el del PVC (cloruro de polivinilo) $5,2 \times 10^{-5}$, el del caucho $7,7 \times 10^{-5}$, el del cobre $1,7 \times 10^{-5}$, etc. Como es fácil deducir la asociación, entendiéndolo por ello el contacto directo o unión, del vidrio con cualquiera de los materiales mencionados no es compatible, pues los diferentes valores de los coeficientes de dilatación lineal indican que lo más probable es la generación de tensiones mecánicas en la intercara de ambos materiales y la consiguiente formación de grietas y roturas. Así pues, en la escultura en vidrio el papel que les resta a los otros materiales asociados, aun cuando formen parte del diseño artístico y estético, debe ser cuidadosamente tasado y frecuentemente se reduce a una asociación en frío (a temperatura ambiente) con el vidrio, ya que en caliente o durante los trabajos del vidrio en caliente el riesgo de fracturas es muy elevado. Sin embargo, las esculturas y obras de arte en vidrio asociadas a otro material son atractivas, relativamente abundantes y poseen un indudable valor artístico y expresivo, como se puede ver a continuación.

Vidrio y metal

De todos los materiales que acompañan al vidrio en las esculturas probablemente los metales son los más frecuentes y los más variados. En parte ello puede deberse al hecho de que los coeficientes de dilatación de los metales más usuales que se combinan con el vidrio son los más cercanos al del vidrio común, en comparación con los coeficientes de dilatación de otros materiales como la madera o los polímeros, ya sean naturales o artificiales. Lo que sin duda sitúa a los metales por delante de otros materiales para formar parte de las esculturas con vidrio es su característico brillo metálico que combina muy adecuadamente con el brillo vítreo; y la gama de colores de metales como el aluminio, acero, cobre, bronce o latón, que varían entre el gris más claro, el dorado y el cobrizo, como tonos neutros que armonizan con el aspecto transparente y prácticamente incoloro del vidrio común, y con los colores más frecuentes de los vidrios (azul, verde y ámbar). También hay que tener en cuenta la opacidad y reflexión luminosa de las superficies metálicas pulidas como otro factor positivo a la hora de combinarlos con elementos de vidrio. Este es el caso de la instalación que presenta la fig. 3.89, donde puede observarse la asociación de esferas de vidrio rojo opaco con columnas prismáticas de aluminio lustrado. En esta obra se combinan los colores de ambos materiales, sus respectivos brillos y reflexiones luminosas. Además estas características se ven potenciadas por la exposición al aire libre, lo que permite juegos de luz y sombra, reflejos del vidrio en la superficie del aluminio y proyección del color de los elementos de vidrio en dicha superficie. Es interesante resaltar que no hay un contacto directo

entre las esferas de vidrio y las columnas de aluminio, con lo que se evita un potencial riesgo de tensiones debido a los diferentes coeficientes de dilatación de ambos materiales cuando se calientan considerablemente debido a la insolación. La diferencia de los coeficientes de dilatación es mayor de $1,4 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$ ($\alpha_{\text{aluminio}} = 2,3 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$) y, por lo tanto, el aluminio y el vidrio son incompatibles dilatométricamente (véase 3.3.2).



Figura 3.89. David Bennet. Outdoor columns (22,9 x 21,6 x 20,3 cm). Vidrio y aluminio.

Una unión o contacto más próximo entre vidrio y metal, en este caso alambre de hierro, puede apreciarse en la fig. 3.90. En esta escultura el vidrio se ha soplado en caliente dentro de una jaula que ha actuado como molde. Con toda probabilidad la superficie de los elementos metálicos ha sufrido una oxidación química como consecuencia del calentamiento producido en el momento de entrar en contacto con el vidrio incandescente, o bien lo más probable es que la jaula fuera previamente calentada por encima de $400\text{-}500^{\circ}\text{C}$ antes de que el vidrio fuera soplado en su interior, con lo cual ya estaría oxidada térmicamente. La capa de oxidación (corrosión) sería la que está en contacto directo con el vidrio. El hierro y el vidrio común son dilatométricamente incompatibles, ya que al ser el coeficiente de dilatación del hierro $1,1 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$, su diferencia con el coeficiente de dilatación del vidrio es de $0,2 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$. Serían compatibles si la diferencia entre sus coeficientes de dilatación fuera menor o igual a $0,05 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$.



Figura 3.90. Gala Fernández. Turquoise cage 2, 2013 (44 x 40 x 37 cm). Vidrio soplado en molde de alambres de hierro.

En la escultura de H.K. Littleton de la fig. 3.91 la barra metálica que simula atravesar las diferentes hojas de vidrio plano más o menos curvadas térmicamente es de latón. El coeficiente de dilatación del latón es $1,9 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$, por lo que su diferencia con el del vidrio común es superior a $0,9 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$, y es dilatométricamente incompatible con el vidrio. Lo más probable es que el ensamblaje tanto de las hojas de vidrio como de la barra de latón se realizara en frío utilizando algún tipo de adhesivo o silicona estructural capaz de fijar las pesadas hojas de vidrio plano al vástago metálico. En cualquier caso el efecto estético de que la barra de latón atraviesa como un punzón las gruesas hojas de vidrio curvado está conseguido, así como la ilusión óptica de que dichas hojas caen y se aplanan en la parte inferior de la escultura como consecuencia del efecto de la gravedad.

También se produce una sensación de apoyo entre los elementos de vidrio y el marco metálico de la escultura de la fig. 3.92. En este caso y en alusión al título de la obra, el marco metálico se puede asimilar a una desvencijada puerta que a duras penas se sostiene y sustenta elementos arquitectónicos en semi ruina. En cuanto a la técnica de ejecución parece claro que los dos materiales fueron conformados separadamente y ensamblados en frío.



Figura 3.91. Harvey K. Littleton. Do not spindle, 1975 (45,7 x 30,5 x 30,5 cm).



Figura 3.92. Dana Vachtová. Lost Home III, 1990 (55 x 36 x 48 cm). Vidrio y elemento metálico plateado.

Vidrio y piedra natural

La combinación del vidrio con los materiales pétreos naturales da lugar a esculturas elegantes, netas y profundamente expresivas. Uno de los exponentes más notables en la asociación de piedra y vidrio es el escultor italiano Livio Seguso (véase 5.1.2). En cuanto a los granitos se refiere, sus coeficientes de dilatación oscilan entre 0,18 y $1,19 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$, dependiendo de su composición química y origen. Por lo tanto, la compatibilidad de este grupo de materiales con el vidrio común está ligada a la selección del tipo de granito por parte del artista. El vidrio será tanto más compatible con los granitos cuyo coeficiente de dilatación se aproxime a $1,19 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$, ya que de este modo su diferencia con el coeficiente de dilatación del vidrio común será la menor posible, lo que garantizará de antemano la compatibilidad de ambos materiales. En la escultura que se muestra en la fig. 3.93 es evidente la utilización de técnicas de acoplamiento y acabado en frío, como el corte, talla y pulido. El resultado es la forma dentro de la forma, un concepto muy característico de su autor Livio Seguso.

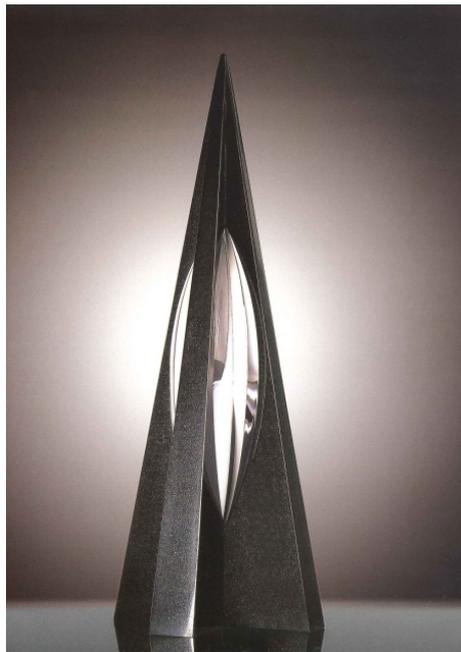


Figura 3.93. Livio Seguso. Verso l'infinito, 1998 (105 x 38 x 38 cm). Vidrio y granito negro.

Sin embargo, en la fig. 3.94 el vidrio es la pieza que corona la columna prismática de granito gris. Las técnicas de ejecución son las mismas ya

mencionadas, es decir, en frío, pero en este caso las formas son sucesivas o superpuestas, no interpenetradas como en la fig. 3.93. Aun tratándose de esculturas de gran tamaño (de más de 1 m de altura) y de estar expuestas a la intemperie o poderlo estar, el ensamblaje del granito y el vidrio no reviste riesgos pues, como se ha indicado, el contacto de ambos materiales se realizó en frío y únicamente para su colocación y sujeción final.



Figura 3.94. Livio Seguso. Seduzione, 2001 (121 x 27 x 25 cm). Vidrio y granito gris.

La fig. 3.95 asocia mármol de Carrara y vidrio en el estilo de Seguso de forma dentro de la forma.



Figura 3.95. Livio Seguso. Coniugazione formale, 2001 (52 x 38 x 25 cm). Vidrio y mármol de Carrara.

El coeficiente de dilatación de los mármoles puede variar entre $0,4$ y $0,7 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$, con lo que no pueden ser compatibles con el vidrio común, ya que las diferencias de coeficientes de dilatación superan $0,05 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$. En la escultura de la figura mencionada, lo mismo que en el caso de las anteriores, las técnicas de ejecución conjuntas para mármol y vidrio han sido en frío (corte, talla, pulido, esmerilado, etc.), de modo que la estabilidad de la escultura depende directamente de los adhesivos, sellantes o consolidantes utilizados para la sujeción y fijación de los dos materiales en la obra final.

Vidrio y cemento

En general los morteros de cemento ($\alpha = 1,0-1,3 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$) y los hormigones ($\alpha = 0,8-1,2 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$) no son compatibles con el vidrio convencional, ya que las diferencias de coeficientes de dilatación no se mantienen por debajo de $0,05 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$. No obstante, la asociación de estos materiales suele llevarse a cabo a temperatura ambiente, puesto que tanto los morteros de cemento como los hormigones fraguan sin necesidad de aporte térmico. Ello explica que en la construcción los contactos directos entre cemento u hormigón y vidrio sean bastante comunes. De hecho también las vidrieras montadas en estructuras de cemento han sustituido parcialmente en las últimas décadas a las vidrieras clásicas realizadas con perfiles de plomo.

La fig. 3.96 presenta una escultura con base y elementos de cemento y compuesta a partir de hojas de vidrio plano.



Figura 3.96. Ben Young. *The beacon* (25 x 40 x 30 cm). Vidrio y cemento.

Se trata de una composición realista y expresiva en la que tanto el cemento como el vidrio son los protagonistas respectivos del fondo marino (opaco como el cemento) y del agua (transparente como el vidrio). Evidentemente la asociación está realizada con técnicas de trabajo en frío, tanto para las hojas de vidrio como para los elementos de cemento.

En la escultura de la fig. 3.97 la técnica de ejecución también consiste, con toda probabilidad, en un tratamiento en frío. Los elementos de vidrio pudieron sustentarse verticalmente en el interior del molde que iba a contener el cemento, o mortero de cemento, previamente teñido. Una vez vertido el cemento y fraguado a temperatura ambiente, las piezas de vidrio quedan perfectamente sujetas e integradas en el conjunto. El paso siguiente consistiría en el pulido de la obra monolítica formada por la asociación de cemento y vidrio.

Esta escultura resalta por el juego de la transparencia limitada de las piezas de vidrio embutidas en la masa opaca del cemento. Además, las líneas exteriores ondulantes y suaves aportan cierta calidez orgánica que atenúa la rusticidad y frialdad del mortero de cemento.

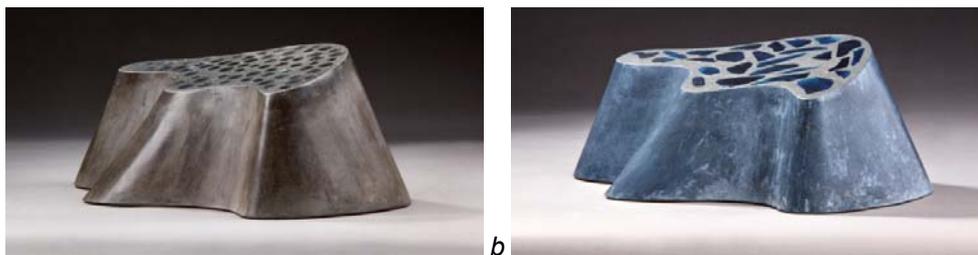


Figura 3.97. Lotte Thorsoe. a) *Black decay*. b) *Blue decay*, 2012 (20 cm largo). Vidrio y cemento. *Europäisches Museum für modernes Glas, Rödental, Alemania*.

Vidrio y madera

Los coeficientes de dilatación de las maderas pueden oscilar entre 0,3 y $0,6 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$ en la dirección paralela y entre 3,0 y $7,0 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$ en la dirección perpendicular. Es en esta última dirección donde interesa tener en cuenta el coeficiente de dilatación de la madera, que variará además según la naturaleza de la madera (la especie vegetal de la que proceda) y su tratamiento previo de secado o de envejecimiento.

Respecto al coeficiente de dilatación, las maderas se pueden considerar compatibles con el vidrio común. Sin embargo, es muy importante tener en cuenta la gran sensibilidad de la madera frente a la humedad y su capacidad para retenerla. La humedad de la madera está directamente relacionada con el peso y afecta a otras propiedades físicas, especialmente a las mecánicas. La

utilización de madera con la finalidad de asociarla al vidrio debe tener en cuenta el grado de humedad y, en todo caso, es recomendable usar maderas desecadas (humedad < 12 %) o anhidras (humedad en torno a 3 %), así como prever la ubicación final de la escultura, de modo que se alcance fácilmente el equilibrio entre la humedad relativa del ambiente con el contenido residual de agua de la madera, ya que así se evitarán contracciones o expansiones indeseadas que pueden afectar a las piezas de vidrio en contacto o muy próximas a la madera.

Otro factor a tener en cuenta es el tipo de madera que se seleccione en cuanto a su densidad, ya que esta puede variar bastante. Por ejemplo, la densidad de la madera de pino común oscila entre 0,32 y 0,76 kg.dm⁻³, mientras que la de la encina varía entre 0,95 y 1,20 kg.dm⁻³. Como casos intermedios se pueden citar las maderas de roble, haya, álamo, olmo y nogal. La selección de una madera idónea por su grado de retención de humedad y con una densidad adecuada permitirá la ejecución de una escultura mixta con vidrio, de buena resistencia mecánica, en la que ni el vidrio deforme a la madera por su mayor densidad, ni la madera transmita su humedad residual al vidrio pudiendo comprometer su resistencia hidrolítica (véase 3.3.5).

La obra de Danny Lane de la fig. 3.98 muestra una asociación de vidrio y madera de plátano (*Acer platanoides*) en una composición realizada en frío con hojas de vidrio plano y troncos de dicha madera. En ella destaca el realismo y la ironía de representar lo que debería ser un material blando y flexible (la parte superior de las parihuelas) con un material duro y rígido (el vidrio).



Figura 3.98. Danny Lane. Angaraib, 1987 (250 x 120 x 80 cm). Vidrio y madera de plátano. Public Collection F.R.A.C., Rouen, Francia.

También presenta un intenso contraste la instalación de Livio Seguso de la fig. 3.99 en la que los discos de vidrio pulido de inimitable transparencia se combinan con los troncos de madera de olmo y fresno (*Ulmus* y *Fraxinus*, respectivamente). En este caso la expresión reside fundamentalmente en las propiedades opuestas de ambos materiales: opacidad o transparencia, morfología longitudinal recta frente a geometría curva discoidal, textura rugosa o textura suave, color frente a ausencia del mismo, esencia orgánica o esencia inorgánica.



Figura 3.99. Livio Seguso. *Foresta di luce*, 2002 (203 x 500 x 250 cm). Vidrio y troncos de olmos y fresnos.

Vidrio y elementos vegetales y animales

Un paso más en la asociación de la materia inorgánica (vidrio) con la materia orgánica (vegetales y animales) está presente en las esculturas realizadas con inclusiones de dichos elementos. En principio podría suponerse que ambos tipos de materiales son completamente incompatibles y no es una opinión falta de argumentos. Independientemente de la cuestión de los coeficientes de dilatación térmica que se ha venido tratando, aquí lo más importante es que existe una diferencia abismal entre las respectivas resistencias térmicas. En otras palabras, a la temperatura a la que un vidrio funde o si quiera reblandece, los elementos orgánicos vegetales y animales

están completamente carbonizados o se combustionan. Por lo tanto, la elaboración de esculturas mixtas de vidrio y materias procedentes de vegetales y animales supone una tarea, cuando menos, complicada y no siempre de éxito.

La serie de esculturas denominadas “inclusiones” del escultor español Pedro García García son el mejor ejemplo del arte de conjugar lo que parece imposible. En la fig. 3.100 a se muestra una obra en la que se han incorporado ramas naturales de helecho y una frita en un vehículo oleoso entre dos hojas de vidrio, y que posteriormente se sometió en conjunto a un tratamiento térmico. El resultado es sorprendente pues, a pesar de que los elementos vegetales quedan carbonizados como era de esperar, permanecen atrapados y mantienen su integridad entre las hojas de vidrio, produciendo un efecto singular muy expresivo. Como se observa en la fig. 3.100 b las ramas de helecho han dado lugar durante su carbonización a gases de dióxido de carbono y de agua que han quedado atrapados en forma de grandes burbujas entre las hojas del vidrio. Algunas burbujas de mayor tamaño emergen a la superficie del vidrio y eclosionan produciendo el efecto de cráteres, mientras que otras permanecen completamente integradas en la masa del vidrio. El aspecto final es una combinación de forma, color y relieve que recuerda un paisaje lunar, como recoge conceptualmente el título de la obra.

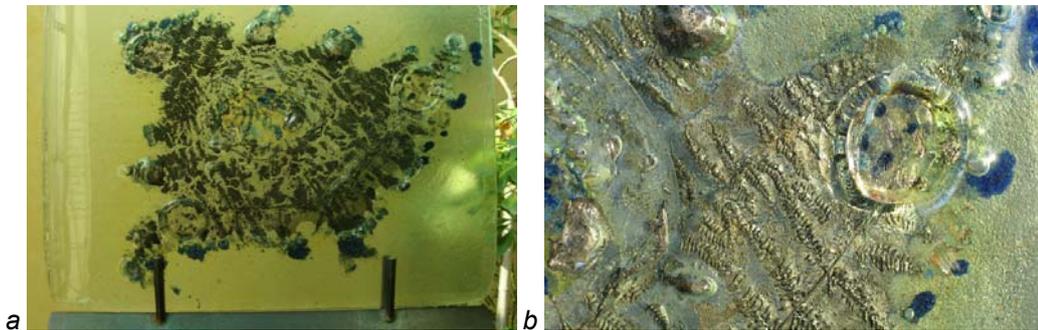


Figura 3.100. Pedro García García. Helechos lunares, 2001 (c 40 cm largo). a) Aspecto general de la obra. b) Detalle.

La incorporación de elementos procedentes de animales en la escultura en vidrio posee semejanzas con el caso descrito anteriormente. La compatibilidad solo parcial de la materia orgánica animal puede ofrecer un campo fértil de inspiración al artista para conseguir determinados efectos estéticos no alcanzables exclusivamente con el vidrio. La fig. 3.101 presenta una obra de Pedro García García en la que se ha incluido una cabeza y raspa de rodaballo entre hojas de vidrio mediante un tratamiento térmico convencional. Los elementos del pez quedan carbonizados e integrados en el vidrio produciendo una gran burbuja, como consecuencia de la transformación térmica de los componentes del pez (mayoritariamente materia orgánica y sales de

calcio). La escultura se completa con un pequeño pedestal realizado con un tronco de madera, que armoniza y refuerza el sentido estético contradictorio de la obra aunando lo orgánico y lo inorgánico.



Figura 3.101. Pedro García García. Rodaballo en tierra (55 x 20 x 11 cm). Vidrio, cabeza y espina de pescado y madera.

Vidrio y fotografía

Como es sabido el vidrio desempeñó un papel protagonista en las primeras décadas del desarrollo de la fotografía. La preparación de placas de vidrio con emulsiones fotosensibles de plata facilitó grandemente la técnica fotográfica y desplazó los daguerrotipos.

La combinación de placas fotográficas de vidrio en esculturas no es muy frecuente. Sin embargo, nada parece más natural que la asociación de dichas placas con cualquier otro tipo de vidrio, de modo que se puedan seleccionar vidrios dilatométricamente compatibles.

En la escultura de la fig. 3.102 se combinan elementos realizados en pasta de vidrio con placas fotográficas de vidrio simétricas, impresionadas con el mismo motivo en posiciones opuestas. La obra reviste un carácter arquitectónico clásico y sencillo, a la vez que transmite una imagen concreta, por supuesto

reflejando la intención de la escultora. La observación del objeto no aclara las posibles técnicas de ensamblaje entre los distintos elementos de vidrio. Probablemente la unión se llevó a cabo en frío y con adhesivos o sellantes especiales para vidrio e inocuos para la conservación de la emulsión fotosensible de las placas fotográficas de vidrio.



Figura 3.102. Mary Van Cline. The receding nature of time, 2000 (15 x 24 x 6 cm). Vidrio fotosensible y pasta de vidrio.

4. EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LA ESCULTURA EN VIDRIO Y DE SUS TÉCNICAS DE EJECUCIÓN

4. EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LA ESCULTURA EN VIDRIO Y DE SUS TÉCNICAS DE EJECUCIÓN

4.1. INTRODUCCIÓN

De los tres materiales producidos o elaborados por las llamadas artes del fuego el vidrio fue el de desarrollo más tardío. El primero, del que aprendieron a servirse los hombres de todas las culturas, fue la cerámica. Su aprendizaje no debió de resultarles difícil. La materia prima se la ofrecía la naturaleza: la arcilla, una sustancia que en estado húmedo presenta una gran plasticidad que le permite ser fácilmente moldeada con las propias manos para adquirir las formas más diversas. La observación, seguramente casual, de que un objeto así conformado, al estar en contacto con el fuego, adquiriría una consistente rigidez para poder ser empleado con distintos fines, le proporcionó la información sobre esta última fase esencial para completar el proceso de ejecución. Acababa de ser descubierto el primer material cerámico: la terracota, cuyas características formales servirían como señas de identidad propias de cada cultura. Este descubrimiento se sitúa en el período neolítico que, iniciado en Oriente próximo

hacia 8500 a.C., surgió independientemente y con diferencia de siglos en otros varios lugares.

La utilización de los metales aún se haría esperar algunos milenios. El primer metal, el cobre, ya fue empleado desde mediados del Neolítico para construir algunos útiles de corte sencillos, aprovechando el que se encuentra en la naturaleza en estado nativo. Pero no empezó a producirse en cantidad importante hasta que se descubrió el proceso metalúrgico de fusión y reducción del carbonato de cobre con carbón, que marcó el inicio en el Mediterráneo oriental de la Edad del Cobre o periodo calcolítico a partir del VI milenio a.C. y enlazó con la tecnológicamente más avanzada Edad del Bronce (finales del IV milenio a.C. hasta c 1300 a.C.). Las temperaturas de fusión de ambos metales (1050-1086^oC la del cobre y de 762-1020^oC la del bronce, dependiendo del porcentaje de estaño que contenga la aleación) eran fácilmente alcanzables con los medios entonces disponibles. El progresivo conocimiento de su manipulación condujo al desarrollo y perfeccionamiento de nuevos procedimientos de conformación por laminado en frío y especialmente por colado en estado fundido. Este último fue el empleado para la realización de las primeras esculturas en metal.

La metalurgia del cobre y del bronce pueden considerarse el antecedente más inmediato del proceso de obtención de vidrio. Dejando al margen la legendaria narración de Plinio (23), existen dos suposiciones acerca de cómo nació el primer vidrio o, más propiamente, las primeras muestras de sustancias vítreas. Ambas coinciden en que tuvo lugar de forma accidental. La primera apunta la posibilidad de que, como consecuencia de un sobrecalentamiento excesivo de la cocción de un objeto cerámico, se produjera su vitrificación. Sin descartar esta eventualidad, más o menos remota, se considera mucho más probable que el primer vidrio naciera como una escoria vítrea refundida, resultante de la metalurgia del cobre. En apoyo de esta suposición se puede argüir que muchas de las primeras muestras de vidrio se caracterizaban por tener una coloración azul verde, típica de las sales de cobre; pero la principal razón que sustenta tal hipótesis es que estas primeras muestras de vidrio halladas en Mesopotamia se remontan a finales del tercer milenio a.C., en plena Edad del Bronce, coincidiendo con la época y el lugar en que la metalurgia del cobre se hallaba en todo su apogeo.

Hay que señalar que, lo mismo que sucedió con otros materiales y con ciertos descubrimientos, con independencia de sus primeros y más remotos orígenes, nacieron posteriormente nuevos vidrios de diferente composición en otras culturas, como las de Extremo Oriente, muy alejadas en el tiempo y en el espacio.

Aunque la producción de vidrio tiene en común con la de los materiales cerámicos y la de los metales el requerimiento de altas temperaturas, se diferencia de ambos por la diversidad de sus procedimientos de conformación. Como es sabido, los objetos cerámicos se moldean en frío y su forma se consolida al ser sometidos a altas temperaturas; los objetos metálicos de bulto se conforman generalmente por colada del metal fundido en moldes adecuados, aunque, aprovechando la maleabilidad de los metales, también pueden ser laminados, labrados y tallados en frío. Si bien el vidrio comparte con ellos alguna de estas posibilidades, ofrece respecto a los metales la gran ventaja de su deformabilidad plástico-viscosa a lo largo de un amplio intervalo de temperaturas, durante su enfriamiento desde el estado fundido hasta que alcanza su estado rígido en que se vuelve un material frágil. Por el contrario, a diferencia de los vidrios, los metales y la mayoría de los materiales, presentan una curva de viscosidad-temperatura tan abrupta que da lugar a que pasen bruscamente del estado líquido al estado sólido sin disponer de plasticidad en caliente. Esta peculiar característica del estado vítreo es la que proporciona a los vidrios una gran versatilidad para ser trabajados en caliente, mediante cualquiera de las diversas técnicas de conformación disponibles para los intervalos de viscosidad y temperatura adecuados a cada tipo de vidrio (véase 3.3.1).

4.2. ANTECEDENTES DE LA ESCULTURA EN VIDRIO: MESOPOTAMIA

Como corresponde a su lugar de nacimiento, los objetos de vidrio más antiguos se han encontrado en Mesopotamia. Las primeras manifestaciones consisten en cuentas de forma irregular de vidrio opaco y coloreado, destinadas a la confección de collares. A falta de restos arqueológicos y de referencias de hornos, se supone que las cuentas de vidrio se elaboraron tomando con el extremo de una varilla metálica pequeñas porciones de vidrio que se reblandecía al calor del fuego de un pequeño hogar abierto, cuya temperatura se aumentaba avivando la llama soplando a través de una caña. La porción de vidrio reblandecido adoptaba por efecto de su tensión superficial una forma más o menos esférica que se perfeccionaba rodándola sobre una superficie plana mientras se hallaba sujeta a la varilla. Una vez separada de ésta se dejaba enfriar enterrada en las cenizas del fuego. El brillo vítreo, la suave textura y el atractivo color de estas cuentas les proporcionaron una alta estimación y un elevado valor por su apariencia semejante a la de las piedras preciosas.

A esta remota e imprecisa etapa de la prehistoria del vidrio pertenece una de las primeras esculturas en vidrio: la cabeza del monstruo gigante de la mitología sumeria y acadia Humbaba (fig. 4.1), que era el encargado de guardar

el bosque de cedros de la “Tierra de los Vivos” donde moraban los dioses. Esta pequeña escultura (2,8 x 2,4 cm) es un colgante elaborado por colado con vidrio azul, en el norte de Mesopotamia, alrededor de 1400-1350 a.C.



Figura 4.1. Colgante representando a Humbaba, 1400-1350 a.C. (2,8 x 2,4 cm). Corning Museum of Glass, Corning, NY, EE.UU.

4.3. LOS PRIMEROS OBJETOS ESCULTÓRICOS DE VIDRIO EN EL EGIPTO ANTIGUO

La historia del vidrio propiamente dicha, si entendemos como tal la etapa de la que existen obras bien documentadas y referenciadas, comienza en Egipto hacia 1550 a.C. durante la XVIII dinastía, con los reinados de Amenothep III (1390-1352 a.C.) y Amenothep IV o Akhenaton (1352-1336 a.C.). El hecho de que, con anterioridad a esta fecha, no se haya encontrado en este país ningún indicio de producción vidriera, hace pensar que los primeros conocimientos sobre vidrio fueran importados de los pueblos establecidos en la zona del Mediterráneo oriental. Posiblemente fuera de importación la cuenta de vidrio azul con forma de ojo destinada a una estatua del faraón Amenothep I (1557-1530 a.C.), que constituye la primera muestra de vidrio que ha podido ser datada con precisión histórica.

La producción regular de vidrio en Egipto se inicia durante el reinado del faraón Thutmosis III (1479-1425 a.C.) tras las campañas que llevó a cabo por las regiones mesopotámicas. Esta coincidencia en el tiempo parece confirmar que el florecimiento de la producción de vidrio a partir de entonces pudiera deberse a la incorporación de vidrieros sirios. Asimismo, tras la séptima incursión de Thutmosis a las costas de Siria en 1448 a.C., se importó gran cantidad de “piedras fundidas” (casco de vidrio) y minerales de cobalto y plomo, empleados más tarde en Egipto para la coloración del vidrio (50).

El principal centro de producción de vidrio se estableció en Tell el-Amarna, donde empezaron a fabricarse pequeñas jarras, *amphoriskos* y ungüentarios por la técnica del núcleo de arena (véase 3.4). De todas las piezas halladas la más singular es el ungüentario en forma de pez (fig. 4.2) fabricado por la técnica del núcleo de arena que, aunque ciertamente se trata de un objeto de uso, la concepción de su diseño y la intencionalidad de su autor de crear una obra artística, permite considerarla como una de las esculturas más antiguas conocidas realizadas en vidrio. Representa un pez del Nilo llamado tilapia (largo 14,5 cm).



Figura 4.2. Ungüentario con forma de pez, c 1363-1346 a.C. (14,1 x 6,9 cm). British Museum, Londres, U.K.

La técnica del núcleo de arena se mantuvo en Egipto hasta finales del segundo milenio a.C., después decayó y no resurgió hasta el siglo VII a.C. en Fenicia para la producción masiva de cuatro tipos de envases de vidrio: *aryballoi*, jarras, *amforiskoi* y alabastrones, cuyos tamaños no solían rebasar los 12 cm de altura. Su producción se intensificó extraordinariamente y se extendió a otras áreas del Mediterráneo Oriental como Chipre y algunas islas griegas. Pero fueron especialmente los vidrieros fenicios quienes comerciaron con ellos y los

difundieron hasta las costas ibéricas y algunas de las Islas Baleares, como atestiguan los numerosos hallazgos arqueológicos.

El procedimiento del núcleo de arena para la fabricación de objetos de vidrio hueco coexistió en Egipto con la técnica de prensado y la de conformación por fusión en molde abierto, que es más apta para la creación de figuras y esculturas. Un ejemplo bien representativo de una pieza prensada en molde lo constituye la cabeza que, por su semejanza con otras esculturas del mismo personaje realizadas en piedra (fig. 4.3 a), se ha atribuido con toda certidumbre al faraón Amenothep II (1435-1415 a.C.), hijo de Tutmosis III (fig. 4.3 b).

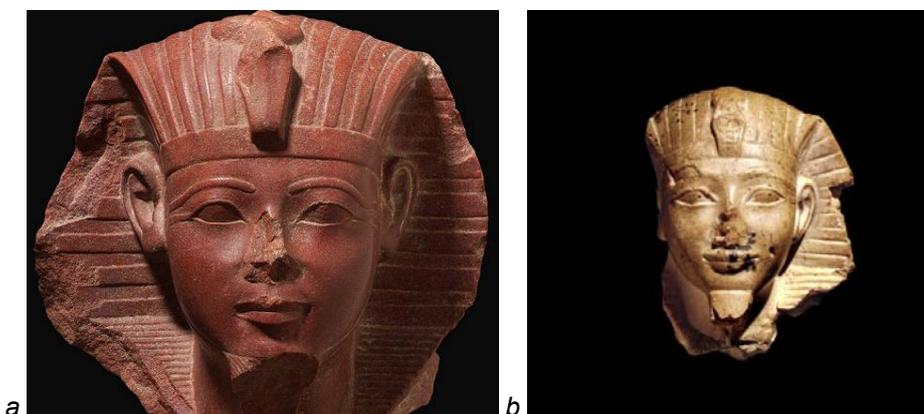


Figura 4.3. a) Reproducción de una cabeza de Amenothep II realizada en piedra. Dinastía XVIII, c 1439-1413 a.C. British Museum, Londres, U.K. b) Retrato de Amenothep II, 1427-1400 a.C. (4 cm alto). Corning Museum of Glass, Corning, NY, EE.UU.

El pequeño retrato de Amenothep II, de 4 cm de altura, se considera la escultura más antigua conocida de una figura humana realizada en vidrio. La cabeza de Amenothep II constituye un ejemplo y, al mismo tiempo, un precedente de los retratos de los personajes importantes y de las representaciones de figuras humanas a las que predominantemente se consagraría, siglos después, la escultura clásica griega y romana. Esta cabeza probablemente fue esculpida cuidadosamente con herramientas muy simples y un gran esfuerzo por parte del artista. La cabeza posiblemente formara parte de una escultura de mayor tamaño. Llama la atención la delicadeza con que están resaltados los contornos y detalles de todos sus rasgos faciales. El color original del vidrio era azul; su cambio de aspecto se debe a una fuerte alteración superficial por efecto atmosférico que, sin embargo, no ha afectado en profundidad a la definición de sus detalles (14).

Sin llegar a tener el destacado valor de una escultura representativa de la efigie de un personaje, como la anteriormente descrita, se han encontrado pequeñas cabezas pertenecientes a estatuillas, generalmente en forma de momias (figuras *uschebtis*), como la que muestra la figura 4.4.

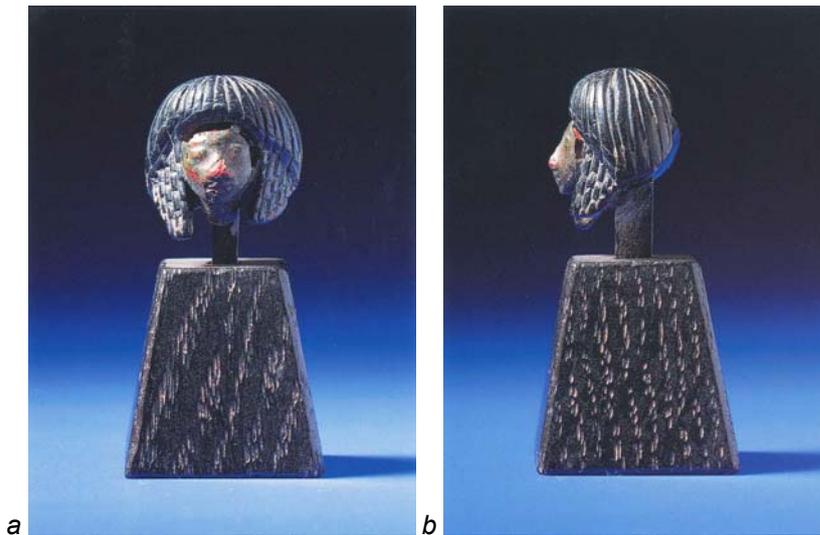


Figura 4.4. Cabeza cubierta por una peluca de madera. XVIII dinastía, segunda mitad del siglo XIV a.C. (1,2 cm alto) (80). a) Frente. b) Perfil.

Su principal característica es que se trata de una pequeña escultura (1,2 cm de altura) compuesta por dos materiales: por una parte, una cabeza de vidrio opaco de color marrón rojizo, fundida en un molde abierto de una sola pieza, con la cara dirigida hacia el fondo del molde, y, por otra recubierta por una peluca de madera de mayores dimensiones que la cara (2,0 cm de altura). La superficie del vidrio está recubierta por una intensa capa de corrosión de color verde oliva oscuro. La peluca de madera, que se halla firmemente adherida a la cabeza, es de color marrón oscuro y está formada por dos partes: la superior simula mechones de pelo, acusadamente marcados, y la inferior, una cascada de rizos que caen a ambos lados de la cara. Este tipo de pelucas eran de uso frecuente a finales de la XVIII dinastía por personajes importantes de la época de Amenothep IV o Akenaton.

A continuación se muestran diversos relieves elaborados por esta técnica a lo largo de más de trece siglos (80).

La fig. 4.5 corresponde a un elemento de relieve para ser superpuesto en una obra de mayores dimensiones, de 0,7 cm de espesor y 5,6 cm de altura, que representa una cara masculina en posición de perfil.



Figura 4.5. Perfil de cara. Finales de la dinastía XVIII a principios de la dinastía XIX, finales del siglo XIV a principios del XIII a.C. (5,6 cm alto).

Está constituido por un vidrio azul negro opaco recubierto de diminutas partículas de color azul celeste, blancas y rojas y de numerosas burbujitas dispersas por la superficie. Lo mismo que la pieza anteriormente descrita, fue fundida en un molde abierto de una pieza con la cara dirigida hacia abajo y algunos detalles se grabaron posteriormente. La cara es mate, sin pulir, y la superficie posterior es plana. Los rasgos fisonómicos están finamente modelados en suave relieve.

De época más tardía, casi un milenio después, es el relieve de la figura 4.6 que representa a un chacal en posición yacente. Tiene una anchura de 14,7 cm y un espesor de 1,4 cm. Este relieve es de vidrio azul negro opaco fundido en molde abierto y se obtuvo como una sola pieza. La superficie de la pieza se halla cubierta de burbujas rotas de tamaño variable. La figura está pulida en su totalidad, a excepción de la parte superior de la cara interior de ambas orejas. Se conserva casi íntegra a falta solo de una parte de las patas delantera y trasera. Los bordes del cuerpo del animal están redondeados, el hocico es puntiagudo y sus orejas con marcas de finos relieves están enhiestas. El contorno de los ojos, las cejas, la línea de la boca y las costillas aparecen bien marcados. Este relieve representa a Anubis, el dios del cementerio y de los embalsamadores, que

debían preparar y ayudar a los muertos para su nueva vida. También servía de mediador de la luz que simbolizaba la fase de la mañana en el recorrido del Sol (38).

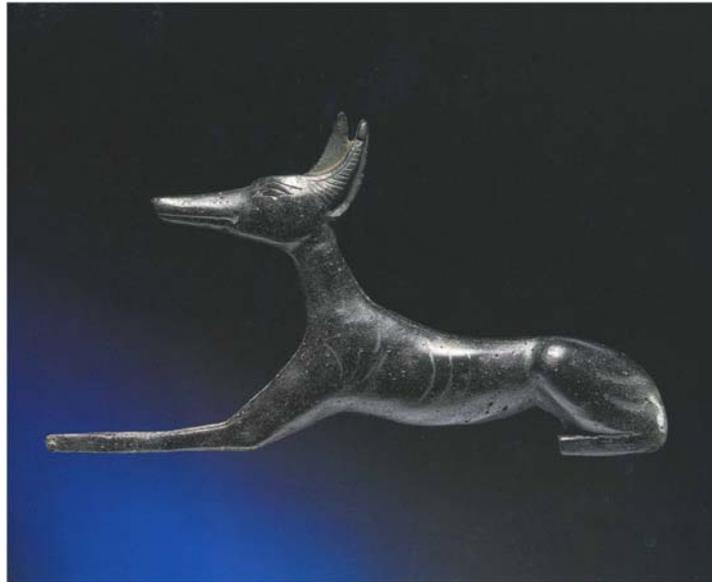


Figura 4.6. Relieve de chacal en posición yacente. Medios de la época tardía de la dinastía ptolomeica, finales siglo IV a I a.C. (14,7 cm).

La figura 4.7 muestra el relieve de una pequeña cara de 3,2 cm de altura y 1 cm de espesor que representa un perfil masculino. La XXX dinastía comenzó en 380 a.C. y fue la que ocupó la última época de la dominación de los gobernantes egipcios autóctonos. Los reyes procedían de Sebennytos, al este del delta del Nilo. Su brillante dominación finalizó cuando los persas sojuzgaron Egipto por segunda vez antes de que Alejandro Magno (332 a.C.) conquistara el país y de que su general griego Ptolomeo (305 a.C) fundara la dinastía ptolomeica que imperó durante tres siglos. La creación artística egipcia alcanzó en la XXX dinastía su último apogeo.

El perfil de la figura anterior está realizado con un vidrio verde oliva pálido, con una inclusión de vidrio blanco opaco y otra de vidrio azul negro que forman el ojo, y otra inclusión de vidrio azul claro que conforma la ceja. La superficie de la cara está plagada de gran número de pequeñas burbujas rotas y de algunas de gran tamaño. La pieza fue fundida y conformada en molde abierto, con su cara dirigida hacia abajo sobre el fondo del molde. La cara es muy expresiva y sus rasgos están modelados en relieve con perfiles muy acusados.



Figura 4.7. Perfil de cara. XXX dinastía a principios de la dinastía ptolomeica, siglo IV a III a.C. (3,2 cm alto).

De la misma época es el pequeño perfil (2,2 cm de altura y 0,6 cm de espesor) de cara en relieve de la fig. 4.8.

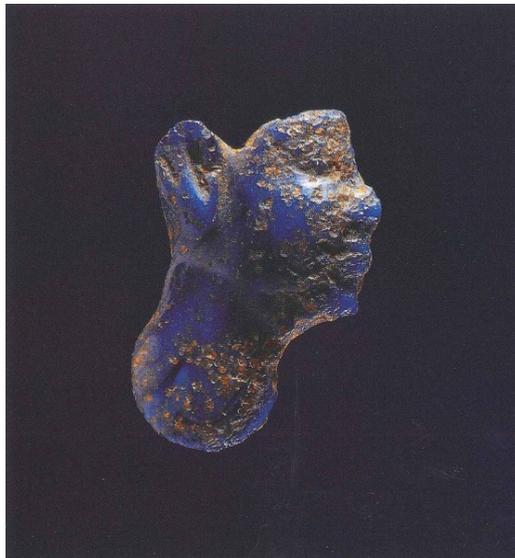


Figura 4.8. Perfil de cara. XXX dinastía a principios de la etapa ptolomeica, siglo IV a III a.C. (2,2 cm alto).

Es de vidrio azul cobalto opaco plagado de burbujas superficiales abiertas, algunas de gran tamaño. El perfil fue conformado dentro de un molde abierto de una sola pieza con la cara dirigida hacia el fondo. Corresponde a una cara masculina de perfil y sus rasgos faciales están modelados en suaves relieves. Por la forma desvaída de las cejas, los labios retraídos, los rasgos de la barbilla y el ancho cuello la pieza puede incluirse dentro del tipo de representaciones de relieves sebenístico-ptolomeicos acoplados a otros elementos adyacentes como ornamento escultórico.

De especial interés es la cabeza de 2,4 cm de altura y 0,8 cm de espesor (fig. 4.9) compuesta por una cara de vidrio complementada por una peluca de gran tamaño que cubre toda la parte superior de la cabeza y cae verticalmente por detrás de la nuca.

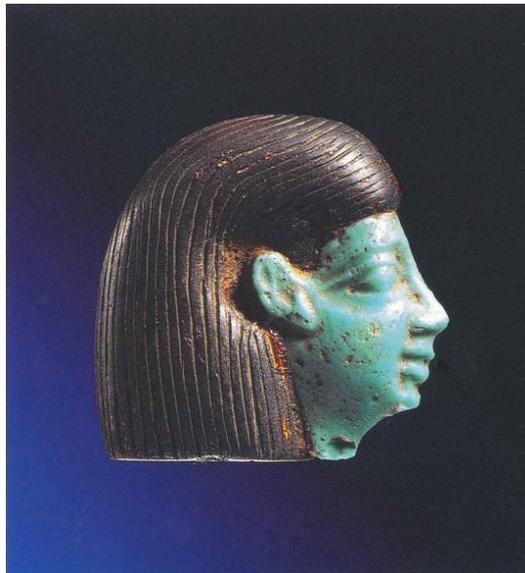


Figura 4.9. Perfil compuesto por una cara de vidrio con una peluca de plata superpuesta. XXX dinastía a principios de la dinastía ptolomeica, siglo IV a III a.C. (2,4 cm alto).

El vidrio de la cara es de color verde pálido y está plagado superficialmente de pequeñas burbujas rotas y otras de gran tamaño. Como las piezas anteriores fue conformado dentro de un molde abierto, con la cara dirigida hacia el fondo. Está montado sobre delgadas láminas de vidrio. La peluca es de plata y está delicadamente rebajada y firmemente acoplada a la cara formando una unidad. El borde exterior de la cara posterior presenta un rebaje para su encaje en un hueco. Los rasgos de esta cara masculina de perfil están modelados en relieve con contornos suavizados. Esta pieza corresponde al tipo

de aplicaciones ornamentales de la época sebenystico-ptolomeica para representaciones compuestas con otros elementos adyacentes.

La fig. 4.10 muestra una pequeña y delgada aplicación de 3,6 cm de altura y 0,6 cm de espesor con forma de momia representada de perfil.



Figura 4.10. Figura con forma de momia para su aplicación en un relieve. Segunda mitad del siglo IV hasta finales de la dinastía ptolomeica (3,6 cm alto).

Es una figura compuesta por varias piezas. El cuerpo y la peluca son de vidrio de color azul oscuro con incrustaciones plateadas y marrones. La cara es de vidrio opaco de color amarillo verdoso; la pieza que rodea el cuello es de vidrio opaco formado por tres bandas, de color verde azulado pálido, rojo y azul rojizo. Todas las partes de la figura fueron fundidas en molde y sus bordes están pulidos. La superficie es mate, presenta numerosas burbujas de tamaño variable y está corroída. La peluca, la cara, el cuerpo y la banda del cuello constituyen piezas independientes que fueron montadas sobre una base plana. Todos estos elementos individuales, con excepción de la cara, están moldeados y presentan un relieve bien acabado. Las cejas, el ojo, la nariz y la boca de la diminuta cara están toscamente marcados. La zona de los hombros está rebajada para encajar la banda de vidrio tricolor obtenida por separado a partir de una varilla de vidrio con bandas coloreadas. Todas las piezas de la figura fueron obtenidas por separado y seguramente no para la misma figura. Por eso la peluca es más

delgada y la cara más gruesa que el cuerpo. Esta figura tan pequeña pudo haber sido empleada como elemento de un jeroglífico para la inscripción de un sarcófago.

La figura 4.11 representa el perfil de un cuerpo masculino en relieve de 10,8 cm de altura y 1,7 cm de espesor.

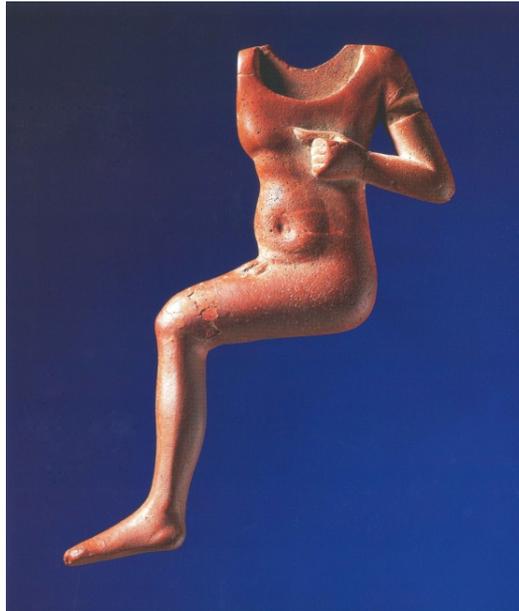


Figura 4.11. Relieve corporal en posición de perfil. Principios de la dinastía ptolomeica a finales del siglo IV a.C. (10,8 cm alto).

Se trata de una pieza de vidrio rojo marrón opaco en la que gran parte de la superficie del cuerpo está plagada de burbujas rotas; presenta signos de corrosión y algunos desconchados. La figura fue conformada utilizando la misma técnica de molde abierto anteriormente descrita. Los rebajes planos o alojamientos para la fijación del cuello y del brazo se realizaron posteriormente. Las separaciones interdigitales también fueron talladas posteriormente. El brazo y el antebrazo aparecen rotos y posteriormente se restauraron. Esta obra es una representación del dios niño Horus, conocido por los griegos como Harpocrates que personifica al dios solar nacido cada día.

Además de las composiciones convencionales de vidrio de silicato sódico cálcico empleadas por los artesanos vidrieros para la producción de la mayor parte de sus vidrios, utilizaron otra composición intermedia entre la del vidrio y la de la fayenza, denominada impropriamente “fayenza vítrea” o “vidrio imperfecto”.

La masa plástica resultante de la mezcla de sus componentes se podía conformar fácilmente en frío, bien a mano, bien en molde, y, una vez desmoldada, repasar antes de su cocción en el horno, lo mismo que si se tratara de una masa cerámica. Una constante de este tipo de piezas era su coloración verdosa o azul turquesa claro, de moda en esa época. Este material se utilizó en Egipto durante un milenio a partir de la XXII dinastía, desde aproximadamente el siglo X a.C. La figura 4.12 es un ejemplo del uso de este material.

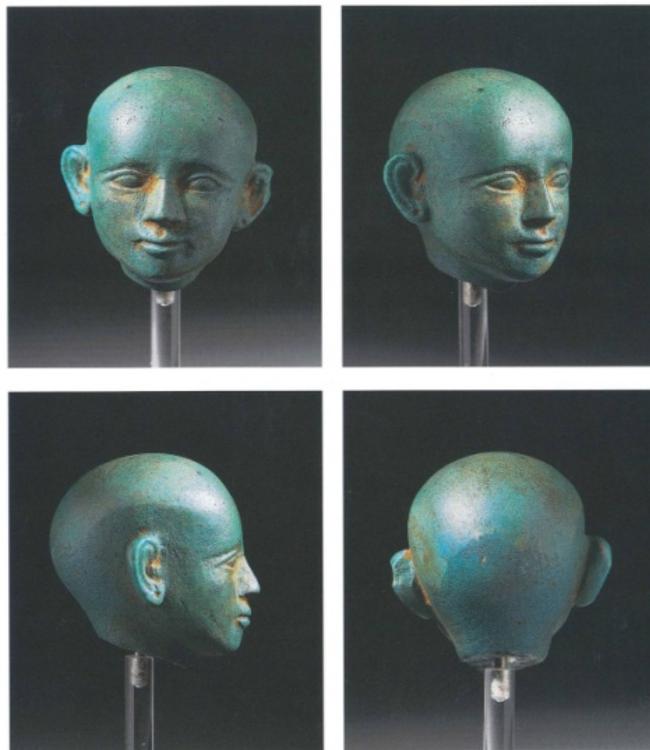


Figura 4.12. Cabeza masculina observada desde distintas posiciones. Siglo X a VII a.C. (4 cm alto).

Por sus características esta pequeña cabeza, de 4,0 cm de altura, 3,9 cm de anchura y 3,8 cm de fondo, parece que pudo haber formado parte de una figura del primer milenio a.C. Su apariencia sin cabellera hace suponer que correspondiera a la representación de un sacerdote egipcio. La pieza fue prensada en molde. Tanto el aspecto de su masa como el de su color son uniformes. La superficie está plagada de minúsculas burbujas y de algunas de mayor tamaño. Se aprecian huellas de pulido en la superficie del cráneo y en la parte de los ojos. El nacimiento de la nariz presenta una grieta que posiblemente

se originó durante el secado o la cocción de la pieza, lo que puede confirmar el proceso utilizado para su conformación.

El amuleto de la figura 4.13, de 8,3 cm de altura y 0,6 cm de espesor, es una representación del dios Hapi, uno de los cuatro hijos de Horus.

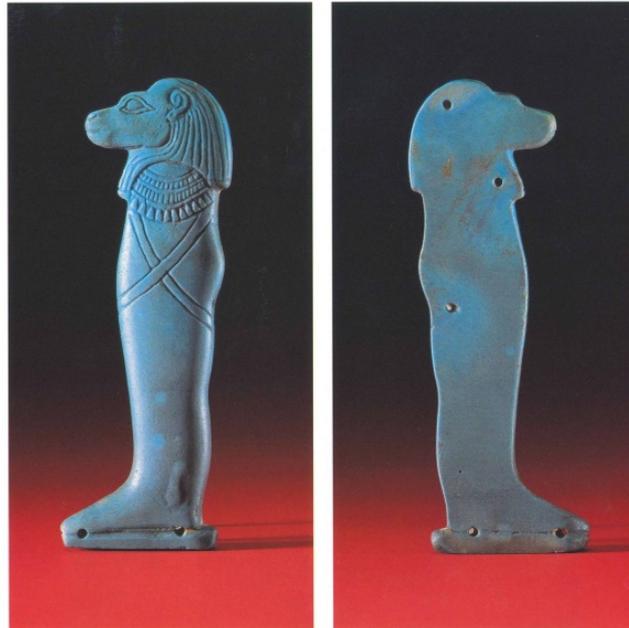


Figura 4.13. Anverso y reverso de un amuleto con la figura de Hapi, hijo de Horus. Principios de la dinastía ptolomeica, siglo IV a.C. (8,3 cm alto).

Esta pieza, obtenida por cocción, muestra una gran homogeneidad de masa y de color y su modelado fue realizado muy cuidadosamente. Sobre el pecho están grabadas dos bandas cruzadas. En la base del pie existen dos perforaciones para enhebrar un hilo o cordón. Para la misma función existen en la cara trasera otras tres perforaciones que traspasan oblicuamente la figura hasta sus bordes laterales. El dios Hapi está representado con forma de momia con cabeza de babuino en posición de perfil. La superficie posterior es plana y está desbastada, los costados están redondeados, y los detalles están finamente trazados y moldeados en relieve.

Probablemente también de “fayenza vítrea” es el relieve que se muestra en la figura 4.14 y que representa una figura humana de pie con su brazo derecho levantado. Algunas partes del relieve están realizadas con vidrios de distinto color. En este relieve se aprecia una técnica de ejecución en cierto modo

más avanzada que la de las dos figuras anteriores, al incorporar vidrios de distintos colores.



Figura 4.14. Figura humana con incrustaciones de vidrios de varios colores, siglo III a I a.C. (21,5 cm alto). Corning Museum of Glass, Corning, NY, EE.UU.

De época posterior es la cabeza del popular dios egipcio Bes con cara de gnomo, de 8,6 cm de altura; 8,7 cm de anchura, y 3,2 cm de fondo (fig. 4.15). Está realizada con vidrio opaco de color azul claro, de masa homogénea con algunas burbujas de gran tamaño. Esta figura está conformada por fusión con su cara dirigida hacia el fondo en un molde abierto de una sola pieza. La cabeza presenta marcas de herramientas y tiene una perforación que la penetra verticalmente desde su parte superior hasta una profundidad de algunos milímetros. A la cara le falta parte de su lateral izquierdo y un fragmento de su oreja derecha. La superficie conserva el brillo original excepto en algunas zonas corroídas. Todos los detalles están modelados con un impresionante relieve de suaves contornos. Las arrugas de la frente están trazadas en forma de tablero de ajedrez. Los arcos de las cejas son muy abultados y estirados hacia arriba; los ojos son oblicuos y de forma almendrada, provistos de grandes pestañas; los pómulos están marcadamente acentuados; la nariz, corta y ancha, bajo la cual asoma la fila superior de dientes y la lengua colgante fuera de la boca a cuyos lados penden mechones de la barba.

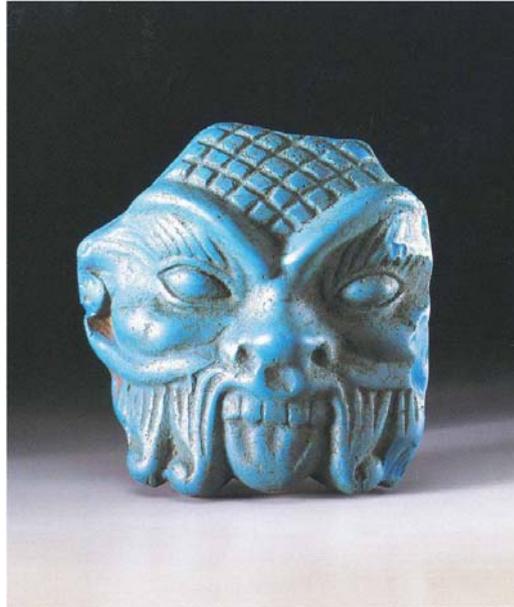


Figura 4.15. Cabeza del dios Bes. Época ptolomeica-romana, siglo I a.C. a I d.C. (8,6 cm de alto).

4.4. LOS AMULETOS Y COLGANTES

FENICIOS DE VIDRIO

En la antigua Fenicia y en la ciudad de Cartago, fundada hacia el año 820 a.C. en el norte de África por los fenicios procedentes de Tiro, se desarrolló una intensa producción de vidrio dedicada especialmente a la fabricación de cuentas coloreadas, brazaletes, pulseras y diminutas cabezas con forma humana. De todas estas piezas se han hallado innumerables muestras en necrópolis y otras excavaciones arqueológicas realizadas en colonias fenicio-púnicas. En cuanto a las pequeñas cabezas que, por su carácter representativo, podrían considerarse como minúsculas esculturas de vidrio, hay que señalar que su realización (véase 3.4) estaba dirigida, más que a la creación de obras de un depurado valor artístico, a su utilización primaria como amuletos y colgantes de collares. No obstante, este uso no debe restarles mérito artístico, ya que cada artista procuró dotar a su obra de la mayor expresividad y del mayor atractivo posible. Las

figuras que siguen a continuación muestran diferentes estilos de este tipo de cabezas.



Figura 4.16. Amuleto colgante de vidrio con forma de cabeza procedente de la necrópolis fenicio-púnica de Puig des Molins (Ibiza), siglo VI a IV a.C. Museo Arqueológico de Ibiza y Formentera, Ibiza (27).

El vidrio que forma la base de la cabeza de la fig. 4.16 es de color amarillo. La nariz, las orejas y los labios fueron conformados por pinzamiento y ligero estiramiento. Dos cuentas de vidrio negro, incrustadas sobre el fondo de un pequeño círculo de vidrio blanco, forman los ojos enmarcados por un reborde circular negro a modo de párpados. Las cejas están formadas por dos gruesas líneas del mismo vidrio. Finalmente la parte superior de la cabeza y la mitad inferior de la cara y laterales se recubrieron con un vidrio de color verde moteado para simular el pelo.

La imagen de la fig. 4.17 muestra una cabeza de 2,2 cm de altura y 1,1 cm de fondo. La base es de vidrio azul cobalto transparente, decorado con aplicaciones superpuestas de vidrio amarillo naranja opaco, vidrio amarillo opaco y vidrio blanco opaco. El vidrio azul y el amarillo muestran numerosas burbujas de diámetro uniforme y de tamaño medio. La cabeza fue conformada recubriendo con el vidrio base azul el extremo de una delgada varilla que dejó un hueco de 0,5 cm de diámetro. La superficie interior de la pieza que estuvo en contacto con la varilla se halla recubierta por una capa de arena y arcilla de color marrón rojizo. Sobre el vidrio base se aplicó una ancha porción del vidrio amarillo opaco que forma, como si se tratara de una máscara, la mitad superior de la

cara. El vidrio azul de base fue estirado hacia abajo y hacia adelante para formar la barba. Los detalles consisten en pequeñas perlas y anillos elaborados previamente para su posterior aplicación. Así son los anillos de vidrio amarillo anaranjado que forman las orejas; la perla que forma la nariz y los dos pequeños anillos colocados como pendientes. Los ojos consisten en dos pequeñas perlas blancas colocadas sobre dos perlas grandes del vidrio azul. La boca está formada por una franja blanca estirada que, para acentuar los labios, ha sido incrustada profundamente. Sobre la frente se ha aplicado una banda blanca. La cabeza es de forma casi cilíndrica, aunque con su parte posterior plana. Sobre la cabeza se aplicó un grueso anillo de vidrio azul para poder enhebrarla en un collar. Por sus rasgos orientales y su estilo global, este colgante corresponde a los fabricados preferentemente en la costa sirio-palestina hallados en Chipre y Cartago en el período de tiempo arriba indicado.



Figura 4.17. Amuleto colgante de vidrio con forma de cabeza. Siglo VI a principios del V a.C. (2,2 cm alto) (80).

La cabeza de 3,3 cm de altura y 2,0 cm de fondo que muestra la fig. 4.18 está recubierta por algunas pequeñas burbujas. Como consecuencia de haber sido conformada alrededor de una varilla, presenta en su interior un hueco cilíndrico vertical de 0,7 cm de diámetro, correspondiente a la huella dejada por esta. Este hueco está recubierto por una fina capa blanca de 0,2 cm de arena y

arcilla que procede del recubrimiento antiadherente que rodeaba a la varilla. Así pues, el diámetro de la varilla debía ser 0,5 cm.



Figura 4.18. Amuleto colgante de vidrio con forma de cabeza. a) Frente. b) Perfil. Medios del siglo IV al III a.C. (3,3 cm alto) (80).

La cabeza está bien conservada, aunque alguno de los rizos que adornan la frente y las orejas, parte de la oreja derecha y del anillo superior, se han desprendido. La base interior de la pieza es de vidrio azul verde translúcido, sobre el que se superpuso el vidrio amarillo que forma la cara. La puntiaguda barbilla fue estirada hacia abajo por un pinzamiento ejercido con tan fuerte presión que ha dejado una hendidura en ella. A ambos lados de la parte inferior de la cara y por debajo de ésta asoma, a modo de barba, el vidrio de base subyacente de color azul verde. Mediante la aplicación sobre la pieza de pequeñas perlas e hilos de vidrio profundidos se conformaron los diversos detalles, tales como la serie de rizos sobre la frente y las bandas que forman las cejas, de vidrio azul cobalto; los ojos están formados por pequeñas perlas blancas aplicadas sobre perlas azules de mayor tamaño; la boca está formada por una pequeña porción de vidrio amarillo estirada horizontalmente y marcada por una hendidura para separar los labios. Sobre la cabeza se ha colocado un grueso anillo del vidrio base para poder enhebrar la pieza a modo de colgante.

La figura 4.19 muestra un amuleto con forma de cabeza humana procedente de Cartago, que presenta características de producción semejantes a las del amuleto de la figura anterior. Los rizos del cabello y de la barba están también realizados como pequeñas espirales añadidas al vidrio que conforma la base de la cabeza. Asimismo los ojos se realizaron combinando perlas de vidrio

blancas y negras de distinto tamaño, y presenta un anillo en la parte superior de la cabeza que permite suspender el amuleto.



Figura 4.19. Amuleto colgante de vidrio con forma de cabeza procedente de Cartago. Museo del Louvre, París, Francia.

Las cabezas de las cuatro figuras anteriores constituyen típicos ejemplos de piezas elaboradas por la superposición sucesiva sobre un vidrio base, de pequeñas porciones de vidrios profundidos de distintos colores, para conformar su fisonomía y su decoración. Se diferencian fácilmente de las piezas de vidrio conformadas a mayor temperatura con soplete o candilón, porque los detalles aplicados están nítidamente diferenciados del vidrio base y sus bordes no se hallan reblandecidos e interdifundidos en el vidrio de su entorno.

En la figura 4.20 se recoge una amplia variedad de amuletos con forma de rostro humano, así como cuentas de vidrio (parte central de la imagen), algunas de ellas también con representaciones de caras.

Estos pequeños objetos (2,5 - 5,8 cm de altura) se atribuyen a los artesanos fenicios que los distribuyeron por toda la cuenca mediterránea desde el siglo VI a.C. hasta finales del siglo III a.C., aproximadamente.



Figura 4.20. Amuletos y cuentas de vidrio fenicio. Finales del siglo VI a finales del III a.C. (2,5 - 5,8 cm alto) (36).

La fig. 4.21 muestra una cabeza muy semejante a la de las figuras anteriores, enhebrada en un collar reconstruido con cuentas de diversos colores. Análogos son los collares de la fig. 4.22.

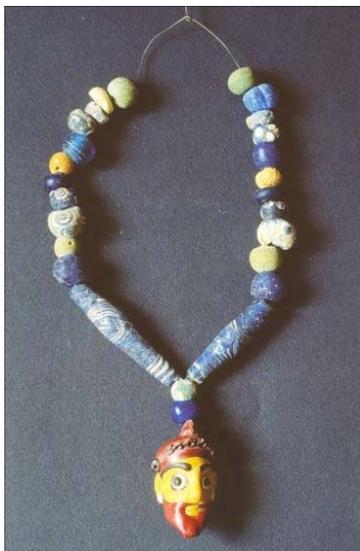


Figura 4.21. Reconstrucción de un collar de cuentas de vidrio y un amuleto procedente de la necrópolis fenicio-púnica de Puig des Molins (Ibiza), siglo VI a IV a.C. Museo Arqueológico de Ibiza y Formentera, Ibiza (27).



Figura 4.22. 1) Collar procedente de la tumba 24 de Olbia, Cerdeña, conocida con el nombre de Fontana Novi. 2) Collar procedente de la necrópolis de Tharros, Cerdeña. Siglo VI a III a.C. Museo Arqueológico de Cagliari, Italia (74).

4.5. EL VIDRIO EN LA ANTIGUA CHINA, JAPÓN Y OTROS PAÍSES DEL SURESTE ASIÁTICO

4.5.1. China

La producción de vidrio en Extremo Oriente se inició mucho más tardíamente y al margen de los orígenes y de la influencia que había tenido su brillante desarrollo en los países del Mediterráneo oriental. Durante muchos siglos el vidrio como material recibió muy escasa atención en China, desde luego mucho menor que la que se dedicó a la cerámica y a los metales. Las muestras de vidrio más antiguas encontradas en China consisten en cuentas y rudimentarios amuletos coloreados de procedencia desconocida, hallados en tumbas de finales de la dinastía Zhou (siglo. VI a.C.), que se mantuvo en el poder desde aproximadamente 1046 hasta 256 a.C. Dentro de ella hay que distinguir dos etapas bien diferenciadas: la primera que se extiende hasta el año 771 a.C. (período Zhou occidental), y la segunda, en que, como consecuencia de una invasión extranjera, se vio obligada a trasladar su capital hacia el Este (período Zhou oriental), donde su poder hegemónico se vio debilitado durante los cinco últimos siglos que lo ejerció hasta su extinción en 256 a.C. Fue, sin embargo, durante esta segunda etapa decadente de su autoridad cuando se produjo su mayor florecimiento cultural, técnico y artístico. En esos años vivieron los grandes filósofos y pensadores, como Confucio y Lao Tzu, y se inició la literatura china clásica. En otro orden hay que señalar que en esa época la fabricación de bronce alcanzó su mayor dominio artístico y técnico.

Los primeros objetos de vidrio que llegaron a China a principios del siglo V a.C. durante el periodo de los Reinos Combatientes, fueron cuentas oculadas de colores que imitan jade o cuarzo. En realidad son de tipo fayenza egipcia y se cree que en su mayoría fueron introducidas en China por la ruta de la seda durante la dinastía Han. La literatura histórica de la época relata la introducción de vidrios desde Occidente, y de hecho se han hallado piezas arqueológicas que corresponden a las técnicas típicas de la antigua Roma, Persia o de la cultura islámica. Por tanto, parece claro que el vidrio antiguo chino procede de Occidente, hecho que comenzó con los viajes de Zhangqian a las Regiones del Oeste. No todos los investigadores están de acuerdo con esta hipótesis y algunos creen en otra hipótesis, la de la "autoinvención". Hacia 1930 comenzaron los estudios científicos sobre vidrios chinos antiguos por parte de investigadores occidentales. Seligman y col. (79) encontraron que la composición química de los vidrios arqueológicos de la provincia de Henan, de la dinastía pre-Han a la dinastía Tang, eran de silicato de plomo y bario, que es

una composición muy diferente de la de los vidrios occidentales, pero aún insistían en que procedían de una técnica occidental, basándose en la tipología y el color de los vidrios. Hoy se acepta que a partir del siglo V a.C. ya se empezaron a fabricar cuentas coloreadas de vidrio, caracterizadas por un contenido de entre un 10 y un 20 % de óxido de bario y de hasta más de un 40 % de óxido de plomo, adelantándose varios siglos en el tiempo a la composición del vidrio cristal que no comenzaría a desarrollarse en Inglaterra hasta finales del XVII. En los tiempos más remotos de China no era posible obtener vidrios propiamente dichos, debido a lo precario de la tecnología disponible para fundirlos. Son piezas de joyería con tipologías de cuentas, tubos, etc. de fayenza china o de fritas obtenidas a partir de cenizas de plantas de composición semejante a la de los vidriados de la protoporcelana china. Los primeros verdaderos vidrios chinos datan de la dinastía pre-Qin (500-400 a.C.) y son de silicato alcalino cálcico. Sus tipologías responden a cuentas y piezas ornamentales; son muy escasas y frecuentemente de color azul. Se distribuyen por los valles de los ríos Amarillo y Yangtze. Una pieza importante es el adorno de la espada de Goujian (fig. 4.23), rey del estado de Yue (periodo 771-403 a.C.), que es un vidrio potásico cálcico, cuya composición no se ha encontrado en piezas procedentes de Egipto o de Mesopotamia. Sin embargo, dicha composición es muy semejante a la de la protoporcelana china. Esto permite deducir que el modo de producir vidrio en la antigua China estaba estrechamente relacionado con el procesamiento de la protoporcelana y con el de la fayenza.



Figura 4.23. Detalle de la espada de Goujian (espada 55,6 cm largo). Hubei Provincial Museum, China.

La técnica de producción más frecuente fue el colado en molde, con toda probabilidad tomada de la metalurgia del bronce. Hay evidencias de que este tipo de vidrios se difundieron a otros países.

A partir del periodo Han (206 a.C. a 220 d.C.) se empezaron a conformar objetos de vidrio por moldeado en caliente, lo que diversificó el uso de este material. Los vidrios arqueológicos de la dinastía Han son, en general, objetos funerarios realizados en el valle del río Yangtze. También hay vidrios de imitación de jade que se utilizaban para ornamentos y en rituales. Contenían óxidos de bario y de plomo, siendo algunos opacos u opales, si bien los que contienen más cantidad de óxido de plomo son transparentes. Estos vidrios también se obtenían por colado en molde. En Mesopotamia se encontraron vidrios con composiciones semejantes y se dataron anteriores al siglo VI a.C., es decir previos a los hallados en China. También se hallaron vidrios con elevados contenidos de óxido de plomo en la India fechados en el mismo periodo que los de China. En general, todos estos vidrios se produjeron en el interior de China y de allí se extendieron a Asia Oriental, Suroccidental y a Asia Central.

En el periodo Han se fabricaron discos rituales *bi* que se empleaban como objetos ceremoniales para acompañar a los muertos en la otra vida (fig. 4.24).

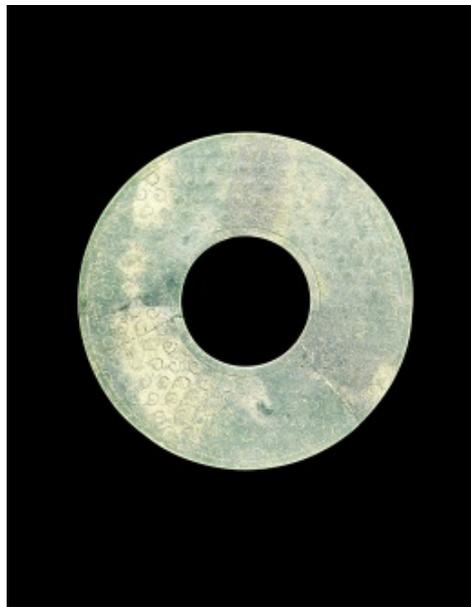


Figura 4.24. Disco ritual de vidrio (*bi*), 206 a.C. a 220 d.C. (16,4 cm diámetro, 0,5 cm espesor). Corning Museum of Glass, Corning, NY, EE.UU.

Los arqueólogos han encontrado gran cantidad de estos discos junto con otros objetos en varias tumbas de la época, lo que demuestra que ya entonces había una intensa producción de vidrio en China. Después de la dinastía Han disminuyó notablemente la producción de vidrio con óxidos de plomo y bario, pues parece que China empezó a importar de Roma casco de vidrio de composición sódico cálcica. Durante mucho tiempo se fabricaron por moldeado en caliente pequeñas piezas de vidrio. De épocas posteriores pueden verse, en algunas representaciones de Buda de los siglos IX y X, objetos votivos fabricados en vidrio.

4.5.2. Japón

Los objetos de vidrio más antiguos encontrados en Japón datan del periodo Yayoi (300 a.C. a 250 d.C.) y consisten en cuentas coloreadas, abalorios y ornamentos (figs. 4.25, 4.26 y 4.27) procedentes de China.



Figura 4.25. Izquierda: Magatama de cristal de roca. Derecha: Anillo de vidrio. Periodo Yayoi a Kofun.

Más adelante empezaron a elaborarse en elevado número cuentas de diversas formas y tamaños con arreglo a diseños propios, empleando vidrio importado de China que se refundía y se moldeaba posteriormente (9).

La composición química, rica en óxido de plomo, de la mayoría de estas cuentas refuerza la creencia de que el vidrio procediera de China. A lo largo de todo el periodo Kofun (250-538 d.C.), que siguió inmediatamente al de Yayoi, continuó la producción de cuentas y se enriqueció con la incorporación de nuevas formas y colores. En esa época empezó a utilizarse el vidrio para

incrustaciones sobre metal en pulseras, brazaletes y otros objetos decorativos y también hicieron su aparición las primeras vasijas de este material. En ruinas del siglo V se han encontrado platos, cuencos y botellas, aunque su uso se cree que comenzó en la segunda mitad del siglo VI.



Figura 4.26. Izquierda: Magatama de jadeita. Medio: Magatama de ágata. Derecha: Magatama de vidrio verde. Periodo Yayoi a Kofun.



Figura 4.27. Cuentas japonesas de vidrio. Periodo Kofun.

Durante el periodo siguiente, el periodo Asuka (538-794 o 552-710), se instauró el budismo en Japón, empezaron a construirse templos budistas y se introdujeron nuevas prácticas funerarias, como la incineración. Las cenizas se depositaban en recipientes de vidrio y estos se envolvían en un paño y se guardaban en cajas metálicas que se colocaban en el exterior de los monumentos funerarios. También se emplearon estos recipientes de vidrio como relicarios para guardar reliquias de Buda que se enterraban en los lugares sobre los que se iba a construir una pagoda (92).

Estas prácticas ponen de manifiesto la consideración de material noble en que se tenía al vidrio. Su composición química no había experimentado cambios importantes y seguía teniendo un porcentaje muy elevado de óxido de plomo. A pesar de esas nuevas aplicaciones del vidrio, la producción de cuentas, lejos de decaer, se intensificó en ese periodo, como demuestran las decenas de millares que se encontraron en la tumba del emperador Shōmu (701-756), junto a pequeñas barras de vidrio y objetos con decoraciones *cloisonné*.

A lo largo del breve periodo Nara (710-794), que siguió al periodo Asuka, continuó manteniéndose la fabricación de vidrio en la misma línea, pero a partir de entonces se inició inexplicablemente una decadencia de su producción que duraría casi diez siglos hasta el comienzo del periodo Edo en 1603. La carencia de producción de piezas de vidrio convencional a lo largo de este vacío secular explica la falta de diseños históricos tradicionales y de modelos estéticos de referencia que hubieron de ser creados en una nueva etapa posterior (véase 5.7).

4.5.3. Otros países del Sureste Asiático

Los hallazgos arqueológicos de vidrio en diversos países del Sureste Asiático (Tailandia, Camboya, Vietnam, Malasia, Borneo, Sumatra, Filipinas) consisten en su mayoría en un ingente número de cuentas multicolores que datan de diversas épocas.

A pesar de la gran abundancia con que han aparecido en muchas excavaciones, no se tienen pruebas de que existieran talleres de producción de vidrio en ninguno de estos países antes de su colonización europea. Por ello, parece seguro que fueran importadas, a través del Océano Índico, por las rutas comerciales existentes entre la India y los países del Mediterráneo oriental, de las manufacturas vidrieras de Oriente Medio y de la costa suroriental de la India, donde la producción de vidrio se inició en el siglo III d.C. (23).

4.6. LA ESCULTURA EN VIDRIO EN ROMA DESDE LA INVENCIÓN DE LA CAÑA DE SOPLAR VIDRIO

Puede afirmarse que, desde la incorporación de la técnica de vidrio soplado con caña (véase 3.4) a mediados del siglo I d.C., el vidrio alcanzó en Roma una de las cotas más altas de toda su historia. A lo largo de los cuatro siglos que mantuvieron su actividad los talleres vidrieros romanos se realizaron una ingente cantidad de piezas de los más diversos estilos, si bien predominó la producción masiva de objetos funcionales de mesa (vasos, copas, botellas, frascos, ungüentarios, etc.), propiciada por el dominio del procedimiento de soplado. La fabricación de vidrio hueco coexistió, lo mismo que antes había sucedido en Egipto, con las técnicas de conformación por prensado y con otras nuevas introducidas por los vidrieros romanos.

Por prensado se fabricaron platos y cuencos principalmente y, con carácter de excepción, algunas esculturas figurativas, como las cabezas dedicadas al emperador Augusto (figs. 4.28 y 4.29) que, dentro de la vasta y rica obra escultórica romana, constituyen numéricamente una reducida representación de la escultura en vidrio.

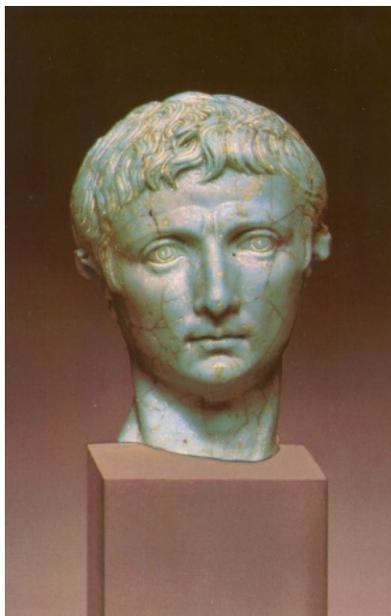


Figura 4.28. Retrato de Augusto, vista frontal (siglo I d.C.) (4,7 cm alto). Römisch Germanisches Museum, Colonia, Alemania.

4. EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LA ESCULTURA EN VIDRIO Y DE SUS TÉCNICAS DE EJECUCIÓN

La imaginación de los vidrieros romanos les llevó a crear, por soplado en molde, las más insólitas y caprichosas piezas, como la jarra-botella azul cobalto, con cuerpo de cabeza humana de la fig. 4.30. Dejando aparte el dudoso gusto de la pieza, su original formato e imaginativo diseño permitiría darle la categoría de obra artística próxima a la escultura. La representación de cabezas en botellas de diversos tamaños, formas y estilos tuvo que ser relativamente frecuente en Roma, ya que, por ejemplo, se conservan diversos ejemplares en el Corning Museum of Glass (Corning, NY, EE.UU).



Figura 4.29. Retrato de Augusto, vista semi perfil (siglo I d.C.) (4,7 cm alto). Römisch Germanisches Museum, Colonia, Alemania.



Figura 4.30. Jarra o botella con asa y cuerpo de cabeza humana, soplada en molde (19,6 cm alto). Corning Museum of Glass, Corning, NY, EE.UU.

De especial valor por la singular maestría de su ejecución merece mención el trabajo de talla y filigrana de los famosos vasos diatreta y camafeo, que pueden considerarse como las obras del mayor mérito y más depurada calidad artística de la producción vidriera romana, característica de los talleres romanos instalados en la cuenca del Rin. Eran piezas de grueso espesor, rodeadas por una envoltura flotante de filigrana calada, constituida por anillos unidos, a modo de red entre sí, y a su vez al vaso central, formando cuerpo con él (fig. 4.31). Inmediatamente por debajo de su borde superior y alrededor de todo él, el vaso llevaba una inscripción tallada en caracteres griegos.



Figura 4.31. Vaso diatreta con la inscripción ΠΙΕ ΖΗΣΑΙΣ ΚΑΛΩΣ ΑΕΙ (Bebe y vive bien) (12,1 cm alto). Römisch Germanisches Museum, Colonia, Alemania.

Una variante libre de los vasos diatreta la constituye la famosa Copa de Licurgo realizada por la misma técnica de filigrana tallada. En esta copa, lo mismo que en los vasos diatreta, el conjunto de la figura y los elementos decorativos quedan formando una envoltura flotante que rodea a la copa. Su

nombre viene dado por la figura de Licurgo, rey de Tracia, que aparece representado en una escena de gran realismo dramático. El rey aparece con sus miembros aprisionados por las ramas de una parra que parece flotar en el aire.

Pero la singularidad de esta copa, aparte del mérito de su talla y de su belleza, reside en el cambio de color que ofrece según se la contemple iluminada exteriormente (color verde amarillento) o se observe por transparencia, iluminada desde su interior (color rojo púrpura) (figs. 4.32 a y b). Este efecto se debe a la presencia de nanopartículas coloidales de oro y de plata que contiene este vidrio en bajísima concentración.



Figura 4.32. Copa de Licurgo, siglo IV d.C. (15,8 cm alto). a) Iluminada desde el exterior. b) Iluminada desde el interior. British Museum, Londres, U.K.

Otra destacada especialidad desarrollada por los vidrieros romanos durante los dos primeros siglos de la era cristiana, fue la de los vasos camafeo, de los que el ejemplar más famoso es el conocido Vaso de Portland (fig. 4.33). Aunque no se ha conservado hasta nuestros días, se cree que, con toda probabilidad, este vaso tuvo originariamente una tapa y una base, como las que muestra el Vaso de Pompeya (fig. 4.34), cuya forma confirma la existencia de una base troncocónica que proporciona a la pieza el aspecto de un ánfora.

Las cuatro piezas arriba descritas constituyen las obras más emblemáticas de toda la producción romana que ha llegado hasta nuestros días. Por su inspiración creativa y por el carácter de representación figurativa podrían ser consideradas como las tres esculturas más valiosas y meritorias de la producción romana, además de la cabeza retrato de Augusto de la fig. 4.28.

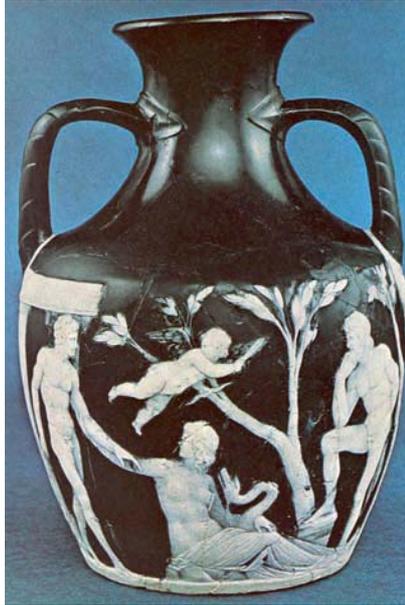


Figura 4.33. Vaso de Portland, siglo I d.C. (c 25 cm alto). British Museum, Londres, U.K.



Figura 4.34. Vaso camafeo conocido como Vaso de Pompeya. Museo Naziolane di Napoli, Italia.

Aparte de su capacidad productiva y de su creatividad artística sorprende el dominio de las composiciones y de los procesos técnicos que llegaron a tener los vidrieros romanos, muy por encima del nivel de los conocimientos químicos de la época. Muchos de estos conocimientos, como tantos otros, se perdieron y hubieron de ser descubiertos de nuevo varios siglos después por los vidrieros venecianos.

4.7. EL VIDRIO EN LA ÉPOCA MEDIEVAL (TARDORROMANO, VISIGODO, ISLÁMICO)

Tras la caída del Imperio Romano de Occidente a lo largo del siglo V, tuvo lugar una profunda decadencia cultural, acompañada de importantes cambios sociopolíticos producidos en el extenso espacio territorial que había dominado Roma. De la brillante producción vidriera romana solo sobrevivieron dos focos: Rávena, adonde se trasladó temporalmente hasta 476 la capital del Imperio de Occidente, y Constantinopla, fundada por Constantino I en el año 330 y, posteriormente, elevada por Honorio a capital del Imperio Romano de Oriente. Rávena se especializó en la fabricación de teselas doradas y policromadas para la construcción de mosaicos de marcado estilo bizantino, mientras que Constantinopla, además de la fabricación de teselas, se caracterizó por el dominio de la técnica de los “fondos de oro” o *gold sandwich* (véase 3.4.2) y por la variada y refinada producción de objetos de vidrio hueco, enriquecida con técnicas islámicas de decoración superficial mediante la aplicación de esmaltes vítreos coloreados. De todo el tiempo que mantuvo su actividad vidriera, hasta que en 1453 cayó en poder de los turcos, no se ha hallado ninguna muestra ni descripción alguna que pueda adscribirse a una obra de escultura en vidrio.

En el resto de las regiones que habían estado bajo la dominación romana, la calidad artística del vidrio producido durante los primeros siglos que siguieron al hundimiento del imperio fue inferior a la de los dos focos mencionados. Con el tiempo fue evolucionando lenta e independientemente con criterios de diseño y aplicación diferentes en cada región. En la Hispania post-romana, durante los tres siglos que permanecieron los visigodos en su suelo, el vidrio, tras una modesta producción de objetos de uso común, adquirió la condición de material noble y se orientó preferentemente a su aplicación en creaciones suntuarias, como las famosas coronas del tesoro de Guarrazar y de Torredonjimeno, y en objetos de orfebrería ornamental como cinturones, broches y fíbulas, alternando con gemas y perlas. Su uso aparece expresamente descrito por el obispo de Sevilla San Isidoro en su famosa y extensa obra *Etimologías*, escrita entre los años 627 y 630.

Durante los siglos VI y VII la producción más característica de vidrio en los pueblos francos, asentados a ambos lados de la cuenca del Rin, en una amplia zona ocupada actualmente por Francia, Bélgica y Alemania, fue la de vasos cónicos, cuernos libatorios y vasos de tentáculos fabricados por soplado en molde. La composición química del vidrio continuó siendo de silicato sódico cálcico tradicionalmente empleada por los vidrieros romanos.

Los vidrieros germanos establecidos más al nordeste del área centroeuropea se dedicaron también a la fabricación de vasos y cuencos, que se diferenciaban por su factura más tosca, su diseño más vulgar, por el mayor espesor de sus paredes, adornadas exteriormente por la aplicación de gruesas gotas de vidrio y por su marcado color verdoso, debido a las impurezas de las materias primas empleadas. Todo ello resultaba agravado por el empleo de la composición de silicato potásico cálcico que se vieron obligados a emplear, debido a la carencia de materia prima sódica. La tosquedad de su producción se mantuvo a lo largo de varios siglos, incluso en los nuevos tipos de vasos, generalmente de grandes proporciones, y en las nuevas botellas que fueron surgiendo. Su calidad y su diseño artístico apenas experimentaron variaciones hasta que en el siglo XVI empezó a dejarse sentir la influencia veneciana en la profusa decoración de la superficie de sus grandes vasos con esmaltes coloreados. Pero la verdadera innovación estética que experimentó el vidrio centroeuropeo, a partir del siglo XVII, y que lo elevó a la cima de su arte, fue la decoración mediante la talla y el grabado, favorecida por el brillo y el atractivo que le proporcionaba la composición característica del vidrio de Bohemia. Esta técnica ofrecía nuevas posibilidades decorativas al vidrio y le abría un nuevo camino para la creación artística de nuevos diseños espaciales que podían conducir a la creación de formas escultóricas.

Hay que volver atrás en el tiempo para seguir otro de los derroteros por los que discurrió la historia del vidrio a lo largo de la Edad Media: el del vidrio islámico. La gran expansión que experimentó el mundo árabe desde principios del siglo VII por los países de Oriente Medio hasta Persia, y por el norte de África hasta la península Ibérica, le puso en contacto con los países de mayor tradición vidriera de la época, como Siria y Egipto. Ello les permitió asimilar sus conocimientos para crear después sus propios centros de producción, que fueron estableciéndose a lo largo y a lo ancho de su vasto imperio y adquiriendo con el tiempo características propias dependientes de cada lugar de implantación (27).

La mayor parte de la producción vidriera islámica se dedicó a la fabricación de vasos, botellas de cuello largo y lámparas suntuarias, destinadas en gran parte a la iluminación de sus mezquitas. Una de sus especialidades más características fue la decoración superficial de las piezas de gran tamaño con esmaltes coloreados y lustres metálicos. La prohibición religiosa de representar

figuras humanas y de animales la limitó a motivos geométricos, florales o a textos del Corán. En su producción no se han encontrado obras que puedan ser consideradas como esculturas en vidrio.

4.8. EL VIDRIO VENECIANO

Más tardíamente se produjo en Venecia un importante resurgimiento de la producción de vidrio que había de llevar a este material a una de las etapas más esplendorosas de su historia, sólo comparable a la de los cuatro siglos que le había precedido en su anterior época romana. Aparte de la fabricación temporal de teselas que había tenido lugar en las proximidades de Venecia después de la caída de Roma, parece que ya desde el siglo XI se fabricaba vidrio de uso común, de cuyas piezas y diseños no ha llegado información hasta nuestros días. Por eso, el origen del afamado vidrio veneciano debe situarse a principios del siglo XIII, coincidiendo, por una parte, con la participación de la República Veneciana en las Cruzadas que tomaron Constantinopla el año 1204, y, por otra, con las relaciones comerciales que estableció con esta ciudad y con los principales centros vidrieros de la costa del Mediterráneo oriental. Esos contactos dieron lugar, como había sucedido en la antigüedad, primero en Egipto y más tarde en Roma, a la importación de conocimientos vidrieros y, probablemente también, de artesanos de distintas procedencias. Así, los vidrieros venecianos adquirieron a un tiempo experiencia en el manejo de diversas técnicas de conformación de vidrio y en la aplicación de los procesos de decoración superficial. Ello explica la acusada influencia del estilo bizantino que caracteriza a muchas de las primeras piezas de vidrio fabricadas en Venecia, así como la abundancia de sus decoraciones con esmaltes dorados y colores vitrificables. Antes de que finalizara el siglo XIII Venecia contaba ya con numerosos centros de producción de vidrio con una magnífica organización gremial común, estructurada en varios niveles jerárquicos, y dividida en diferentes grados de especialización, bajo un severo control del Consejo de la República.

El riguroso seguimiento oficial de la producción de vidrio, el régimen de secretismo en que esta fue mantenida, el dominio técnico de los procesos de fabricación y manufactura, la delicada calidad de las piezas fabricadas y los intensos contactos comerciales que mantuvo Venecia contribuyeron a que el vidrio veneciano se difundiera por toda Europa y alcanzara uno de los más brillantes momentos estelares de su historia. Asimismo hay que señalar el destacado papel y el indudable mérito que también le corresponde a Venecia por sus importantes innovaciones técnicas y artísticas que le permitieron no sólo redescubrir y recuperar muchos de los secretos de composición y de fabricación

perdidos, dominados siglos atrás por los vidrieros romanos, sino también introducir nuevos procesos de decoración originales.

La producción artística de vidrio veneciano fue abundantísima, pero dedicada mayoritariamente a vidrio de mesa. En muchos casos su aplicación utilitaria no le resta valor ni excluye su mérito artístico, como a título de ejemplo muestra la fig. 4.35.



Figura 4.35. Jarra en forma de barco. Museo Vetrario, Murano, Italia.

Evidentemente, la intención del vidriero al conformar esta pieza era más la de crear una obra de arte que un objeto funcional, aunque también pudiera ser utilizada para servir agua o vino en la mesa. En su libertad creativa, despojada de las limitaciones que impone la conformación en molde, esta jarra-nave puede ser considerada como un anticipo de la escultura en vidrio moderna. La parte superior de la obra se escapa del molde para ser conformada libremente por la mano del artista en una labor de filigrana.

El vidrio veneciano mantuvo su preeminencia hasta mediados del siglo XVII, pero, a partir de entonces, esta se vio amenazada por dos circunstancias: porque sus secretos de fabricación comenzaron a difundirse y por "la aparición en Inglaterra en 1675 de un nuevo tipo de vidrio: 'el vidrio inglés o vidrio al

plomo' de alta transparencia y elevado brillo, y el vidrio de Bohemia que constituyeron una atractiva novedad y una seria competencia" (27).

4.9. LA ESCULTURA EN VIDRIO NATURAL DE OBSIDIANA

Siguiendo el orden cronológico y llegando a este punto, hay que hacer, un paréntesis y un salto en el espacio, para mencionar, aunque sea brevemente, las huellas dejadas por el vidrio natural y sus formas escultóricas en otras culturas. El mismo siglo en que Venecia se hallaba en su plenitud artística, el pueblo azteca en la América precolombina gozaba de un elevado nivel cultural. Entre sus realizaciones artísticas destacaba la escultura, para cuyas obras, generalmente de grandes dimensiones, emplearon preferentemente la piedra. Considerablemente más reducida, aunque de ejecución más refinada fue la producción de objetos de obsidiana, considerada como un material más noble. Análogamente al papel que había desempeñado el vidrio en otras culturas, la obsidiana, cuyas propiedades materiales son semejantes a las de éste, también fue empleada para la fabricación de objetos utilitarios, principalmente instrumentos de corte y espejos, y para la realización de figuras escultóricas mediante operaciones de vaciado, tallado y labrado, como muestra el conocido vaso zoomorfo representado en la fig. 4.36.



Figura 4.36. Vaso zoomorfo de obsidiana, siglo XV (15 cm alto). Museo Nacional de Antropología, Texcoco, México.

4.10. EL ARTE DE LA TALLA Y DEL GRABADO DEL VIDRIO EN CENTROEUROPA

Paralelamente a los avances técnicos y artísticos que en el siglo XVII iba experimentando el vidrio en Venecia, su desarrollo en Centroeuropa discurría por otros derroteros no menos importantes y atractivos. Los característicos vasos de grandes dimensiones que fiaban su valor artístico a las coloristas decoraciones pintadas que cubrían generosamente su extensa superficie con abigarradas escenas populares, paisajes bíblicos, representaciones de actos cortesanos o reproducciones heráldicas, empezaron a ser desplazados por copas y vasos incoloros grabados y tallados. Esta nueva orientación artística fue posible gracias a la optimización de la composición de silicato potásico cálcico del vidrio, que le proporcionó una mayor estabilidad química y permitía fabricar piezas con mayor espesor, haciéndolo más apto para este tipo de decoración. Las técnicas de tallado a la rueda y de grabado con punta de diamante empleadas por los lapidarios y grabadores de piedras preciosas, fueron pronto asimiladas por los artistas vidrieros. Los primeros ejemplares importantes se produjeron en Bohemia y en Nüremberg. En esta localidad se distinguió Caspar Lehmann, nacido en Illzen, a quien se deben importantes obras como la placa grabada con la efigie del elector de Sajonia Christian II (fig. 4.37). Continuator de Lehmann fue su alumno Georg Schwanhardt (1601-1657), de cuya mano salieron piezas suntuarias.



Figura 4.37. Placa de vidrio grabada a la rueda por Caspar Lehmann que representa a Christian II, elector de Sajonia. Praga o Dresde, 1602 o 1606 (20).

A partir de mediados del siglo del siglo XVII, coincidiendo con la terminación de la guerra de los treinta años, tuvo lugar un rápido florecimiento del vidrio grabado y tallado en varias regiones centroeuropeas (Bohemia, Franconia, Sajonia y Silesia, entre otras). Su producción se intensificó y las copas y vasos así decorados se convirtieron en las piezas de vidrio altamente valoradas por una moda suntuaria.

Las decoraciones se fueron haciendo cada vez más profusas, llegando a invadir toda la superficie exterior de las piezas, siguiendo la característica estética recargada del estilo barroco imperante en aquella época (fig. 4.38).



Figura 4.38. Vaso con tapa grabado con el monograma de Friedrich III, 1688-1701 (22,8 cm alto). Obra del grabador Gottfried Spiller. Corning Museum of Glass, Corning, NY, EE.UU

La producción de piezas de vidrio talladas y grabadas, lejos de decaer con el tiempo, se ha mantenido hasta nuestros días, aunque adquirió un especial valor en el siglo XIX (fig. 4.39).

Los profundos bajorrelieves tallados en algunas de las piezas más singulares podrían ser considerados como auténticas representaciones escultóricas y, en cualquier caso, como antecedentes de esculturas en vidrio de épocas posteriores.



Figura 4.39. Vaso con el busto grabado de Ernst I, duque de Sajonia, Coburgo y Gotha. Obra del artista Dominik Biemann, 1830-1831.

4.11. RESURGIMIENTO DEL VIDRIO EN EXTREMO ORIENTE: CHINA, JAPÓN Y LA INDIA

4.11.1. China

En China el siglo XVII representa el renacimiento del vidrio, tanto desde el punto de vista artístico como técnico. De hecho las primeras referencias sobre la fabricación propia de vidrio por colado datan de la dinastía Qing (1644-1911), establecida tras la caída de la dinastía Ming (1368-1644). Esta época marca el inicio del vidrio moderno en China, conocido como *vidrio de Pekín*, hacia 1680. A finales del siglo XVII un grupo de misioneros jesuitas, entre ellos el matemático y astrónomo alemán Ferdinand Verbiest junto con Bernhard Kilian Stumpff, que fue encargado entre los años 1712 y 1720 del taller de producción de vidrio, y J.B.Graverau, que trabajó en dicho taller desde 1719 hasta 1722, dedicado a la preparación de púrpura de Cassius para la producción de vidriados rojos rubí

para porcelana, introdujeron en China y dieron a conocer al emperador K'ang-hsi el vidrio veneciano soplado y sus procedimientos de fabricación. Este emperador, tercero de la dinastía Qing, fue uno de los monarcas más importantes y el que ejerció el reinado más prolongado (1662-1722) de la historia de China. A lo largo de él el país vivió un periodo de esplendor cultural, gracias en gran medida a la intensa labor de mecenazgo artístico desarrollada por el propio emperador. A él se debe la instauración de la producción industrial de vidrio en China influido por la visita que le hicieron los citados misioneros (12).

Deslumbrado por el atractivo de los objetos de vidrio que le mostraron, el emperador mandó construir una fábrica de vidrio unida directamente con su palacio de Beijing, que empezó a funcionar en 1680, y que puede considerarse como la precursora de la industria moderna del vidrio en China. En sus inicios se siguieron los procedimientos de fabricación empleados en Venecia que, a esas alturas, ya estaban extendidos por el resto de Europa. Se adquirieron los conocimientos para la fabricación de vidrio opal y la decoración con hilos de *latticinio*. Pronto dominaron los procesos técnicos venecianos de fabricación y decoración, de modo que los vidrios chinos no tardaron en superar la calidad del vidrio opal y la perfección de los colores obtenidos por aquellos. En sus diseños incorporaron enseguida los motivos decorativos característicos del estilo chino propio, adaptando la gama de sus productos a la demanda definida por los gustos y costumbres tradicionales de uso.

Durante los casi sesenta años de reinado (1736-1795) del emperador Quianlong (1711-1799) se fabricó una gran variedad de frascos, vasos y cuencos de vidrio opal blanco esmaltado en color con dibujos de delicado diseño, aplicados con la maestría de su acreditada experiencia en el arte de la decoración de la porcelana, a la que en gran medida y con éxito trataban de imitar. Los artistas chinos emplearon una extensa gama de colores para el vidrio, entre los que destaca el llamado amarillo imperial.

En cuanto a las piezas más representativas de su producción de finales del siglo XVIII y primera mitad del siglo XIX destacan los pequeños frascos de gruesas paredes, empleados para contener polvo de tabaco o rapé que en aquella época estaba de moda inhalar.

La mayoría de estos frascos, llamados frascos de petaca, solían ser de caras aplanadas para poder portarlos con comodidad. Sus tapones se fabricaban de colores vivos y estaban provistos de finas cucharillas para facilitar la toma del polvo. Los frascos más costosos estaban esmaltados o decorados con paisajes o delicados dibujos superficiales (fig. 4.40).



Figura 4.40. Frascos de vidrio esmaltado para rapé, con tapón de coral, 1736-1795 (c 5 - 6 cm alto). Victoria and Albert Museum, Londres, U.K.

Una lujosa variante la constituyó la rica diversidad de frascos con talla camafeo representando motivos florales y de aves. Como base se emplearon generalmente vidrios opales de colores intensos marcadamente contrastantes con los de las capas camafeo superficiales (fig. 4.41).



Figura 4.41. Frascos para rapé, 1850-1920, (6,5 cm alto, 3,5 cm ancho). Corning Museum of Glass, Corning, NY, EE.UU.

También se fabricaron los frascos en vidrio opal blanco o delicadamente mateado (fig. 4.42).

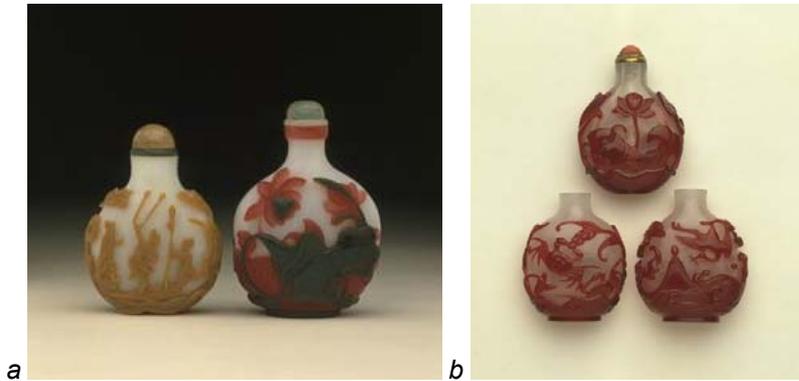


Figura 4.42. Frascos para rapé con decoración de camafeo. a) 1750-1895. b) 1800-1900 (c 5 - 6 cm alto). Victoria and Albert Museum, Londres, U.K.

Estas obras fueron conocidas por Émile Gallé (véase 4.12.2) en una exposición celebrada en 1872 en el Victoria and Albert Museum, y ejercieron una marcada influencia orientalizante en algunas de sus creaciones posteriores.

Otro tipo de estos frascos fueron los fabricados en vidrio incoloro transparente, con la sorprendente particularidad de que los motivos decorativos se pintaban en las paredes interiores del frasco a través de su boca, en un alarde de virtuosismo artístico y paciencia.

El exponente más sobresaliente de la especialidad china de talla camafeo es la pieza emblemática conocida como el *Florero del Guerrero* (fig. 4.43 a y b), realizada a mediados del siglo XVIII, la época de mayor auge de la producción de vidrio artístico en China. Se trata de un vidrio incoloro opacificado superficialmente mediante la técnica “copo de nieve” y posteriormente recubierto por un vidrio rojo rubí, que fue parcialmente extraído empleando la talla camafeo. La obra consta además de una base circular de madera que muestra en su cara superior pequeñas semillas de loto detalladamente grabadas. El mérito de la obra es excepcional tanto por la primorosa ejecución del tallado como por la dificultad de su realización en una pieza de tales dimensiones. Al valor de la perfección técnica del vidrio se suma el de la complejidad de la creación artística plasmada. La escena muestra a cuatro individuos provistos de mazos que amenazan a un guerrero solitario situado en el centro de la escena, que se defiende con dos lanzas. Esta representación escénica corresponde a un episodio de una famosa narración épica que exalta la heroica gesta del general Yue Fei (1103-1141), que participó en defensa de la dinastía Song (960-1270) durante la guerra que esta mantuvo con la dinastía Jin (1115-1234).



Figura 4.43. a) Florero del Guerrero, 1736-1795 (49,2 cm alto, 24 cm diámetro). b) Detalle del cuerpo. Corning Museum of Glass, Corning, NY, EE.UU.

En su aspecto formal, llama la atención que el orden narrativo de la historia discurra en sentido vertical, a diferencia de la secuencia horizontal que es habitual en las representaciones occidentales (10,17).

Tanto por lo que se refiere a su perfección técnica como a su mérito artístico y al dramatismo de la acción que representa, esta obra podría compararse, salvando su distancia en el tiempo y las diferencias estilísticas propias de dos culturas tan lejanas, con la famosa Copa de Licurgo (véase 4.6). Junto a ésta y al vaso de Portland, el Florero del Guerrero ocupa un lugar de excepción en la historia de la representación figurativa -por no decir de la escultura- de la más depurada calidad artística en vidrio.

4.11.2. Japón

Aproximadamente desde el año 800 a 1600 el vidrio japonés vivió un periodo de decadencia y escasa actividad técnica y creadora. En el transcurso del periodo Edo (1603-1867), a mediados del siglo XVII y tras el vacío de casi diez siglos de una producción vidriera prácticamente inexistente, nacieron varias asociaciones de artesanos que se establecieron en la ciudad de Nagasaki, donde se nucleó la moderna industria vidriera japonesa, que más tarde se extendió a las ciudades de Kyoto, Osaka y Edo (que en 1868 cambió su nombre por el de Tokio).

Durante el periodo Edo se fabricaron muchos recipientes y ornamentos que llegaron a ser populares, por ejemplo, los vidrios de Nagasaki, Satsuma, Kiriko y Edo Kiriko. La técnica de los vidrios de Nagasaki fue la de soplado a boca y a veces pintados o esmaltados (fig. 4.44).

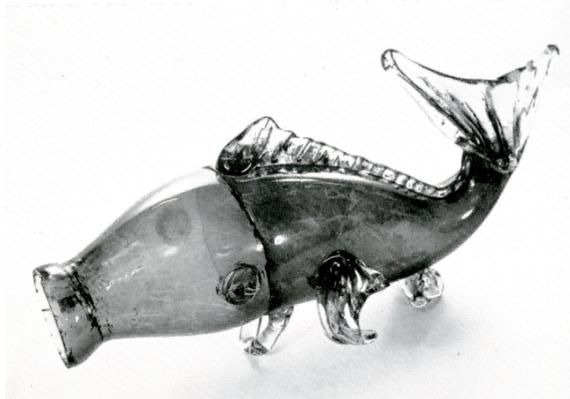


Figura 4.44. Pez de vidrio hueco producido en Nagasaki, 1877 (26 cm).

Los vidrios Kiriko utilizaban la técnica del cristal tallado. El vidrio Satsuma Kiriko se caracteriza por la talla de vidrio doblado que cubre con una capa de vidrio de color el vidrio transparente incoloro; mientras que el vidrio Edo Kiriko sólo usa vidrios incoloros transparentes. En 1868 el Edo Shogunate se derrumbó y dio paso a la restauración Meiji. En esa época el vidrio recibió la influencia de la industria occidental moderna (fig. 4.45).



Figura 4.45. Cuenta de vidrio con pez interior. Periodo Meiji (0,95 cm diámetro).

La actual ciudad de Kagoshima se convirtió en el centro de florecimiento de la cultura del vidrio japonés; se incorporaron las técnicas europeas de fabricación de vidrio y se emuló el estilo de talla del vidrio cristal europeo. El arte del vidrio Edo fue absorbido por la gran ola de reformas y casi completamente olvidado. A ello contribuyó que la fábrica de vidrio del clan Satsuma en Kyushu,

que producía vidrio tallado, fue bombardeada durante la guerra entre Japón y Gran Bretaña sufriendo grandes daños.

4.11.3. La India

Desde principios del siglo V a.C. se habían fabricado en la India cuentas y pequeños objetos de vidrio, pero su producción no llegó a ser importante artísticamente hasta el periodo Mughal (1526-1857). Los emperadores de este periodo fueron grandes patrocinadores de empresas artísticas y establecieron factorías y talleres donde se produjeron obras maestras. A finales del siglo XVI el emperador Akbar (1556-1605) impulsó la fabricación de vidrio. Había centros importantes de producción en Bihar, donde el vidrio se cree que se fabricaba desde el siglo II antes de nuestra era, y Alwar, cerca de las ciudades reales de Delhi y Agra. Durante el periodo Mughal se fabricaron tazas, botellas, rociadores de agua de rosas y pipas de agua. El vidrio indio normalmente tiene muchas impurezas, es extremadamente ligero de peso, tiene tendencia a los colores fuertes, como el azul cobalto, verde y púrpura. La decoración es muy refinada, sobre todo con dorados y esmaltados (fig. 4.46).



Figura 4.46. Botella soplada en molde, dorada y esmaltada, c 1825-1850 (13 cm alto, 6,2 cm ancho, 2,2 cm diámetro de boca). Corning Museum of Glass, Corning, NY, EE.UU.

Los artistas decoradores estaban relacionados con los ilustradores y decoradores de libros, por lo que existe una correspondencia clara entre esas dos especialidades.

El vidrio indio era poco transparente y ello dio lugar a una demanda constante de piezas de importación de calidad superior. En el siglo XVIII se favoreció la entrada de vidrio inglés al plomo, que más tarde fue grabado a la rueda por artesanos locales; y también el vidrio holandés tuvo su importancia. Finalmente en el siglo XIX la industria india casi colapsó a favor de las importaciones extranjeras (47).

4.12. EL ARTE Y EL VIDRIO ARTÍSTICO DE FINALES DEL SIGLO XIX Y PRINCIPIOS DEL SIGLO XX

Hasta 1850 las piezas de vidrio se moldeaban y decoraban por prensado con esquemas de complicados encajes que con sus múltiples reflejos disminuían visualmente la transparencia del vidrio. Ya desde la década de 1840 se habían empezado a popularizar en todo tipo de piezas los diseños más sencillos, conocidos como vidrio prensado decorado. Al ser más cara la producción de vidrio tallado que la del vidrio prensado, aquélla decayó, pero hacia 1880 recobró parte de su antigua popularidad con la aparición de un elaborado tallado 'brillante', resultado de un gran virtuosismo técnico que aprovechaba las propiedades del vidrio de calidad. Desde finales del siglo XVIII se volvieron a utilizar algunas técnicas romanas adaptadas al gusto neoclásico, como la técnica de camafeo, que alcanzó su apogeo en las piezas de Thomas Webb & Sons (fundada en 1837), elaboradas en Stourbridge (Inglaterra). A partir de 1845 lograron gran popularidad los pisapapeles con decoración *millefiori* (mil flores) semejante al vidrio de mosaico antiguo, y a finales del siglo XIX el cristal de roca del Renacimiento sirvió de inspiración para una técnica de grabado y pulido. Bohemia mantuvo la primacía en la decoración tallada a la rueda gracias a artesanos como Dominik Biemann, y también practicó otras técnicas, como la del cristal prensado, que copiaron las fábricas europeas y estadounidenses. Los avances químicos facilitaron el desarrollo de nuevos vidrios coloreados opacos semejantes a piedras semipreciosas. Se decoraron piezas con aplicaciones de pintura y esmaltes transparentes, como analogía al renacimiento de las vidrieras góticas.

El arte de finales del siglo XIX y principios del XX se caracteriza por el advenimiento de varias tendencias estilísticas innovadoras que se fueron sucediendo en espacios de tiempo de duración relativamente corta. Su impulso

estuvo generado, como siempre acontece en todos los cambios de tendencia, unas veces, las más, por ansias de renovación de los modelos estéticos, y otras, por devaluación o agotamiento de éstos. En la etapa considerada influyeron, además, otros factores muy decisivos, como los importantes avances científicos y tecnológicos que ofrecían nuevas técnicas de trabajo, al mismo tiempo que nuevas formas de representación o nuevos lenguajes expresivos. Por último, aunque no menos importantes, hay que señalar los cambios políticos y sociales que empezaban a emerger y que, entre otros planteamientos, aspiraban, en unos casos, a dotar al arte de un sentido utilitario y, en otros, a emplearlo como instrumento de exaltación de determinados fines políticos.

El siglo XX fue el periodo de cambios más profundos de la Edad Moderna, y estuvo marcado por las dos Guerras Mundiales que se desarrollaron en su primera mitad. El escenario político mostró, dentro del espacio temporal de tres cuartas partes del siglo, el surgimiento, la ascensión y el desmoronamiento de dos regímenes políticos extremistas, el nacionalsocialismo y el comunismo que, si bien sus contenidos ideológicos eran diferentes, compartían en común su carácter totalitario. Además de las graves consecuencias que ambas guerras propiciaron, se produjeron cambios importantes cuyos efectos se dejaron sentir en numerosos aspectos de la vida social y artística. Fue un siglo de grandes desigualdades sociales y económicas, y en el ámbito artístico los comienzos del siglo se caracterizaron por la irrupción de las vanguardias estilísticas, muy relacionadas con la ciencia, la literatura y la tecnología. De los cambios profundos y acelerados, el avance de la ciencia y la tecnología, el crecimiento industrial, la vida masiva en las grandes ciudades, etc. surgen movimientos y tendencias artísticas como el vanguardismo, futurismo, el art pop o el arte postmoderno.

El vanguardismo¹ del primer cuarto del siglo XX se manifestaría como una acción de grupo reducido, una élite que se enfrenta, incluso con violencia, a unas situaciones más o menos establecidas y aceptadas por la mayoría. Por esta razón se rechazaría socialmente, aunque con el tiempo alcanzaría reconocimiento e incluso asimilación de sus ideas. El vanguardismo nace en Europa y desde allí se extiende al resto de los continentes, principalmente a América donde se enfrenta al *Art Nouveau*. Su principal característica es la libertad de expresión, que provoca la alteración de la estructura de las obras de arte; aborda temas tabú y desordena los parámetros creativos convencionales. En la crítica artística el término vanguardia o vanguardismo se aplicaba a unas tendencias concretas, como el Cubismo o el Futurismo. La vanguardia artística

¹ La vanguardia está íntimamente ligada al concepto de modernidad, caracterizado por el fin del determinismo y de la supremacía de la religión, sustituidos por la razón y la ciencia, el objetivismo y el individualismo, la confianza en la tecnología, el progreso y las propias capacidades del ser humano. Así, los artistas pretenden ponerse al frente del progreso social y expresar mediante su obra la evolución del ser humano contemporáneo.

es una búsqueda de renovación, experimentación y/o distorsión de un sistema de representación artística y, por tanto, implica innovación y ruptura de preconceptos. Las tendencias vanguardistas no conciben el arte sin una acción transformadora y de evolución que suponga una ruptura con el pasado o con la tradición, con una clara interrelación política y social; al menos así fue en sus primeros años, y provocó una renovación total del concepto de arte y sus límites.

4.12.1. *Art Nouveau*

La floreciente vida del *Impresionismo* y su rica producción artística se debilitaron y los contactos entre sus artistas se diluyeron. Al final esta vida artística languideció hasta que apareció el *Art Nouveau*. Este movimiento, conocido en otros países como *Modernismo*, *Jugendstil* (en Alemania, derivado de *Jugend*, una revista dedicada a la literatura y el arte modernos), *Modern Style* y *Sezessionstil* (en Austria, nombre asociado a los jóvenes modernistas que en Viena se habían desgajado de un grupo de artistas conservadores y de más edad para formar su propia sociedad), nació a finales del siglo XIX como una revolución cultural que se extendió no sólo a todas las artes, sino también a la moda y al estilo de vida de la sociedad de su tiempo. Su eclosión se produjo por reacción a una estética burguesa finisecular ya agotada, como fue el estilo *Biedermeier* cuya pesantez contribuyó a enterrarlo.

El *Art Nouveau* fue un movimiento de libertad que buscó la belleza a través de nuevas formas rápidamente acogidas por una sociedad deseosa de modernizarse y de respirar un aire renovador de los modelos estéticos ya agotados. El ansia de libertad que inspiraba el *Art Nouveau* hizo de él un movimiento de liberación individual dirigido a un subjetivismo que brindaba al artista la oportunidad de entregarse, libre de trabas, a su obra para desarrollar en ella su inspiración creadora.

Aunque la influencia del *Art Nouveau* también se dejó sentir en la literatura a través de un lenguaje de preciosismo formal, y, más intensamente en la música por la aportación de su colorismo tímbrico, donde se manifestó con mayor intensidad y amplitud fue en las artes plásticas. Manteniendo el principio básico de su libertad de expresión, sus obras se caracterizaron por su gran riqueza imaginativa y su ensoñación creativa, plasmadas en el diseño de formas exquisitas y voluptuosas, suavizadas por líneas ondulantes que, unas veces, ascienden creando figuras estilizadas, y otras se incurvan formando objetos redondeados delimitados por contornos sinuosos. Otra característica propia del *Art Nouveau* es la riqueza de colores y la variedad de texturas empleadas en sus obras.

El movimiento modernista también representa una reacción contra la producción mecanizada en serie y una reivindicación de la libertad creativa individual frente al impersonal diseño industrial, “pero no renuncia a incorporar las ventajas derivadas de los avances tecnológicos y del conocimiento sobre el manejo de los materiales. Al contrario, se sirve especialmente de los metales, del vidrio y de la cerámica como materiales para plasmar sus originales creaciones artísticas, convirtiéndolos en su medio de expresión artística y dotándolos de un nuevo valor estético” (27).

En las variadas posibilidades de conformación y decoración que ofrece el vidrio, el *Art Nouveau* encontró uno de los materiales más atractivos y versátiles para materializar su rica imaginación creativa. Pero hay que señalar que esta, a su vez, se vio favorecida por los recursos técnicos que los avanzados conocimientos químicos de la época ponían a su disposición para conseguir nuevos colores, efectos y texturas. Podría decirse que los objetos modernistas de vidrio (copas, cuencos, floreros, jarrones, lámparas) no fueron diseñados y creados con una intención finalista de uso embellecido, sino que, más propiamente, se trataron de puras creaciones artísticas, a las que rara vez se les daría la aplicación de uso al que hacía referencia su nombre.

El *Art Nouveau* marcó un punto de inflexión en la historia del vidrio, en lo que a su valoración estética se refiere. Puede decirse que, a excepción de las escasas obras de escultura en vidrio realizadas hasta entonces, y de algunas piezas creadas con exclusiva intencionalidad artística, el *Art Nouveau* fue el movimiento que impulsó el desarrollo del vidrio como material ideal para la creación artística y que hizo que, sin perder su funcionalidad, se emancipara de su servidumbre de uso o de su condición utilitaria, y le abrió un nuevo camino que lo condujo a la plenitud de su expresión artística. Las nuevas creaciones en vidrio elevaron la dignidad de la vidriería ornamental hasta el punto de poder hablar con todo derecho de “vidrio de artista”, elaborado en talleres especializados en los que se utilizaban procesos y técnicas industriales o semiindustriales bajo la aprobación de los diseñadores o creadores que experimentaban con obras únicas o series limitadas (5).

4.12.2. Figuras destacadas del *Art Nouveau*

Los principales exponentes artísticos en el mundo del vidrio fueron Louis Comfort Tiffany en Estados Unidos, y Émile Gallé y la empresa Daum Frères en Francia, aunque también destacaron otros artistas y fábricas en Bohemia, Austria, Alemania, etc. Todos ellos producían vidrios con formas naturalistas, líneas sinuosas, colores exóticos y superficies de inusitados efectos (27).

Louis Comfort Tiffany

Louis Comfort Tiffany estudió pintura y se destacó como decorador de interiores y diseñador de vidrieras y mosaicos. Comenzó a producir objetos de vidrio de lujo a principios de 1890 en sus fábricas de Brooklyn y Corona en Nueva York. En el periodo 1896-1902 realizó una producción muy notable y prolífica de piezas decorativas de vidrio coincidiendo con su invento de vidrio *Favrile* (fig. 4.47). Este vidrio se caracterizaba por tener un acabado iridiscente en su superficie a imitación de las capas de degradación enriquecidas en gel de sílice de los vidrios antiguos que habían permanecido enterrados durante siglos, o de los lustres islámicos.

El vidrio de Tiffany se enmarca en el periodo *Art Nouveau* por sus formas sinuosas y ornamentos vegetales; sin embargo, existe una clara diferencia entre este vidrio y el que se produjo en Francia o en otros países de Europa. El acabado de las obras de Gallé y otros artistas *Art Nouveau* se conseguía como resultado del esmaltado, grabado, talla, etc. realizado en la pieza base de vidrio en el taller de ornamentación, después de su conformación a alta temperatura. La mayoría de las obras de Tiffany, por el contrario, se terminaban en el horno y seducían precisamente por el efecto que resultaba del comportamiento viscoso del vidrio sobre el propio diseño de la pieza.



Figura 4.47. Louis C. Tiffany. Jarrón con decoración Favrile y corazones de vides verdes, c 1900 (c 23 cm alto).

Técnicamente el vidrio *Favrile* consistía en vaporizar sales metálicas en la superficie caliente del vidrio, lo que daba lugar a un recubrimiento reluciente y tornasolado de muchos colores. Las técnicas para producir iridiscencia en la superficie de un vidrio se desarrollaron en Hungría y Bohemia entre 1850 y 1860, pero Tiffany y los expertos vidrieros ingleses que trabajaban con él las perfeccionaron y adaptaron para sus vidrios artísticos.

Otras decoraciones como *Cypriote* y *Lava* eran distintas y recordaban las superficies cerámicas o el aspecto de un fundido no afinado y solidificado repentinamente (fig. 4.48).

Las ornamentaciones a base de elementos florales le dieron un gran éxito en Europa hasta el cambio de siglo en que una decadencia en el gusto de las superficies irisadas le impulsó a producir gruesas paredes envueltas en diferentes capas de vidrios, siguiendo de algún modo la técnica de los pisapapeles que se había desarrollado a mediados del siglo XIX. A partir de 1910 el trabajo de Tiffany perdió interés y entró en competencia con otras fábricas de EE.UU. (Steuben y su diseñador Frederick C. Carder) y de Europa (Lötz, Austria).



Figura 4.48. Louis C. Tiffany. Cuenco con esmalte de cobre, 1899 (15,6 x 24,1 cm).

Émile Gallé

Émile Gallé es el exponente y referencia del vidrio *Art Nouveau* en Francia desde 1870 hasta 1931, mucho después de su fallecimiento. Su arte en vidrio supone una lógica continuación, desarrollo y cumplimiento de las tendencias historicistas y eclécticas previas y de una potenciación de los

aspectos líricos y sensuales del vidrio, retornando a la flora y la fauna como fuentes inspiradoras naturales. Las obras maestras del *Art Nouveau* francés no procedían de París sino de otras provincias, aunque las Exposiciones Mundiales de 1889 y 1900 de dicha capital acogieron con gran entusiasmo sus conceptos y obras. Las fábricas de vidrio de París y de sus alrededores adoptaron rápidamente las nuevas tendencias generadas en los talleres de Lorraine, donde Émile Gallé dirigía la École de Nancy. Inicialmente botánico, Gallé supo crear a su alrededor un equipo de diseñadores y técnicos², que a través de sus diferentes talentos y personalidades dieron lugar a una suma magnífica de posibilidades y realizaciones que ya en su tiempo se describían como “género Gallé”. Esto explica que él personalmente sólo creara una parte de las obras que salían de su taller, puesto que varias tareas de la ejecución y la ornamentación las dejaba en manos de expertos colaboradores, que realizaban su trabajo dentro de unos principios estilísticos bien definidos. Gallé, sin embargo, seleccionaba los nuevos modelos y establecía los criterios de exhibición y mercado de las obras (72).



Figura 4.49. Émile Gallé. *La main aux algues et aux coquillages*, 1904 (33,4 x 13,4 cm). Imagen con luz transmitida. Musée d'Orsay, París, Francia.

² Louis Majorelle, ebanista y polifacético; Eugène Vallin, arquitecto y mueblista; los hermanos Auguste y Antonin Daum, vidrieros; Victor Prouvé, pintor y decorador, etc. Muchos de los miembros de la Escuela de Nancy también lo eran de la asociación hortícola más importante de la ciudad, lo que explica sus conocimientos botánicos y el uso acertado de especies naturales como modelos para sus creaciones en vidrio.

Si bien las obras de Gallé y la Escuela de Nancy podrían no considerarse esculturas propiamente dichas (fig. 4.49), no es menos cierto que la poesía, las emociones y la atmósfera intensamente artística de sus diseños y obras elevaban el vidrio de finales del siglo XIX a una expresión legítimamente escultórica, a lo que sin duda contribuía la pérdida de funcionalidad efectiva de sus objetos: jarrones, copas, fuentes, etc., que desde luego jamás fueron utilizadas para los fines que hubieran podido sugerir sus formas (fig. 4.50). Evidentemente dichas formas, en origen funcionales, son herederas de las técnicas de ejecución exclusivas del vidrio como material artístico y escultórico (soplado entre otras, véase 3.4.2). Hay que destacar la técnica de las marqueterías polícromas de vidrio realizadas en caliente y retocadas en frío con grabados a la muela que permitían representar motivos florales y de insectos muy realistas y a la vez estilizados y sinuosos al gusto *Art Nouveau*. El taller de Gallé introdujo los fondos tipo mármol, opalescentes, opacos y translúcidos con toques japonizantes; recuperó las técnicas camafeo de varias capas con un gran efecto pictórico entre las que introdujo laminas metálicas; utilizó cabujones y otros elementos de relieve, etc.



Figura 4.50. Émile Gallé. Copa de la libélula, 1903 (19,6 x 21,0 x 17,5 cm). Corning Museum of Glass, Corning, NY, EE.UU.

A partir de 1890 la intención de Gallé fue extender su arte a un público más amplio, y su formación de artista industrial le impulsó a profundizar en la

técnica de grabado al ácido, que permitía disminuir los costes de producción a la hora de realizar motivos decorativos seriados, sin restar belleza y expresión a las creaciones. Después de su fallecimiento en 1904 su esposa continuó la actividad de la empresa, y más tarde su yerno Paul Perdrize se responsabilizó de la manufactura de lámparas y jarrones hasta 1931, fecha en la que aún tenían éxito a pesar de que las tendencias *Art Déco* ya habían triunfado.

Los Hermanos Daum

Los hermanos Auguste y Antonin Daum fueron los fundadores en 1889 de una fábrica (Daum Frères) en la que primaban unidos los conceptos arte e industria. Ellos heredaron las inquietudes de Gallé, sus investigaciones y estética, realizando una producción muy amplia de obras ornamentales en vidrio que ponían de manifiesto su dominio de una amplia gama de recursos técnicos, tanto en caliente como en frío. Sus técnicas eran quizá algo menos complejas y artesanales que las de Gallé. Por ejemplo, simplificaron la marquetería en vidrio mediante la colocación de láminas de vidrio coloreado que se grababan posteriormente; la superposición de capas coloreadas degradadas al ácido o a la muela en profundidad; la vitrificación superficial de colores diversos sobre bases incoloras; la pintura al esmalte a mano con efectos de relieve y texturas, etc. (fig. 4.51).



Figura 4.51. Daum Frères. Jarrón camafeo, c 1902 (c 12 cm).

Desde la segunda o tercera década del siglo XX su producción también incluía objetos sin motivos figurativos y con formas estilizadas o contundentes, que viraban hacia la tendencia *Art Déco*. Abandonaron los repertorios naturalistas y produjeron jarrones de líneas simples y ornamentados con aplicaciones en gran relieve con vidrio de color en caliente. Introdujeron el llamado *verre de jade* que consistía en un vidrio brillante con inclusiones moteadas de un determinado color, a veces soplado dentro de una armadura de hierro de modo que el vidrio quedaba literalmente atrapado en la montura metálica (fig. 4.52).

Las lámparas con pantallas y tulipas de vidrio fueron una de sus más importantes producciones *Art Déco* en las que los vidrios de color, las capas de esmaltes y sus moteados aportan aspectos muy diferentes según que la lámpara esté iluminada o no (5).



Figura 4.52. Daum Frères. Jarrón *verre de jade* en armadura metálica, 1928.

Otros artistas

Otros artistas vidrieros de la época *Art Nouveau* en Francia fueron Alphonse-Georges Reyen, Eugène Michel, Légras & Cie., Muller Frères y Cristallerie Pantin.

En Francia durante el periodo *Art Nouveau* la técnica *pâte de verre* (véase 3.4.2) adquirió una importancia especial, ya que ofrece grandes posibilidades plásticas, ricas texturas y múltiples matices que sintonizan con los supuestos de esta tendencia estilística. Modernamente el primer artista que la utilizó a partir de 1883 fue el escultor francés Henri Cross. Este escultor aprovechó las sutilezas cromáticas y de relieve de este procedimiento para crear formas y un lenguaje simbolista con una personalidad independiente, aunque dentro de la corriente *Art Nouveau*. La elaboración de obras en pasta de vidrio evolucionó al avanzar el siglo XX gracias a técnicos y artistas como Victor Amalric Walter o François Émile Décorchemont. Walter solía usar modelos procedentes de la Escuela de Nancy, que incorporaban figuras humanas y de animales en pequeños objetos decorativos. Con los años las formas sinuosas se fueron reduciendo siguiendo el gusto *Art Déco*, y por entonces Décorchemont se decantó por formas rotundas, geométricas y de escasa ornamentación, que intensificó posteriormente cuando creó objetos poligonales en los que destacaba el vidrio incoloro, marmoleado o con tonalidades de tipo mineral (fig. 4.53).



Figura 4.53. François Émile Décorchemont. Jarrón de pasta de vidrio, 1925.

Otro artista que se dedicó a realizar obras de pasta de vidrio fue Gabriel Argy-Rousseau, que comenzó su producción con los inicios del *Art Déco*. Realizó jarrones y lámparas refinadas con efectos translúcidos en vidrio incoloro y de color, que potenciaba mediante decoraciones de trazo esquemático o de motivos figurativos de suave relieve en pasta de vidrio. Los artistas que trabajaron con pasta de vidrio también realizaron obras en serie, pero más cortas

que las que se hicieron con otras técnicas debido a su carácter artesanal más costoso.

El vidrio *Art Nouveau* en Alemania tuvo sus protagonistas influidos tanto por el estilo francés como por el de Bohemia. Esto se refleja claramente en la producción del fabricante bávaro Ferdinand von Poschinger cuyas obras grabadas con o sin ácido están en la línea de las de Gallé. Otro artista alemán, el químico Josef Emil Schneckendorf, alcanzó nuevas formas de expresión con superficies de aspecto metálico, como las que ya habían sido introducidas por Tiffany y Lötze. Pintaba sobre el vidrio y recocía en una atmósfera reductora de un modo semejante al procedimiento utilizado por ceramistas como Miklós Zsolnay y Clément Massier. Karl Koepping, artista gráfico berlinés, realizó vidrio decorativo trabajado al soplete, con aspecto sumamente delicado y mostrando la cara más frágil del vidrio. Posteriormente en los años 20 sus seguidores en Lauscha, Neuhaus e Ilmenau volvieron al vidrio incoloro y a las formas más funcionales y acordes con la moda, pero conservando el estilo peculiar de los trabajos al soplete. Otra fábrica de vidrio fue la de Silesia que, junto con la empresa de decoración Fritz Heckert, producía vidrio esmaltado y pintado en línea con el diseño gráfico y las ilustraciones de libros. Entre los diseñadores alemanes hay que citar a Peter Behrens (fig. 4.54), Bruno Mauder, que desde 1910 fue director de la Escuela Técnica del Vidrio de Zwiesel (*Fachschule für Glasindustrie*), y a Alexander Pfahler, todos ellos relacionados con el diseño de objetos funcionales.



Figura 4.54. Peter Behrens. Lámpara de mesa con pantalla de vidrio, 1902 (c 75 cm alto).

En Munich, justo antes de la Primera Guerra Mundial, destacaron diseñadores como Wolfgang von Wersin, Georg Carl von Reichenbach y Jean Beck, que trascendieron a los años 20. En Stuttgart Wilhelm von Eiff creó nuevas bases de diseño para talla y grabado, dando una gran importancia a la textura de la superficie del vidrio y a su apariencia esculpida.

En Austria la fábrica de vidrio más representativa en torno a 1900 fue *Johann Lötzwitwe* (dirigida por la viuda de Johann Lötzw), establecida en Klostermühle en el sur de Bohemia en 1836. A partir de 1897, y una vez conocido el vidrio *Favrile* de Tiffany, Lötzw se decantó por el estilo *Art Nouveau* en el que profundizó durante 8 años dando lugar al periodo más significativo de la historia de la empresa (11). Comenzó entonces a producir sus diseños propios con vidrios iridiscentes en colaboración con artistas y diseñadores como Marie Kirschner y Franz Hofstötter.

Su producto *Art Nouveau* más representativo fue la serie *Phänomen* (fig. 4.55) en su mayoría diseñada por Hofstötter, y que estaba a la altura de las piezas de Tiffany, Gallé y Daum. Otro tipo característico fue el vidrio *Rainbow* que conjugaba vidrios de diferentes tonos en la misma pieza. La brillante paleta de Lötzw y sus motivos decorativos de líneas y puntos ondulantes sugerían analogías con la pintura vienesa (fig. 4.56), especialmente con las obras de Gustav Klimt y Koloman Moser. Es más, la claridad geométrica de muchas de las formas de Lötzw revela el sentido típicamente vienes de la forma moderna y parangona la arquitectura de Josef Hoffmann y sus colegas (11).



Figura 4.55. Lötzw. Jarrón iridiscente *Candia gold papillon*, 1899-1905 (15,8 x 11,2 cm).



Figura 4.56. Lötze. Schneckenvase, 1898-1900 (28 x 12 cm).

A principios del siglo XX el éxito del vidrio de Lötze continuó, si bien el interés por las piezas *Phänomen* había disminuido. Después de 1905 se fomentó frecuentemente la técnica de emplear dos o más capas de vidrio coloreado con decoración grabada al aguafuerte, siguiendo el camino abierto por Émile Gallé y sus numerosos seguidores europeos. Adolf Beckert, diseñador de la compañía, proporcionaba diseños sugerentes de plantas y olas marinas, cuyos esquemas planos y lineales recuerdan los grabados tanto de artistas japoneses como del *Art Nouveau* (fig. 4.57).



Figura 4.57. Lötze. Jarrón diseñado por Adolf Beckert, c 1910 (17 cm alto).

En 1909 para cubrir las nuevas tendencias artísticas se inició una colaboración con diseñadores vieneses, como Leopold Bauer, Otto Prutscher y Josef Hoffmann. Después de la Primera Guerra Mundial la fábrica sobrevivió con la producción de vidrio opal coloreado, pero en 1920, ante los problemas financieros y las necesidades de renovación, se volvió a los viejos diseños *Art Nouveau* y *Art Déco*, así como a la producción de vidrio camafeo y de figuras de animales de baja calidad. A partir de 1930 Lötze entró en un periodo de decadencia, cambió de propietarios, sufrió cierres temporales, bancarrota en 1939 y cierre definitivo en 1947.

4.12.3. Los talleres vieneses *Wiener Werkstätte*

En Viena la ornamentación modernista del vidrio fue generalmente austera y la mayoría de sus diseñadores destacados eran ornamentalistas que poseían un estilo propio. Josef Hoffmann, Koloman Moser y otros de la *Wiener Werkstätte*³ crearon esquemas decorativos elaborados para todos los medios: frisos arquitectónicos, plata, tejidos y, sobre todo, para el vidrio. El ornamento se extendía directamente sobre la superficie y la preferencia por la naturaleza plana, en dos dimensiones, era enfatizada por el siluetado; mientras que el negro sobre blanco era una de las combinaciones favoritas, también tuvieron éxito otras de colores fuertemente contrastados. Existía un elenco de motivos característicos: flores acampanadas, hojas con forma de corazón y tallos que se enrollan en espiral (fig. 4.58).

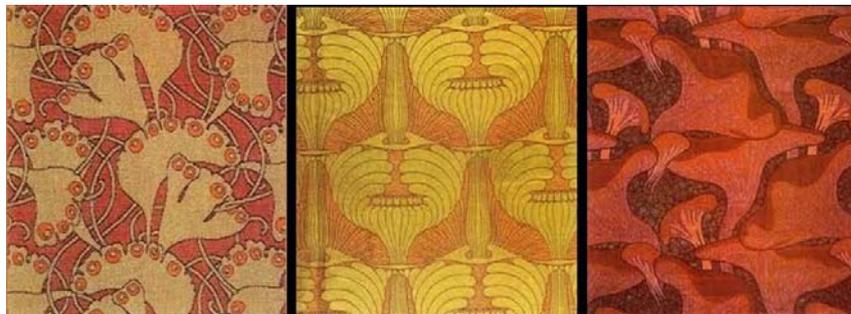


Figura 4.58. Diseños florales de Koloman Moser (c 1900).

³ La Wiener Werkstätte (Talleres Vieneses) fue fundada en 1903 por Josef Hoffmann, Koloman Moser y el acaudalado mecenas Fritz Wärndorfer. En Alemania también se constituyeron asociaciones de artistas entre las que destacó la Vereinigte Werstätten für Kunst im Handwerk (Sociedad de Talleres para el Arte y la Artesanía) que trabajó activamente con la industria y contó con Richard Riemerschmid y Peter Behrens. Otra asociación importante fue la Deutscher Werkbund fundada en Munich en 1907, una confederación de diseñadores, artistas y firmas comerciales que tenía por objetivo elevar los niveles de calidad de la producción. Entre sus miembros estaba Behrens, Riemerschmid, Olbrich, Hoffmann y la propia Wiener Werkstätte. Posteriormente, en 1912, se fundó separadamente la Österreichischer Werkbund. Josef Hoffmann organizó una segunda asociación para la creación de vidrio conjuntamente con el empresario y distribuidor vienés J. & L. Lobmeyr.

A pesar de que estas decoraciones eran frecuentemente profusas y ocupaban grandes áreas de la superficie, el ornamento vienés siempre conservó una sensibilidad específicamente arquitectónica, inscribiéndose con frecuencia dentro de paneles claramente delimitados. La unidad y peculiar naturaleza de la aproximación de Viena al diseño se hace patente si se compara la ornamentación de algunos de los típicos jarrones con la decoración semipreciosa y los frisos monumentales del Palacio Stoclet (fig. 4.59).



Figura 4.59. Gustav Klimt. *El árbol de la vida*, friso en el Palacio Stoclet (1905-1909) (195 x 102 cm).

Es más, este estilo se divulgó a través de la pedagogía de la Escuela de Artes Decorativas de Viena, donde impartían clases Hoffmann y Moser, así como Michael Powolny, destacado diseñador de vidrio y cerámica. De este modo muchos de los profesionales importantes del estilo vienés, como Hans Bolek y Otto Prutscher, que no eran de la *Wiener Werkstätte*, adoptaron este estilo con facilidad. El estilo moderno de la Secesión Vienesa también fue impulsado y difundido por otras instituciones, como el Museo Austriaco de Arte e Industria, que no sólo organizó importantes exposiciones, sino que hizo encargos directos a estos diseñadores, en particular para la famosa exposición de 1914 de la Werkbund alemana en Colonia.

La *Wiener Werkstätte* sufrió cambios significativos a mediados de la década de 1910. Mientras que con anterioridad había alcanzado prestigio universal por su aproximación racionalista al diseño, tomó entonces una dirección diametralmente opuesta. Gran parte de este cambio puede atribuirse a la presencia de Dagobert Peche, que se unió al grupo en 1915 y en 1919 ya ocupaba el cargo de director artístico. Introdujo un nuevo repertorio de formas pintorescas y deliciosamente estrafalarias, una sutil elegancia y una ornamentación florida. Lo que resulta más relevante es el hecho de que estos

nuevos impulsos estilísticos estaban ligados al Expresionismo y al Surrealismo temprano. Estos cambios de rumbo tuvieron lugar cuando la posición financiera de la organización se encontraba en una situación precaria, y cuando Hoffmann había llegado a la conclusión de que era imposible conseguir que el público en general tuviera buen gusto; de hecho las ganancias del grupo procedían de ofrecer sus obras a una minoría selecta (11).

En 1916 la *Wiener Werkstätte* creó un nuevo departamento para la decoración de vidrio. Los objetos tenían los mismos tipos de formas geométricas puras que Hoffmann había diseñado antes de la guerra, y dichos objetos sin decorar eran suministrados por Johann Oertel & Co. de Haida, que los encargaba hacer en diferentes fábricas de vidrio. Pero aquí termina la similitud con el pasado. Peche y una serie de decoradores destacados de la *Wiener Werkstätte*, como Mathilde Flögl, Hilda Jesser, Vally Wieselthier y otras decoradoras que formaban parte de la plantilla, en su mayoría femenina, crearon diseños maestros que eran ingeniosos y enérgicos, a menudo con combinaciones atrevidas de color (fig. 4.60).



Figura 4.60. Mathilde Flögl. Diseño Marchesa en seda, 1928.

Estos modelos se esmaltaban después en los propios talleres de la organización. Algunas de estas decoraciones evocan los elegantes grabados de moda realizados por la propia *Wiener Werkstätte*, muy a la manera de Paul Poiret. Otras sugieren los arabescos dieciochescos y los frescos pompeyanos. El rasgo distintivo que más se repite son los elementos expresionistas de líneas discontinuas y formas intencionadamente exageradas. La influencia de la *Wiener Werkstätte* como referencia estilística protagonista fue tan importante después de la Primera Guerra Mundial como lo había sido después del cambio de siglo.

El impacto de este estilo tardío se puede constatar en las producciones de vidrio esmaltado de los talleres y fábricas austriacas, checas y alemanas, ya que estos diseños y colores vivos se convirtieron en la nueva moda.

A diferencia de los movimientos culturales que adquieren su implantación tras un lento proceso evolutivo, el *Art Nouveau*, fruto de una revolución estética y de una explosión de exuberancia expresiva, se extinguió en un cuarto de siglo, víctima del agotamiento que le produjo su propia intensidad creativa. Pero su onda expansiva tuvo un largo alcance y, mientras ésta se mantuvo, fue enormemente fructífero en la riqueza de sus realizaciones en todos los ámbitos artísticos. Su extinción fue acelerada por el comienzo inesperado de la Primera Guerra Mundial. Al finalizar ésta surgieron en un clima social que comenzaba a agitarse, nuevas tendencias artísticas, algunas de ellas guiadas por un espíritu socializador del arte.

4.12.4. El movimiento *Bauhaus*

Concluida la Primera Guerra Mundial, la tendencia artística más representativa y que encontró mayor arraigo fue la de la *Bauhaus*, orientada principalmente hacia un nuevo diseño de la arquitectura y del arte mueble. Fue fundada en 1919 por el arquitecto berlinés Walter Gropius, que había sido alumno de Peter Behrens en la época en que éste empezó a diseñar para la empresa AEG. Su primera sede radicó en la ciudad de Weimar, de la que seis años después pasó a Dessau y en 1932 a Berlín, donde sólo sobreviviría un año más, bajo la dirección de Ludwig Mies van der Rohe, hasta su prohibición por el régimen Nacional Socialista. En el nacimiento de este movimiento concurren varias circunstancias derivadas del profundo cambio que estaba viviendo Europa en su desarrollo artístico, educativo, social y político: de un lado, la aparición de las diversas vanguardias artísticas nacidas a finales del siglo anterior, renovadoras de los estilos tradicionales “que pretendían revalorizar la creación personal artesanal” (27) y de otro, el clima sociopolítico que empezaba a crearse. El objetivo principal de este movimiento estaba dirigido a la reforma de las enseñanzas artísticas, a la renovación del diseño y a la creación de una nueva estética de “la arquitectura considerada en su totalidad y en cada uno de sus elementos” (34).

En general el movimiento *Bauhaus* mantuvo los ideales de la *Werkbund*: el funcionalismo, la capacidad para producir diseños industrialmente y el énfasis en la responsabilidad social y los precios asequibles. Aunque la *Bauhaus* no disponía de un taller específico para el vidrio, los objetos de este material de producción industrial se incorporaban frecuentemente al taller de metales (11).

Con un espíritu análogo al de los artistas seguidores del *Art Nouveau*, este movimiento pretendía crear una unidad entre todos los artistas “que las viejas escuelas de bellas artes no pueden generar” por lo que estas “deben convertirse en talleres”, pues “no hay diferencia esencial entre el artista y el artesano” ya que “el artista es un perfeccionamiento del artesano [...] sin la pretensión clasista de erigir una arrogante barrera entre artesanos y artistas” (34,35). Por otra parte, inspirada por una ideología socialista, representaba una reacción crítica contra los métodos de enseñanza tradicionales de la sociedad burguesa, a la vez que propugnaba la generalización de un diseño homogéneo aplicable a los distintos objetos materiales de uso integrantes del entorno vital común, subordinando su forma al cumplimiento de su función utilitaria.

4.12.5. *Art Déco*

Paralelamente al desarrollo de la *Bauhaus* nació en 1925 un nuevo movimiento, el *Art Déco*, que tomó su nombre de la Exposición Internacional de Artes Decorativas e Industriales celebrada en París aquel mismo año. Puede decirse que nació de los rescoldos, todavía sin apagar, del *Art Nouveau* (en realidad desde 1914, aproximadamente) y, lo mismo que éste, “anteponiendo en sus creaciones el aspecto decorativo sobre el valor funcional” (27).

Este arte se expandió rápidamente en un mundo despreocupado, el de los locos años veinte, que quiso hacer revivir en la época de entreguerras hasta 1939 el espíritu alegre y feliz de la *Belle Époque*. Su estética de origen francés estuvo muy relacionada con los avances técnicos en todos los órdenes, y se diseminó desde París hacia el resto del mundo, incluyendo toda Europa, EE.UU., lejano Oriente, etc., tanto en países avanzados como en otros en desarrollo. El *Art Déco* favoreció que el protagonismo de las artes decorativas nacido a finales del siglo XIX no se interrumpiera con la decadencia del *Art Nouveau*. Aunque dicha tendencia se considera continuación del *Art Nouveau*, el *Art Déco* aportaba un cambio en las soluciones formales, así como el abandono del ideario simbolista propio del *Art Nouveau*. La cima del *Art Déco* se produjo en la Exposición Internacional de Artes Decorativas e Industriales Modernas que se celebró en París en 1925. Todos los artistas de las distintas especialidades y los expertos en diferentes materiales, incluido el vidrio, se dieron cita allí y acuñaron el estilo en el que las manifestaciones decorativas fueron la esencia por encima de otras artes consideradas mayores. El *Art Déco* recogió elementos estéticos de muy diversas fuentes y dio lugar a creaciones variadísimas. En ellas predominaron las formas sólidas, las aristas marcadas y las líneas rectas, haciendo referencias a aspectos exóticos, primitivistas y de antiguas civilizaciones, así como a las tendencias vanguardistas (Cubismo, Futurismo, Constructivismo). Las diferencias entre la *Bauhaus* y el *Art Déco* son las relacionadas con las formas, que en este último pretendían ser modernas

prestando atención a la ornamentación, mientras que en la *Bauhaus* se enfocaban a la funcionalidad. Para el vidrio se encontraron nuevas posibilidades y aumentó considerablemente el número de artistas e industriales vidrieros que aportaron técnicas y procedimientos novedosos de elaboración. El resultado fue una producción seriada de calidad, soplada o prensada en molde, con diseños refinados más próximos a la escultura que los anteriores modernistas. Un aspecto esencial para los diseñadores y creadores fue la colaboración entre los industriales y los artistas, que les orientó hacia obras cuya concepción ya incluía su posterior elaboración utilizando procedimientos mecánicos o fabriles, que facilitarían una producción en masa más económica y accesible a todos los usuarios. Los nuevos intereses que surgieron después de la Primera Guerra Mundial en las texturas y formas decorativas del vidrio, vienen reflejados en los diseños de René Jules Lalique y Maurice Marinot.

4.12.6. Figuras destacadas del *Art Déco*

René Jules Lalique

René Jules Lalique fue la figura fundamental de la colaboración entre el artista y la industria, ya que él mismo fusionaba la sensibilidad artística con la agudeza industrial y empresarial. Disponía de una experiencia notable como joyero durante el periodo *Art Nouveau* en la que utilizó fragmentos de vidrio como elementos de sus joyas; pero a partir de 1920 decidió dedicarse de lleno al vidrio al aceptar los encargos del perfumista Coty para diseñar frascos.



Figura 4.61. René Jules Lalique. Botella de perfume en vidrio rosa, c 1920.

Sus envases de vidrio de producción en serie para perfumes de lujo sustituyeron a los de cristal tallado artesanalmente (fig. 4.61). Implantó dos fábricas de vidrio y sus objetos (jarrones, centros, juegos de tocador, apoya libros, marcos, tapones, elementos de iluminación y un largo etcétera) se caracterizaron por poseer diseños atractivos y modernos que tuvieron gran aceptación y reconocimiento (fig. 4.62).



Figura 4.62. René Jules Lalique. Figura mascota del vehículo Chrysis, c 1931 (13 x 18 cm).

Hay que destacar sus diseños de piezas combinables entre sí que podían formar estructuras decorativas tipo arquitectónico, como relieves de cerramientos, vidrieras, barandillas, muebles, apliques, elementos de iluminación y fuentes monumentales. Utilizaba un vidrio con cierto contenido de óxido de plomo, lo que le daba a sus obras un brillo y aspecto de calidad, normalmente incoloro u opal y, menos frecuentemente con colores intensos pero uniformes en el objeto. Las técnicas que usó se seleccionaban en función de su adaptabilidad a los procesos de producción en serie, manteniendo el equilibrio entre calidad y rentabilidad empresarial; por ejemplo, el soplado mecánico en molde o prensado. De este modo consiguió realizar volúmenes y motivos de tipo escultórico muy fieles al diseño original, con aire robusto, gruesas paredes y elementos decorativos que formaban una unidad cerrada con el volumen principal, en vez de ser añadidos posteriormente. Sus ornamentaciones eran muy variadas: motivos vegetales, animales, humanos y abstractos, cuya apreciación venía sugerida y potenciada por el nombre que Lalique les daba a todas sus creaciones (fig. 4.63). Realizaba adaptaciones múltiples de las formas ornamentales creando series con distinto tamaño, orientación o uso, de modo que supo rentabilizar sus diseños magistralmente. Incluso hoy en día esta

empresa, que sigue en activo, produce determinados diseños y objetos cuya modernidad y estilo son actuales (5).



Figura 4.63. René Jules Lalique. *Source de la Fontaine Calypso*, 1924 (76 cm alto).

Otros artistas

Muy próxima al estilo y filosofía de Lalique es la producción de Marius Ernest Sabino (Sabino Glass Company), que desde 1920 fabricó vidrio ornamental de tendencia *Art Déco*. Sus creaciones eran de vidrio incoloro u opal con un carácter totalmente escultórico, y representaban pequeñas figuras femeninas o de animales (fig. 4.64).

Maurice Marinot fue un pintor próximo al estilo *fauvista* que a partir de 1913 comenzó a trabajar con vidrio. Inicialmente realizó ornamentaciones figurativas de piezas con esmaltes, y hacia 1920 elaboró objetos de vidrio originales sin esmaltes que le aportaron un gran prestigio. Sus obras de vidrio soplado tipo artesanal y tradicional (jarrones, frascos) consiguen un estilo muy escultórico y abstracto. Presentan gruesas paredes, a veces talladas, con

grandes inclusiones de aire y tonos intercalados que realizan un contraste por transparencia entre las zonas interiores y exteriores (fig. 4.65).



Figura 4.64. Marius Ernest Sabino. Silhouette, c 1930 (17cm).



Figura 4.65. Maurice Marinot. Jarrón soplado y atacado con ácido, c 1928 (22,0 cm alto, 16,6 cm diámetro). Cleveland Museum of Art, OH, EE.UU.

Otros artistas vidrieros de la época *Art Déco* francesa fueron los hermanos Charles y Ernest Schneider, que fundaron una manufactura en 1913, Edmond Etling, André Delatte (Les Verreries de l'Est), Pierre d'Avesn (Cristalleries de Saint-Rémy), Aristide Colotte, Georges Dumoulin, Henry Edouard Navarre, Benvingut Sala y Jean Sala.

4.12.7. La producción artística de modelos biológicos para estudios científicos

Un apartado especial en la historia del vidrio requiere la obra de Leopold y Rudolf Blaschka, padre e hijo (fig. 4.66), dos artesanos sopladores de vidrio de origen checo, establecidos en Dresde. Leopold se especializó primeramente en la producción de ojos de vidrio para taxidermia y, a partir de 1870, en la de prótesis oculares de vidrio para los mutilados militares de la Guerra Franco-Prusiana que acababa de finalizar.



Figura 4.66. a) Leopold Blaschka (1822-1895). b) Rudolf Blaschka (1857-1939). Corning Museum of Glass, Corning, NY, EE.UU.

Pero su fama se la deben, por una parte, a la ingente colección de más de cuatro mil reproducciones en vidrio de flores, plantas y modelos botánicos de gran realismo (fig. 4.67) que a partir de 1887 realizaron para el Museo de Historia Natural de Harvard por encargo de su director (76).



Figura 4.67. Leopold y Rudolf Blaschka. Flores realizadas en vidrio.

Asimismo es de destacar la admirable perfección y fidelidad con que padre e hijo supieron crear una amplia serie de animales invertebrados marinos basados en los dibujos no menos admirables del biólogo y naturalista alemán Ernst Haeckel (1834-1919). A partir de ellos, los Blaschka, que nunca habían visto el mar, realizaron desde finales del siglo XIX numerosas reproducciones en vidrio de anémonas, cefalópodos, gusanos, medusas, radiolarios y plantas marinas (figs. 4.68 a 4.72), combinando la técnica de soplado con caña con la de conformación a la llama mediante soplete.

El taller de los Blaschka desarrolló una importante actividad sostenida hasta 1939, fecha en que falleció Rudolf, sin descendientes y sin haber formado escuela, como había hecho antes su padre que sólo a él había transmitido los secretos de su arte y de su técnica.

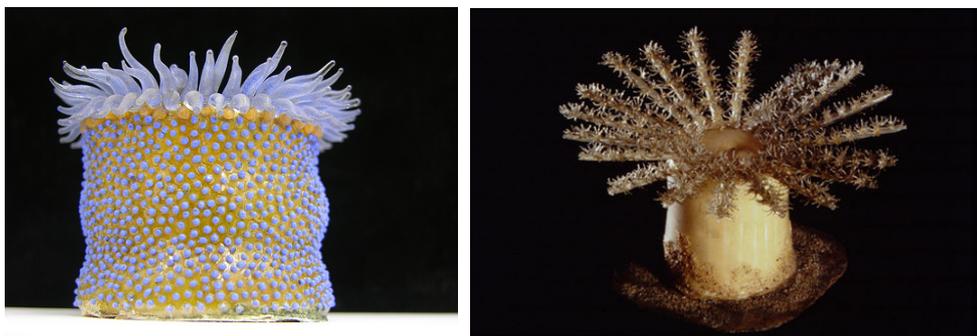


Figura 4.68. Leopold y Rudolf Blaschka. Anémonas realizadas en vidrio.



Figura 4.69. Leopold y Rudolf Blaschka. Cefalópodos realizados en vidrio.



Figura 4.70. Leopold y Rudolf Blaschka. Gusanos realizados en vidrio.



Figura 4.71. Leopold y Rudolf Blaschka. Medusas realizadas en vidrio.

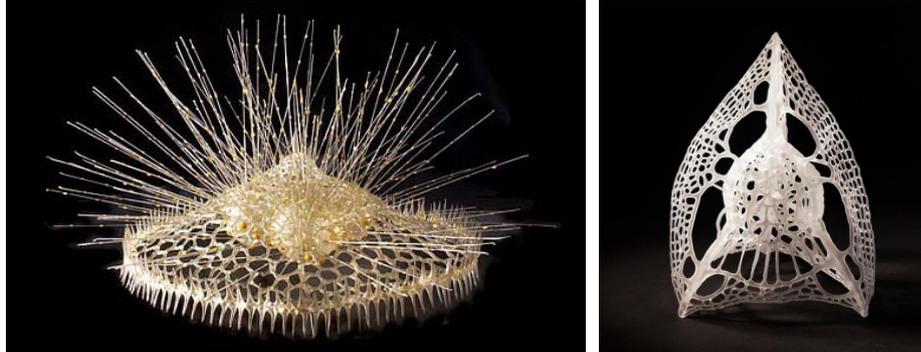


Figura 4.72. Leopold y Rudolf Blaschka. Radiolarios realizados en vidrio.

Hoy sus obras se hallan repartidas entre varios museos de Historia Natural (Harvard, Londres, Dublín, Ginebra) y el Museo Corning del Vidrio de EE.UU. Las creaciones de los Blaschka no tienen antecedentes ni parangón en la escultura en vidrio. En contraste con los innovadores diseños voluptuosos de los artistas modernistas coetáneos, las obras de los Blaschka son hiperrealistas como corresponde a su función didáctica de servir como fieles modelos representativos de especies botánicas y de sencillos animales invertebrados. Su mérito, más que en la originalidad de imaginativas creaciones artísticas, reside en la exquisita perfección formal de su ejecución y en la minuciosidad de la reproducción de los más finos detalles que acreditan el dominio de las técnicas de trabajo y el virtuosismo de sus autores.

Por otra parte, la primorosa ejecución de estos modelos, la precisión de sus diminutos componentes y su amplia gama de colores constituyen una muestra representativa de las ilimitadas posibilidades de miniaturización, tonalidades cromáticas y gradación de texturas que ofrece el vidrio para la consecución de detalles y matices.

4.12.8. El vidrio artístico coetáneo en Suecia

Abarcando parte de los periodos *Art Nouveau* y *Art Déco*, el vidrio en los países nórdicos ganó relevancia con sus diseños sencillos, funcionales y atractivos. También contribuyeron de forma notable a la implantación de nuevas técnicas de conformación y decoración. Las fábricas de Kosta, Reijmyre y Orrefors se caracterizaron por fomentar una estrecha colaboración entre artesanos o artistas y técnicos industriales. Así produjeron entre 1900 y 1920 objetos dentro del estilo *Art Nouveau* que obtuvieron gran reconocimiento. Los diseñadores Simon Gate, Edward Hald (fig. 4.73) y Edvin Öhrström (fig. 4.74)

crearon toda una imagen absolutamente original del vidrio nórdico que impresionó profundamente al resto de Europa. Su atractivo residía en sus contornos animados y sus colores en la gama de grises, humo y azules. En la década de 1930 Vicke Lindstrand fue la artista más representativa con sus obras de gruesas paredes trabajadas con las técnicas *Graal* y *Ariel* que, de algún modo, recordaban la tradición de Maurice Marinot. En Finlandia el desarrollo artístico del diseño en vidrio tuvo lugar años después, a partir de 1950, por lo que se incluye en el apartado 5 (véase 5.1.2.3).



Figura 4.73. Edward Hald. Jarrón con peces realizado en Orrefors con la técnica Graal, c 1952 (15,2 cm alto).



Figura 4.74. Edvin Öhrström. Jarrón realizado en Orrefors con la técnica Ariel, 1950 (18,5 cm alto).

4.12.9. El vidrio artístico coetáneo en Japón

El exponente del vidrio oriental desde finales del siglo XIX y principios del siglo XX fue Japón. En este país los periodos Meiji y Taisho (1868-1925) se pueden considerar como inmovilistas desde el punto de vista creativo. Sin embargo, en esa época el uso del vidrio por los japoneses en la vida diaria fomentó un nuevo sentido de la belleza y una comprensión creciente de la textura real del vidrio. Era completamente diferente del periodo Edo anterior, que había elogiado en el vidrio la belleza superficial y lo exótico. Después del periodo Edo no se desarrolló la transferencia de la técnica del maestro al discípulo, al no existir un sistema de gremios bien establecido. En los últimos 100 años destacaron las familias vidrieras de Kozo Kagami y Toshichi Iwata.

La empresa Iwaki Crystal tenía interés en el vidrio artístico y dedicó un departamento a tal fin (fig. 4.75).



Figura 4.75. Retrato de Takijiro Iwaki realizado en pasta vidrio, 1935 (28,4 cm alto). Corning Museum of Glass, Corning, NY, EE.UU.

En 1932 Sotoichi Koshiba y Yuzo Shimizu, con la colaboración del ceramista Yubei Ogawa, dirigieron sus investigaciones hacia la pasta de vidrio y presentaron obras en 1936. Koshiba produjo con éxito comercial objetos de

mesa con la técnica de prensado en molde, un estilo que recordaba las obras de René Lalique (véase 4.12.6). Después desarrolló su estilo personal en un taller propio.

Ya en 1917 el laboratorio central de la Compañía Ferroviaria de Manchuria había comenzado a investigar sobre vidrio. En esa etapa trabajaron Kosuke Hirano, Kozo Kagami (diseñador), Shigeru Takagi y Chojiro Myodo (grabadores). Estos vidrieros estudiaron con profesores extranjeros, de Alemania y Bohemia. Concretamente Kagami colaboró con el profesor Wilhelm von Eiff (diseñador y escultor en vidrio) con el que tuvo la magnífica oportunidad de entender con profundidad las posibilidades de expresión de las técnicas del tallado y grabado. Cuando Kagami regresó a Japón fundó su empresa Kagami Crystal en 1934. Importó materias primas de Alemania y después las produjo en su fábrica. Promovió un departamento de diseño y formó a artesanos y a jóvenes artistas. Fabricó vidrio de mesa y floreros hechos a mano con gran calidad. Era miembro del grupo artístico Kojin-Sha, que concibe los estilos libres de las artes y oficios; y participó en la sección de Artes y Oficios de la muestra de la Academia de Arte Imperial. En 1942 escribió el libro titulado “El desarrollo del vidrio”.

4.12.10. Influencia de otras vanguardias artísticas en la ornamentación del vidrio

Dentro de la intensa y variada proliferación de corrientes estilísticas que surgieron durante el primer tercio del siglo XX hay que citar otros importantes movimientos artísticos, que nacieron antes de que se extinguieran los ecos del *Art Nouveau* y del *Art Déco* y que coexistieron con estos.

El vidrio de los años 20 revela una rica conjunción de estilos. Al igual que sucede con la pintura y la escultura de este periodo, imposibles de definir con un solo término, el vidrio ofrece una gran diversidad de procedimientos de ejecución. Además, se utilizaron todas las formas posibles de ornamentación del vidrio: grabado, grabado al aguafuerte y esmaltado, a menudo en atrevidas combinaciones y con efectos sorprendentes. Algunas de las piezas más representativas sugieren analogías con el vidrio esmaltado de la *Wiener Werkstätte*; otras, paralelismos con la pintura alemana y austriaca contemporáneas; y otras, concomitancias con el *Art Déco* europeo. Las escuelas técnicas de Haida y Steinschönau contribuyeron a este florecimiento al combinar las técnicas tradicionales de trabajo con los estilos modernos, lo que posibilitó la revitalización de la industria del vidrio. El *Schwarzlot*, la técnica deciochesca del esmaltado en negro, es uno de los antiguos procedimientos que se recuperaron (fig. 4.76).

Utilizando la paleta vienesa blanca y negra ya existente, gran parte del vidrio esmaltado se realizó de esta forma. Además, una parte considerable del vidrio producido en estos centros de Bohemia presenta una ornamentación de bandas alineadas verticalmente, diamantes y rombos estilizados también tomados del repertorio vienes. En estos mismos años Karl Massanetz desarrolló un estilo original y más libre, realizado en *Schwarzlot* y oro, consistente en una elegante caligrafía de formas de cachemira y de espirales que cubría toda la superficie de la pieza (fig. 4.77).



Figura 4.76. Meyr. Jarrón con decoración schwarzlot (c 15 cm alto).



Figura 4.77. Karl Massanetz. Diseño schwarzlot con dorados (c 1915).

Muchos esmaltadores adoptaron estas formas de ejecución a las que añadieron en los años 20 el ritmo y los motivos angulares del *Art Déco* (11). Pero todavía más importantes fueron las contribuciones de los principales movimientos artísticos: el Cubismo y el Constructivismo, que aportaron un vocabulario decorativo moderno. En los años que siguieron a 1910 Praga sería el centro de un floreciente estilo cubista que pasó de los lienzos de los pintores a las cerámicas y al mobiliario, e incluso a la escultura a gran escala. El Expresionismo había sido una corriente dominante hasta 1910. Los grupos *Die Brücke* (El puente), primero en Dresde y luego en Berlín, y *Der Blaue Reiter* (El jinete azul) en Munich fueron dos de las tendencias que mejor asimilaban las lecciones aprendidas de Van Gogh, de los Fauves franceses, y del arte africano. Tampoco se pueden olvidar las enseñanzas de Wassily Kandinsky, que vivió en Alemania antes y después de la Primera Guerra Mundial, y cuyas teorías sobre la forma y el color resultaron tan influyentes. Gracias al esmalte y al grabado muchas de estas corrientes estéticas se transfirieron con éxito al vidrio. La repercusión de estos movimientos puede comprobarse en el trabajo de ciertos artistas y escuelas. Ida Paulin, que estudió en Augsburgo, se dejó influir por el estilo tardío de la *Wiener Werkstätte*, y también por los expresionistas alemanes. Algunas de sus obras con decoración esmaltada, como la que se muestra en la fig. 4.78, están próximas a los trabajos de Emil Nolde y de Henri Matisse. Bruno Mander, director de la Escuela Técnica del Vidrio de Zwiesel, después de trabajar siguiendo el estilo arquitectónico vienés y el de Paul Massanetz, se convirtió a un expresionismo que recuerda a Ernst Ludwig Kirchner y al arte africano. Un cuenco esmaltado en el estudio de Alfred Dorn es un tributo flamígero de la geometría no objetiva de Kandinsky.



Figura 4.78. Ida Paulin. Copa opal esmaltada, c 1910 (25,4 cm alto, 17,8 cm diámetro).

Puesto que, con frecuencia, se presta atención sólo a lo que es llamativa y chocantemente moderno, se desatiende la supervivencia de la tradición y la renovación de lo conocido. Precisamente el auge del vidrio ornamental fue el resultado de la hibridación de diferentes concepciones estilísticas en la que las flores y los pájaros de épocas anteriores fueron sometidos a una moderada puesta al día. Por otra parte, los años 20 fueron testigos del resurgimiento de un clasicismo de aspecto moderno, ligeramente abstracto y elegantemente estilizado, bien representado por los vidrios esmaltados de Lotte Fink (fig. 4.79) y Ena Rottenberg en Austria.



Figura 4.79. Lotte Fink. Jarrón esmaltado, c 1925 (32,7 x 7,8 cm).

La ornamentación del vidrio con grabado constituye una de las técnicas más antiguas y frecuentes en Alemania y Bohemia. Desde el Renacimiento hasta el siglo XX los grabadores transmitieron de generación en generación el arte del grabado, y ha llegado a ser considerado por los críticos de arte en vidrio más reputados (por ejemplo, el alemán Gustav Pazaurek) como el logro de mayor envergadura en la decoración de vidrio (fig. 4.80). El grabador más famoso fue Wilhelm von Eiff que, tras la Primera Guerra Mundial, dirigió el taller dedicado al trabajo en piedra y al vidrio tallado en la Escuela de Artes Decorativas de Stuttgart. Fue el creador de escenas de detalles precisos y ambiente de cuento de hadas, y también de diseños abstractos, estos últimos como compendio de la diversidad estilística del periodo. Uno de los aspectos diferenciales de su labor es la perfección del vidrio tallado en alto relieve, es decir, del vidrio de espesor excepcional trabajado con talla profunda, a menudo hasta tal punto que la capa superior original queda completamente eliminada. A pesar de que su obra resulta muy personal y prolijamente tallada, y por lo tanto

de apariencia anti industrial, es interesante señalar que von Eiff fue pionero en el empleo de herramientas eléctricas de procedencia odontológica para conseguir estos efectos. Sus ideas y el alto nivel de sus habilidades técnicas han sido perpetuados por sus numerosos discípulos de talento, como Nora Ortlieb, Hans Weber y Hans Klein.



Figura 4.80. Wilhelm Fritsche. Grabado para Thomas Webb & Sons, c 1878.

El vidrio es un material portador del mensaje artístico que puede encontrarse en un amplio registro de estilos. En la *Wiener Werkstätte* los diseños concebidos para el vidrio grabado por Michael Powolny hacia 1910-1915 mostraban un discreto clasicismo, mientras que los de Vally Wieselthier, de una década posterior, son mucho más espontáneos y expresivos. Todos ellos concuerdan con la evolución general del estilo del grupo, pero fueran cuales fueran los criterios estéticos aplicados en cada ocasión, los grabadores profesionales empleados por Lobmeyr fueron capaces de lograr efectos muy variados con asombrosa pericia. Richard Süßmuth, que había estudiado en la Escuela de Artes Decorativas de Dresde, estableció un comercio en Silesia donde grababa objetos de forma simple con expresivos motivos abstractos contrapuestos a enérgicas líneas de trazado curvo. La abstracción dispersa y dinámica de su lenguaje personal revela hasta dónde pudo llevarse el venerado arte del grabado en vidrio en la época moderna (11). En la década de 1930 comenzaron a adquirir prestigio los vidrios al plomo incoloros y de exquisita transparencia, por lo general con dibujos grabados, producidos por fábricas escandinavas y estadounidenses.

**5. LA ESCULTURA EN VIDRIO
DESDE LA SEGUNDA MITAD
DEL SIGLO XX**

5. LA ESCULTURA EN VIDRIO DESDE LA SEGUNDA MITAD DEL SIGLO XX

Al acabar la Segunda Guerra Mundial y haber quedado Europa aniquilada y exhausta, el centro de gravedad inspirador de nuevos movimientos artísticos se desplazó a Estados Unidos, un país apenas desgastado por la guerra. En él se vislumbraba una rápida prosperidad económica y una confortable estabilidad social, sustentada por su pujante sistema capitalista, y deseosa de tomar protagonismo e impulsar el mercado del arte. En poco tiempo surgieron nuevas y abundantes tendencias artísticas.

5.1. EL *INTERNATIONAL STUDIO GLASS MOVEMENT*

5.1.1. Origen y desarrollo

Antes de los primeros años de la década de 1960 el arte contemporáneo en vidrio se realizaba mayoritariamente para usos decorativos, y lo producían equipos de trabajadores de las fábricas que disponían de grandes hornos industriales. Este tipo de arte en vidrio, representado en EE.UU. por Tiffany y Steuben, en Francia por Gallé, en Japón por Hoya Crystal, en los Países Bajos por Royal Leerdam Crystal y en Suecia por Kosta Boda, es muy conocido y traspasó los límites de las fábricas en las que todos los objetos de vidrio eran fabricados por equipos de cuatro o más personas mediante soplado manual o en molde. El final del siglo XIX marcó el auge del viejo arte en vidrio, mientras que en las fábricas los sopladores se reemplazaban por máquinas automáticas de soplado para la fabricación de botellas y por los procedimientos de colado continuo para el vidrio plano (27). Un antecedente muy claro de la escultura en vidrio producida en una gran fábrica (Steuben Glass Works, EE.UU.) es la obra de Sydney Waugh *Atlantica* (fig. 5.1).



Figura 5.1. Sidney Waugh. *Atlantica*, 1938-1939 (94,5 x 57,9 cm). Corning Museum of Glass, Corning, NY, EE.UU.

Esta gran escultura, de 300 libras de peso y de un decidido estilo *Art Déco*, se creó para la Feria Mundial de New York en 1939. Representa una sirena sobre las olas del Océano Atlántico y conmemora el comienzo de la fabricación de vidrio en América por los inmigrantes europeos. La escultura precisó de un equipo de cinco vidrieros para verter el vidrio en el molde correspondiente y otros tres vidrieros más para su pulido, que se llevó a cabo durante varios meses (81)

Junto con Arthur Houghton y John Gates, Sidney Waugh fue el responsable de la reorganización de Steuben en 1933, y también diseñador asociado jefe de esta empresa hasta su muerte en 1963. Fue el director de la Rhinehart School of Sculpture de Baltimore desde 1942 a 1957, recibió numerosos premios y encargos de autoridades estatales y fue el autor de varios libros sobre arte en vidrio (58).

Hacia 1960 los países occidentales descubrieron el vidrio como un medio que se podía usar en los estudios y que se podía trabajar y controlar por el diseñador/artista con su trabajo en solitario. Al principio hubo un rechazo completo de la fábrica y de sus métodos de producción. Lo que producía la fábrica como un material perfecto era rechazado por el artista de estudio, que lo consideraba como estéril y falto de vida. La relación entre el diseñador de producto y el artesano se consideraba un proceso de creación fuera del acto de la fabricación. Pero los artistas de estudio también se dieron cuenta de la importancia de las habilidades del artesano y la necesidad de la experiencia en la manipulación del vidrio. De modo que volvieron a recurrir a los artesanos vidrieros y se produjo una cooperación internacional. Los artistas superaron las fronteras geográficas y políticas, hubo visitas de profesores y tutores en las escuelas de América y de Europa y se compartieron experiencias y habilidades. Los estudiantes fueron a trabajar a las fábricas para ampliar sus horizontes y racionalizar sus intenciones artísticas. Se establecieron contactos en congresos y reuniones internacionales que perduran hasta hoy en día como eventos cosmopolitas.

Las distinciones entre objeto funcional y de arte, entre el ornamento como objeto doméstico tradicional y como escultura propiamente dicha, se fueron borrando y difuminando tanto que ya han dejado de ser relevantes. Desde entonces el vidrio se ha establecido como uno de los lenguajes más versátiles y elocuentes que jamás se hayan descubierto en la historia del Arte y, en particular, en la escultura.

Efectivamente, a partir de la segunda mitad del siglo XX la escultura en vidrio alcanza su mayor expansión a la par que una gran riqueza creativa. De las diversas circunstancias que contribuyeron a ello la más importante fue la implantación, por parte de algunas de las grandes empresas vidrieras, de

departamentos de estudio y diseño para la creación de piezas artísticas de vidrio como elementos decorativos singulares para realzar la arquitectura interior. Las fábricas de vidrio más importantes contaban con diseñadores que realizaban los bocetos y trabajaban en equipo con el operario que manipulaba el vidrio.

El *International Studio Glass Movement* defiende, como ya lo había hecho el movimiento *Bauhaus* desde su fundación (véase 4.12.4), la abolición de la barrera entre artistas y artesanos. La idea básica que propugna este movimiento es que sea el propio artista que concibe la idea creadora, el que la ejecute manualmente en su estudio, trabajando personalmente en el horno y utilizando todos los instrumentos necesarios. En muchos ámbitos el término *Studio Glass* es sinónimo de escultura en vidrio, es decir un medio artístico para producir esculturas u obras de arte de tres dimensiones. Las técnicas de trabajo de este movimiento incluyen diversas aproximaciones en frío (como esmaltado, talla y pulido), al soplete (técnica tradicional de elaboración de cuentas) y en caliente (fusión, soplado, colado, etc.) (véase 3.4). Los objetos de vidrio del *Studio Glass Movement* se crean con una intención escultórica o decorativa, y para una finalidad generalmente comercial, de modo que en la actualidad los precios medios pueden oscilar entre unos cientos hasta decenas de miles de dólares USA.

El *Studio Glass Movement* se inició oficialmente en EE.UU. y de allí se extendió a Europa, Australia y Asia, enfatizando el papel del artista como diseñador y ejecutor de un objeto único o exclusivo. Simultáneamente este movimiento facilitó que los artistas y diseñadores compartieran ideas y conocimientos técnicos, cosa que no hubiera sido posible en la industria. Sin embargo, como se verá más adelante en el apartado dedicado a Chequia (véase 5.3) y en la producción de otros artistas europeos, hay que señalar que las tendencias de diversos países europeos ya apuntaban antes de 1950 y durante esa década hacia conceptos que después propugnó el oficial *Studio Glass Movement* de EE.UU. Por ejemplo, en Suecia Erik Höglund a mediados de los '50 rechazó el famoso e impecable vidrio de su país en favor del vidrio de gruesas paredes plagadas de burbujas. Höglund introdujo este tipo de vidrio en los modelos de vidrio utilitario de la fábrica Boda, en contraste con los diseños ligeros y elegantes de Nils Landberg para la fábrica de Orrefors. En los Países Bajos Andries Dirk Copier realizó aproximaciones completamente escultóricas con sus piezas y puso en tela de juicio, al igual que Floris Meydam, Willem Heesen y Sybren Valkema, las formas tradicionales. Un caso especialmente significativo fue el de Erwin Eisch (véase 5.8), el artista vidriero de Frauenau en el bosque de Baviera. Eisch fue de los más radicales en los '50 y se apartó de los convencionales recipientes de vidrio liberándolos de todo lo que le parecía superfluo. Su idea era hacer del vidrio el portador de un mensaje artístico, para lo cual la transparencia, que durante siglos había caracterizado al vidrio, le suponía más bien un impedimento para sus objetivos. Por esta razón utilizó

frecuentemente vidrios oscuros o negros, que le resultaban esenciales para materializar sus diseños en los que el vidrio se convertía en un material escultórico con el que podía contar una historia y transmitir emociones y compulsiones. Eisch describió su trabajo como una “provocación de la forma”. Harvey K. Littleton y Erwin Eisch se reunieron en Europa durante uno de los viajes de estudios del primero en 1962. Dicho encuentro, que tuvo lugar antes del histórico seminario que Littleton realizó en Toledo (Ohio, EE.UU.) ese mismo año, fue muy fructífero y marcó el inicio del movimiento americano que se denominó *Studio Glass Movement*. Desde entonces se estableció un enlace entre las nuevas ideas del viejo y del nuevo mundo, caracterizado por un intercambio continuo en cuanto a conceptos, modelos educativos, y conocimientos técnicos (72).

Frecuentemente las publicaciones se refieren a Harvey K. Littleton como “padre del *Studio Glass Movement*”, y se explica que se inspiró en los grandes sopladores italianos de Murano y de otros centros vidrieros europeos, así como en sus obras de arte, para desarrollar el soplado del vidrio en un estudio de arte. Esta nueva época en la elaboración del vidrio artístico vino definitivamente liderada desde 1962 por los estadounidenses Harvey K. Littleton (fig. 5.2) y Dominick Labino (fig. 5.3).



Figura 5.2. Harvey K. Littleton en 1958.



Figura 5.3. Dominick Labino en su estudio de Toledo, OH, EE.UU., 1966.

Ambos instalaron en 1962 su ahora famoso taller de vidrio en el Museo de Arte de Toledo (Ohio, EE.UU.), y su intención fue fundir vidrio en un pequeño horno, de modo que los artistas individuales pudieran usar el vidrio como un medio artístico independiente del ámbito industrial. De este modo las grandes instalaciones fabriles de vidrio que habían acogido el trabajo de los artistas dieron paso a pequeños hornos repartidos por los lugares donde se encontraban los artistas que elaboraban el vidrio para sus creaciones. Los artesanos empezaron a experimentar con el vidrio como medio artístico en los pequeños hornos de sus estudios, y tuvieron tanto éxito y empuje que hasta la actualidad se mantienen y desarrollan técnicas decorativas y formas de escultura innovadoras.

El nacimiento del *Studio Glass Movement* fue posible gracias al dominio del *Art Nouveau* y otras tendencias modernistas en las artes, que permitió una gran amplitud de los medios artísticos a lo largo de todo el siglo XX. De hecho el vidrio ya formaba parte de los programas en las escuelas de arte, como la *Bauhaus*. Otro ejemplo es el del arquitecto Frank Lloyd Wright que produjo vidrios para ventanas considerados como obras maestras, no sólo por su diseño sino también por su composición pictórica. En este periodo de mitad del siglo XX

los ceramistas y otros artesanos de EE.UU. adquirieron popularidad y también se interesaron por el vidrio fuera de las rutas industriales de este material. Uno de ellos fue el pionero ceramista californiano Peter Voulkos.

Durante los años '60 tanto en Europa como en América los artistas vidrieros experimentaron con la tecnología disponible. Las posibilidades fueron más favorables para los americanos, mientras que los europeos exploraron con más cautela. Solo unos pocos artistas instalaron hornos de estudio: Eisch en Frauenau, Volkhard Precht en la antigua República Democrática Alemana y Asa Brandt en Suecia, así como algunas academias y escuelas especializadas. Otros muchos artistas continuaron colaborando con las fábricas de vidrio para realizar sus obras, o bien se limitaron a las técnicas de trabajo en frío. Fue sorprendente el hecho de que si bien los países del Este no dejaron una huella notable en cuanto a otras artes, sí desarrollaron el arte del vidrio hasta el punto de convertirse en los líderes europeos.

La repercusión de las nuevas obras de arte en vidrio no se dejó notar públicamente y en los museos hasta la década de 1970. A partir de 1972 se organizaron grandes exposiciones en los museos y en galerías de arte. El número de hornos de estudio creció en Europa en estos años, si bien, y ante la dificultad de manipulación del vidrio en caliente, muchos artistas optaron por desarrollar técnicas en frío o a temperaturas moderadas. Así se multiplicaron las posibilidades de la talla, grabado, vidrio mosaico, pintura sobre vidrio, pasta de vidrio, termofundidos, moldeado, etc.

Una de las características de *Studio Glass* es la circulación de ideas, la discusión de las técnicas y la organización de congresos, reuniones, escuelas y talleres compartidos, siguiendo el modelo que iniciara Littleton, lo mismo que la organización de exposiciones y venta de las obras.

5.1.2. Técnicas de ejecución del *Studio Glass Movement*

En la década de los '60 y '70 las obras del *Studio Glass* se caracterizaron por la preponderancia del vidrio soplado (véase 3.4.2). Eran formas sopladas libremente y decoradas en caliente. Hacia finales de los '70 se exploraron los trabajos en frío (véase 3.4.3), como arenado, corte, grabado, pulido, esmaltado y otras técnicas. Llegaron a popularizarse el arenado, la técnica de vidrio caído o descolgado (*slumping*) y la pasta de vidrio. En los primeros años '60 Harry Seager realizó las primeras esculturas utilizando hojas de vidrio plano (véase 5.5), técnica que se extendió a los demás artistas y que frecuentemente se combina con elementos de madera, de metal u otros ornamentos (47).

Sin embargo, puede decirse que este movimiento del vidrio escultórico moderno no aporta técnicas de ejecución innovadoras, aparte de la utilización de determinadas herramientas, más o menos sofisticadas, y variantes sobre las técnicas vidrieras tradicionales (87), en especial las que se desarrollaron para los objetos artísticos en el periodo 1800-1950.

A partir de 1991 algunas fábricas incluyeron trabajos experimentales de sus propios diseñadores: Dartington en Gran Bretaña y Nuutajärvi en Finlandia. Actualmente las exposiciones de obras de vidrio son de carácter escultórico y muchas de ellas contienen otros materiales además de vidrio. También es frecuente que las obras sean de grandes dimensiones y que constituyan instalaciones.

Ante el gran número de escultores, y en general de artistas del vidrio, tanto en EE.UU. como en otros países, se detallan en este capítulo los que se han considerado más representativos, bien por su carácter innovador o pionero que ha creado escuela, o bien por su repercusión a nivel internacional. El resto se relacionan en el Anexo 1, donde se han ordenado por países de origen y por orden alfabético de apellido. Para cada uno se ha seleccionado exclusivamente una obra de creación característica.

5.2. LA ESCULTURA CONTEMPORÁNEA EN VIDRIO EN EE.UU.

El desarrollo del vidrio en EE.UU. ha tenido dos fases durante el siglo XX. La primera se extendió desde 1900 hasta mediados de siglo, en las ciudades de Toledo (Ohio) y en Corning (New York) cuyas fábricas de vidrio Fenton y Steuben producían tanto vidrio industrial como artístico. En Toledo se venía desarrollando una gran actividad vidriera desde el siglo XIX cuando las fábricas Libbey Glass, Owens-illinois y Johns Manville destacaban en la producción de vidrio hasta el punto de que su alta reputación hizo que se denominara a Toledo como la capital del vidrio mundial. Estas fábricas conjuntamente con el Museo de Arte de Toledo patrocinaron el primer taller de vidrio en 1961, que en breve vería el nacimiento oficial de un nuevo y potente movimiento artístico que posteriormente se conoció internacionalmente como *Studio Glass Movement*.

La segunda etapa del vidrio norteamericano comenzó, como ya se ha indicado, en 1962 cuando el profesor de cerámica Harvey K. Littleton y el químico Dominik Labino impulsaron un movimiento contemporáneo de vidrio soplado en dos pequeños talleres en el Museo de Arte de Toledo (Ohio), donde experimentaron con vidrio soplado para crear obras de arte. Aunque se

considera que Littleton y Labino fueron los primeros en aproximar la técnica del vidrio a los artistas en sus estudios particulares, hay que señalar que en Europa en años anteriores ya se realizaban obras artísticas y esculturas con planteamientos y técnicas muy similares a los de Littleton y Labino, por no hablar de los antecedentes del periodo 1800-1950 en cuanto a técnicas de ejecución y ornamentación que fueron la base decisiva para el desarrollo del *Studio Glass Movement* (87).

Harvey K. Littleton extendió sus conceptos e influencia no sólo en su propia contribución artística sino también en sus enseñanzas a sus alumnos y a otros artistas vidrieros contemporáneos, como Marvin Lipofsky, Sam Herman, Fritz Dreisbach y Dale Chihuly. En 1964 Tom McGlauchlin comenzó uno de los primeros programas de vidrio en la Universidad de Iowa, y Marvin Lipofsky fundó el nivel universitario del programa de vidrio en la Universidad de California en Berkeley. Ese mismo año el doctor Robert C. Fritz fundó otro programa de vidrio con nivel universitario en la Universidad del Estado de San José en California. El año siguiente Bill H. Boysen, que era alumno de Littleton en la Universidad de Wisconsin en Madison, construyó el primer estudio de vidrio en la Penland School of Crafts en Carolina del Norte, y después de su graduación en 1966, inició el programa de graduación en vidrio en la Universidad del Sur de Illinois en Carbondale (Illinois). Algo después, en 1969, Dale Chihuly comenzó el programa de vidrio en la Rhode Island School of Design, y en 1971 Tom McGlauchlin se incorporó al Museo de Arte de Toledo como profesor y director de vidrio del programa de arte de la Universidad de Toledo.

Como consecuencia del éxito y desarrollo del vidrio de estudio, se crearon escuelas de vidrio y estudios de arte por todo el país, destacando los artistas de vidrieros de Seattle, Ohio, New York, Pennsylvania, New Jersey, San Francisco, Los Angeles y Corning. Cerca de Seattle la Pilchuck Glass School se convirtió en la capital internacional de los artistas vidrieros, donde podían asistir a clases magistrales e intercambiar habilidades e información exclusivamente sobre el arte en vidrio. Por otro lado, el Pittsburgh Glass Center de Pittsburgh organizó programas de residencia e instalaciones para artistas del vidrio. Este centro imparte clases públicas de soplado y de otras técnicas. En Filadelfia se localiza una pequeña red de estudios de vidrio y es sede del programa no lucrativo P.I.P.E. con residencia para artistas vidrieros y del metal, de electroconformado de vidrio y colado de bronce.

El estudio de vidrio del Corning Museum of Glass, implantado en 1996, constituye una instalación internacionalmente reconocida como centro de enseñanza en la que se imparten clases y talleres a artistas y profesionales del vidrio, tanto noveles como expertos. Los artistas de este estudio tienen acceso a las colecciones de este museo y a los recursos bibliográficos de la Biblioteca de

Investigación Rakow, que reúne fondos referentes a la historia, el arte y la producción del vidrio.

En Millville (New Jersey), una ciudad históricamente ligada al vidrio, el Wheaton Arts Cultural Center es un centro no lucrativo de educación en artes e historia que alberga el Museo del Vidrio Americano. Este museo reúne la colección más amplia de objetos de vidrio americano: vidrio histórico y contemporáneo de afamados artistas vidrieros. Este centro también tiene un estudio de vidrio dirigido por Hank Murta Adams. Además, el Creative Glass Center of America, fundado por el Wheaton Arts con la misión de perpetuar el legado de Millville en el mundo vidriero, es la sede de un programa para artistas del vidrio y ha tenido renombrados alumnos como Kait Rhoads, Lino Tagliapietra, Beth Lipman, Deborah Czeresko, Angus Powers y Stephen Paul Day, entre otros.

Artistas estadounidenses

HARVEY K. LITTLETON

Harvey K. Littleton era el hijo del director de investigación de Corning Glassworks (Corning, New York) y siempre estuvo ligado al vidrio, también por la proximidad de la fábrica de Steuben y de su principal diseñador Frederik Carder. En 1960 construyó, con la ayuda principalmente de Dominick Labino, su primer horno y aprendió a mezclar y fundir su propio vidrio. En unos pocos años realizó obras de vidrio estirado con diversos colores (fig. 5.4) y con burbujas que, aparentemente, podrían haberse hecho en cualquiera de los estudios relacionados con un centro industrial vidriero de 50 años atrás, por ejemplo los de Tiffany o los de Steuben. Pero la diferencia era que sus obras contenían sus propios conceptos y además estaban hechas por él mismo y en su propio horno.

Littleton extendió este modelo de práctica artística con el vidrio por EE.UU. y otros países. En el año académico de 1963 introdujo en la Universidad de Wisconsin en Madison el primer programa universitario sobre vidrio. Dicho programa despertó un gran interés en los estudiantes y Littleton los animó a proseguir una carrera académica y establecer nuevos programas universitarios en torno al vidrio. Uno de esos estudiantes, Marvin Lipofsky (véase más adelante en esta sección), comenzó los programas de vidrio en la Universidad de California en Berkeley en 1964 y en el California College of Arts and Crafts en Oakland en 1967. Otro estudiante, el célebre artista Dale Chihuly (véase más adelante en esta sección), prosiguió sus estudios en la Rhode Island School of Design después de abandonar Madison y, una vez graduado, fue el jefe del departamento desde 1969 a 1980.



Figura 5.4. H.K. Littleton. *Falling blue*, 1969 (54,6 x 31,8 x 15,2 cm).

En 1957, aprovechando una estancia para estudiar cerámica en Europa, Littleton visitó París y Venecia, donde pudo familiarizarse con casi 60 pequeños talleres de vidrio en la isla de Murano. Allí probó a soplar vidrio en el equipo de *Fratelli Tosso* y adquirió cañas de soplar y otras herramientas necesarias para trabajar el vidrio en caliente. Posteriormente en 1962 volvió a Europa y en Alemania conoció a otro artista vidriero, Erwin Eisch (véase 5.8), que ya hacía, según las propias palabras de Littleton, lo que él quería hacer con el vidrio. Se hicieron amigos y, de hecho, Eisch tuvo en Europa el mismo papel que Littleton en América, ya que ambos animaron a los jóvenes artistas a trabajar el vidrio y a desarrollarlo como un medio artístico.

A finales de 1970, Littleton comenzó lo que sería su obra más conocida. Su interés por los colores y la luz le llevaron a las superposiciones de colores de la serie *Loops*. En ella se combinan capas de colores diversos y vidrio incoloro en un juego de transparencia y brillo. Las esculturas consistían en tubos gruesos largos, curvados, retorcidos y doblados que encierran gamas de colores (fig. 5.5).

Con el artista Gary Beecham, como ayudante para la realización de las esculturas más grandes, Littleton llevó a cabo una serie de piezas con velo en el que dos formas de vidrio, cada uno a una temperatura diferente, se combinan

mediante el empuje de la pieza con forma de cono más fría hacia el interior de una forma ovoide más caliente. Este procedimiento crea una distorsión de los vidrios superpuestos y un efecto óptico tridimensional sorprendente (fig. 5.6).



Figura 5.5. H.K. Littleton. *Yellow crown II*, 1984 (54,6 x 58,4 x 53,3 cm).



Figura 5.6. H.K. Littleton. *Ruby conical intersection with amber sphere*, 1984 (27,4 x 19,5 x 9,7 cm). Corning Museum of Glass, Corning, NY, EE.UU.

5. LA ESCULTURA EN VIDRIO DESDE LA SEGUNDA MITAD DEL SIGLO XX

Littleton tuvo numerosos discípulos; entre ellos destaca Sam Herman, que instaló un horno en el Royal College of Art de Londres, y en 1974 se trasladó a Australia para organizar la fábrica Jam Factory Workshop en Adelaide.

Las figs. 5.7 y 5.8 muestran dos de las obras de Littleton realizadas entre 1965 y 1979 en las que se pueden observar formas, estilos y técnicas de ejecución muy variadas.



Figura 5.7. H.K. Littleton. *Y form sculpture*, 1965 (34,3 x 21,6 x 6,4 cm).

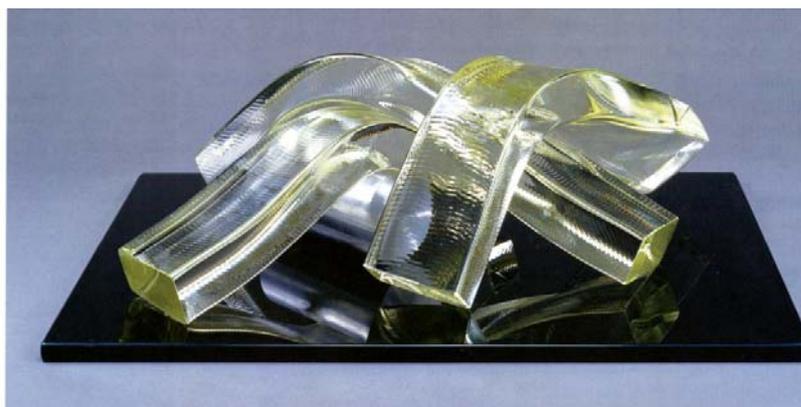


Figura 5.8. H.K. Littleton. *Pile up*, 1979 (80,3 x 55,5 cm).

DOMINICK LABINO

Dominick Labino fue ingeniero y comenzó su carrera profesional en Owens-Illinois, Inc., una fábrica de vidrio de Pennsylvania (EE.UU.). Posteriormente fue el jefe de investigación y desarrollo de Glass Fibers, Inc. de Toledo (Ohio). A partir de 1940 comenzó a soplar vidrio como pasatiempo y en 1962, como ya se ha indicado, colaboró con H.K. Littleton en el montaje de un taller de vidrio en el *Toledo Museum of Art*. Labino aconsejó a Littleton sobre el modo de construir hornos para vidrio, seleccionar refractarios y acerca de las composiciones de vidrios más adecuadas para el trabajo artístico. En 1963 creó su propio taller de vidrio donde realizó importantes obras escultóricas (fig. 5.9). Sus obras forman parte de las colecciones permanentes de más de 100 museos, y es titular de más de 60 patentes sobre vidrio en EE.UU.



Figura 5.9. Dominick Labino. *Emergence Series 1*, 1980 (24,4 x 13,6 x 6,8 cm). Corning Museum of Glass, Corning, NY, EE.UU.

MARVIN LIPOFSKY

Marvin Lipofsky estudió escultura en la Universidad de Madison siendo uno de los primeros discípulos de H.K. Littleton. Posteriormente introdujo el vidrio como arte en el Departamento de Diseño de la Universidad de California en Berkeley, y fundó y lideró el *California College of Arts and Crafts*. A lo largo

de su vida creativa viajó frecuentemente y colaboró con los artistas más reconocidos internacionalmente para la realización de obras escultóricas y para la captación de ideas inspiradoras. Sus esculturas en vidrio, muchas veces receptoras de importantes premios internacionales, tienen un carácter orgánico y usualmente son multicoloreadas (fig. 5.10). El vidrio soplado de Lipofsky forma parte de muchas colecciones en museos de todo el mundo.



Figura 5.10. Marvin Lipofsky. *SF Tacoma group 5*, 2006-2007 (36,6 x 45,7 x 45,7 cm).

DALE CHIHULY

Chihuly se graduó en escultura en 1967 en la Universidad de Wisconsin, donde estudió soplado de vidrio con H.K. Littleton. En 1969 estableció el Departamento de Vidrio en la *Rhode Island School of Design* de la que fue profesor hasta 1983. Posteriormente desarrollo su obra en la *Pilchuck Glass School* en cuya fundación contribuyó en 1971.

En la década de los '70 y bajo la influencia del vidrio soplado de Murano, Chihuly trabajó con un equipo de maestros sopladores de vidrio que le permitió la realización de obras arquitecturales de grandes dimensiones, que no podría haber abordado en solitario o con un número escaso de ayudantes.

En 1981 comenzó su serie *Macchia* (en italiano "mancha"). En estas obras se pueden observar parches de colores brillantes prensados o unidos al vidrio al estilo impresionista (fig. 5.11). En los primeros años '80 colaboró intensamente con el artista William Morris para la realización de la extensa serie de obras *Seaform* caracterizadas por formas ondulantes semejantes a conchas o

medusas (fig. 5.12). Otras series de este periodo y posteriores fueron *Soft Cylinder*, *Persian Series* (1986), *Venetian Series* (1988), etc.

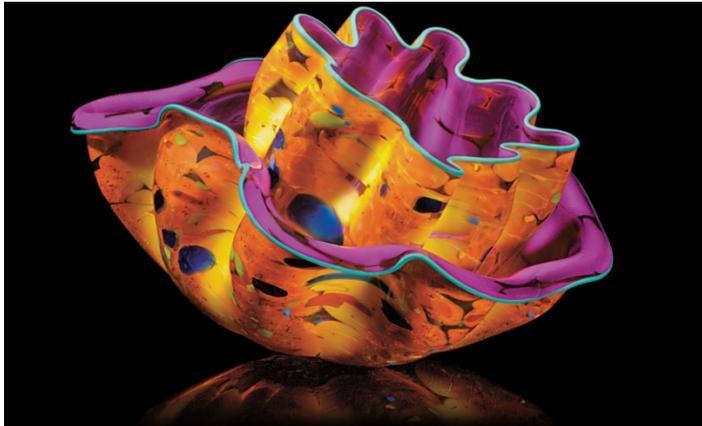


Figura 5.11. Dale Chihuly. *Bradywine macchia*, 2013 (27,9 cm ancho).

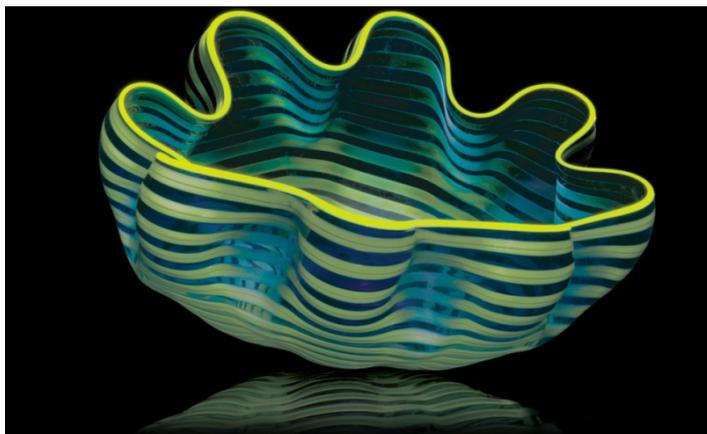


Figura 5.12. Dale Chihuly. *Neptune blue seaform*, 2011 (c 30 cm ancho).

En los '90 amplió su producción con grandes instalaciones y lámparas artísticas que, ubicadas en diversos países, obtuvieron un éxito rotundo (fig. 5.13). Estas obras tienen la apariencia de plantas o de otros seres en la frontera de los límites de la vida.

En la fig. 5.14 se muestra una instalación que decora la entrada del *Corning Museum of Glass* (Corning, NY, EE.UU.) en la que se puede apreciar el tamaño relativo de la obra comparado con la autora de este trabajo.



Figura 5.13. Dale Chihuly. *Star*, 2000 (175 elementos de 27,9 x 17,8 x 17,8 cm). Ciudadela de Jerusalem, Israel.



Figura 5.14. Dale Chihuly. *Instalación en la entrada del Corning Museum of Glass, Corning, NY, EE.UU.* (c 3 m alto).

Chihuly está considerado un gran artista de la escultura en vidrio y sus obras se muestran en más de 150 museos de todo el mundo. Los críticos han realizado juicios muy diversos sobre la obra de Chihuly a lo largo de 30 años. Para el discípulo de Matisse, Jack Corvart, Chihuly sigue el camino de Matisse en cuanto a decoración con elementos coloreados muy brillantes. Para el crítico psicoanalíticamente orientado Donald Kuspit, Chihuly reconcilia el principio de la realidad con el principio del placer, y opina que es un artista capaz de volver a los espectadores a la inocente infancia. Los historiadores ven en Chihuly referencias a otras civilizaciones: la antigua Persia, el Renacimiento veneciano o las culturas nativas americanas. En cualquier caso, todos han detectado referencias a la naturaleza y a los procesos naturales. Barbara Rose (15) lo considera un chamán inspirado, astuto y malicioso, un mago al estilo de un Merlín contemporáneo que juega con la magia, la brillantez y la chispeante psicodelia sin drogas. Las obras de Chihuly tienen elementos y aspiraciones en común con las de los artistas relacionados con las tendencias de Experimentos en Arte y Tecnología fundada en 1960 por Robert Rauschenberg y Billy Kluver.

Chihuly se formó como diseñador de interiores y está habituado a trabajar con arquitectos, por lo que se explica que sea un artista público capaz de llenar espacios enormes con obras de arte que realiza con un equipo de colaboradores (fig. 5.15).



Figura 5.15. Dale Chihuly. Persian ceiling, 2008. Young Museum, San Francisco, CA, EE.UU.

Conduce a los espectadores a un arte teatral y espectacular que tiene un gran impacto emocional y visual. También se interpreta a Chihuly como el enemigo del constructivismo: sus formas son dinámicas y transparentes o traslúcidas, ondeantes e iridiscentes. Su técnica explota las formas esféricas o cilíndricas del vidrio soplado para obtener nuevas formas excéntricas e imprevistas. Esas formas desafían las limitaciones de la geometría y de las estructuras estables o inmutables. Chihuly rechaza los conceptos de pureza que dividen las artes en mayores y menores y en artes decorativas, y proclama la autonomía del vidrio como un medio de Bellas Artes.

Es un error ver a Chihuly como un continuador de la tradición francesa o americana del vidrio *Art Nouveau*, ya que su arte es híbrido, sintético y con efecto totalizante. En realidad es lo contrario de L.C. Tiffany, que hizo vidrio según la tradición medieval encerrado en una armadura metálica. Y también contrario a F. L. Wright que adicionaba piezas de vidrio exclusivamente como elementos decorativos de su arquitectura. Ambos usaban vidrio plano.

Los objetos domésticos a pequeña escala del movimiento de Artes y Artesanías también son contrarios a las obras teatrales y los extravagantes espectáculos de Chihuly, cuyas obras tienen poco que ver con la historia del vidrio y más que ver con la crisis del arte de *avant-garde* tras la muerte de Jackson Pollock.

Las obras de Chihuly hacen referencias sutiles a las conchas, los corales y formaciones cristalinas, las mariposas, los pájaros y la vida submarina, y esto hace que su arte sea más accesible al público que las típicas abstracciones de muchos escultores. Chihuly mantiene una relación biunívoca con lo que crea: son sus formas creadas por él en los dibujos y pinturas, y luego convertidos en vidrio por el equipo que él supervisa.

CHRISTOPHER RIES

Christopher Ries (1952, Columbus, Ohio) estudió con H. K. Littleton en los años '70 en la University of Wisconsin. Después de algunos años experimentando con vidrio soplado descubrió su auténtica vocación en el trabajo del vidrio óptico. A diferencia de la mayoría de los escultores, Ries no sopla vidrio ni elabora esculturas con hojas de vidrio plano. Su obra la ejecuta con los procedimientos escultóricos tradicionales de reducción, comenzando con un bloque de vidrio óptico y eliminado material hasta llegar a la forma deseada. Sus luminosas obras (fig. 5.16) son perfectas técnicamente y ofrecen una apariencia mágica, tanto en las esculturas pequeñas como en las de mayores dimensiones. Se encuentran en las colecciones y museos de EE.UU., Japón y muchos países europeos.



Figura 5.16. Christopher Ries. *Celebration*, c 2011 (18 x 21 x 5,5 cm).

DONALD POLLARD

Donald Pollard, neoyorquino formado en la Rhode Island School of Design, se incorporó a la fábrica Steuben en 1950 donde realizó importantes diseños a lo largo de treinta años. Entre ellos destaca el *Great Ring of Canadá*, obra que presentó el Presidente de EE.UU Lyndon B. Johnson en 1967 al Primer Ministro de Canadá Lester B. Pearson en el centenario de dicho país. Sus esculturas están expuestas en museos y colecciones privadas y públicas (fig. 5.17).



Figura 5.17. Donald Pollard y Terry Haass. *Steuben genesis*, 1959 (23 cm alto).

PAUL STANKARD

Paul Stankard es un reputado artista cuyas obras se pueden contemplar en EE.UU., Japón y diversos países europeos. Ha recibido numerosos premios y dos doctorados *honoris causa*. Actualmente es Fellow del Corning Museum of Glass de New York y miembro fundador del *Creative Glass Center of America* (Millville, New Jersey). Este artista destaca por sus delicadas esculturas de flores, insectos y figuras humanas inmersas en esferas o poliedros de vidrio incoloro transparente (fig. 5.18).



Figura 5.18. Paul Stankard. *Pineland pickerel weed with earth clump, honeybee and human form*, 2010 (8,9 cm diámetro).

Él mismo establece correspondencias entre sus esculturas y la obra de Walt Whitman, por cuanto atiende a la flora silvestre y a los diminutos insectos frecuentemente olvidados, a pesar de la perfección natural de sus formas. Lo que aquél expresa con palabras, Stankard trata de realizar con el vidrio.

DANNY LANE

Danny Lane (1955, Urbana, EE.UU.) se estableció en Londres en 1975 donde realizó estudios con Patrick Reyntiens, uno de los responsables del renacimiento de las vidrieras artísticas en la postguerra. Fue estudiante de la Central School of Art donde estudió pintura y se familiarizó con la tradición mística y romántica inglesa. Su arte es deudor de la pintura y el dibujo, y en sus

obras se exploran las líneas en dos y tres dimensiones hasta las posibilidades del vidrio y de otros materiales como el acero, la madera y la luz (fig. 5.19).



Figura 5.19. Danny Lane. *Stairway*, 2005 (600 x 190 x 418 cm).

Combina lo monumental y lo físico del vidrio fracturado y lo retorcido u oxidado del acero, con su profunda creencia en las cualidades metafísicas y trascendentales del Arte. Sus esculturas representan una dimensión espiritual a través del material, más que la representación del ego individual (fig. 5.20).



Figura 5.20. Danny Lane. *2 of one*, 2013 (294 x 270 x 46 cm).

Lane trabaja en Londres desde 1980 en un taller especialmente equipado para obras de gran tamaño y con un equipo de colaboradores expertos. Desde entonces es un artista de la vanguardia del mobiliario (también en vidrio) de carácter escultural (fig. 5.21).

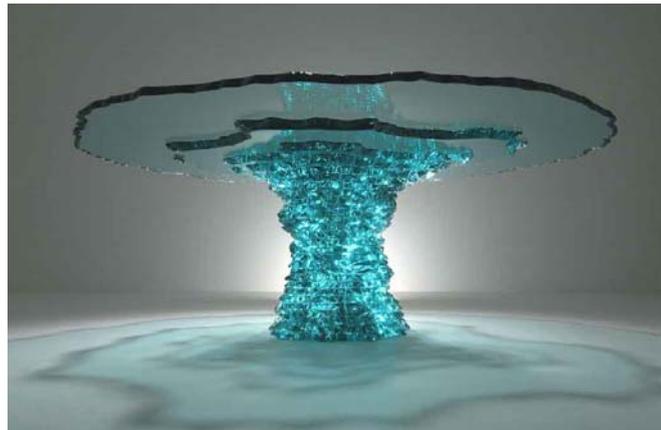


Figura 5.21. Danny Lane. Mesa Greenstone, 2005 (73 cm alto, 180 cm diámetro).

Utiliza las cualidades de refracción y reflexión del vidrio para crear expectativas e implicar al observador en un diálogo físico y metafísico. Sus obras de mayor tamaño redefinen el espacio arquitectónico (fig. 5.22). Sus obras se pueden contemplar en diversos museos y en colecciones privadas y corporativas.



Figura 5.22. Danny Lane. Passagem de luz, 2009 (3,0 x 7,5 m).

5.3. LA ESCULTURA CONTEMPORÁNEA EN VIDRIO EN LA REPÚBLICA CHECA

La raíz del vidrio artístico y de la escultura en vidrio contemporánea en la zona de Bohemia está relacionada con las escuelas de vidrio que se crearon a partir de 1918 con la independencia de Checoslovaquia. Dichas escuelas se fundaron en los centros de trabajo en vidrio en Zelezný Brod, Kamenický Senov y Karlovy Vary, esta última donde la empresa Moser abrió su centro de formación. La fundación de la Escuela de Artes Aplicadas (que incluía la Academia de Artes, Diseño y Arquitectura) en Praga, con su Departamento de Vidrio, fue también un gran acontecimiento. Por entonces el trabajo en vidrio creció como una forma artística separada de todo el conjunto de las Artes y Oficios, convirtiéndose en una disciplina aparte. El profesor Josef Kaplický asumió la jefatura del Departamento de Vidrio y este arte se convirtió en un referente importante e indispensable en la representación de la cultura checa en las exposiciones internacionales.

Durante los años '50 el arte en vidrio se apartó de sus primeras funciones decorativas y se afincó en las Bellas Artes reflejando la tendencia *tech art* (arte de la tecnología) que nació en aquella época. Representaba una fusión del arte, la técnica y la tecnología, por ejemplo, integrando esculturas metálicas, gráficos por ordenador, arte en vídeo, en papel, etc.; trabajos monumentales en arquitectura, como vidrieras y muros coloreados. Incluso la escultura en vidrio adoptó grandes dimensiones, progresó de lo figurativo a lo abstracto y más tarde a estructuras espaciales y medioambientales (4).

Hacia 1958 las concepciones de “vidrio de forma libre” iban madurando en Chequia. El matrimonio Jaroslava Brychtová y Stanislav Libenský comenzó a hacer esculturas interesantes en términos de luz y forma (fig. 5.23). Así se mantuvieron las cosas hasta que en 1962 Harvey K. Littleton en EE.UU. inició el denominado *Studio Glass Movement*, reivindicando, como ya se ha expuesto, la participación directa del autor en la formación de la obra desde la materia caliente en el horno. Sin embargo, los artistas checos cooperaban con los mejores maestros vidrieros y ampliaron su conocimiento del vidrio en las escuelas especializadas de su país. La Escuela de Artes Aplicadas de Praga se convirtió en una incubadora de la concepción del vidrio como un medio para la creación libre, esencialmente durante la guerra. Se creó una atmósfera muy creativa en el estudio de vidrio y de pintura monumental cuando a los jóvenes curiosos y creadores se les dejó trabajar con el vidrio, una vez que los nazis cerraron la Academia de Bellas Artes. Algunos artistas ya no abandonaron el vidrio, como René Roubíček. Muchos completaron sus estudios después de la guerra bajo la guía del magnífico profesor y escultor Josef Kaplický, cuya

aportación se caracterizó por una visión amplia, gran sensibilidad y capacidad para poner el vidrio en un ámbito artístico más amplio.



Figura 5.23. Stanislav Libenský y Jaroslava Brychtová. *Free form with face head I*, 1959 (35,5 x 35,0 x 16,5 cm).

Entre los artistas checos que definitivamente se separaron en los años '50 del simple diseño en vidrio para volcarse en la escultura en vidrio, hay que volver a mencionar a la pareja de artistas Stanislav Libenský y Jaroslava Brychtová, que ganaron gran reputación internacional con sus obras (fig. 5.24), algunas de ellas monumentales, de vidrio fundido y moldeado.



Figura 5.24. Stanislav Libenský y Jaroslava Brychtová. *The prims in the sphere space*, 1978 (30,3 cm diámetro).

Los métodos tradicionales de conformado en caliente se utilizaron en nuevos caminos creativos, por ejemplo, en las grandes obras ejecutadas por el innovador artista René Roubíček, en las obras de Miluse Roubíckova, cuyas obras representan objetos ordinarios influenciados por el *pop-art*, y en las de Miroslav Klínger, autor de esculturas figurativas de moda. Pavel Hlava supo mirar más allá de la funcionalidad de los jarrones como recipientes para flores y encontró alternativas expresivas, como las que se pueden observar en sus piezas diseñadas en 1959 con forma de jarrón con espinas hacia su interior. Posteriormente aplicó este mismo concepto a sus esculturas en vidrio (fig. 5.25).



Figura 5.25. Pavel Hlava. *Space*, 1980 (40 cm diámetro).

Václav Cigler, que fue la cabeza del *Studio Glass Movement* en la Academia de Bellas Artes de Bratislava (actual Eslovaquia), estudió profundamente la relación entre luz y espacio en sus objetos realizados con vidrio óptico. Vladimír Kopecký empleó para sus esculturas de vidrio técnicas expresivas y materiales inusuales; transformó un recipiente de vidrio en un objeto transportado al reino de los pintores como composición abstracta, y desde los primeros años '90 fue profesor del *Studio Glass Movement* de la Academia de Artes Aplicadas de Praga. Las esculturas de Frantisek Vízner expresan un contenido espiritual meditativo (fig. 5.26); las de Bohumil Eliáš, de vidrio pintado, resultan notables por su aspecto brillante (fig. 5.27), así como las esculturas *lavish* (lujoso, espléndido) de Jaromír Rybák. Marian Kard empleaba vidrio plano

para sus realizaciones arquitectónicas monumentales. Las obras de Gizela Sabóková representaban la faceta cruda del vidrio fundido moldeado.



Figura 5.26. Frantisek Vízner. *Mísa*, 1972 (c 29 cm diámetro).



Figura 5.27. Bohumil Eliás. *Grip*, 2000 (95 cm alto).

Después del colapso del comunismo en 1989, muchas fábricas de vidrio cooperaron con artistas excelentes. En Karlovy Vary la fábrica Moser produce

objetos de vidrio basados en los diseños de artistas como Jirí Suhájek, que se centra en la producción de esculturas figurativas moldeadas en caliente y escalables. También hay muchas fábricas dedicadas a la aplicación de diseños artísticos a objetos utilitarios (41).

Artistas checos

ANNA MATOUSKOVÁ

Es licenciada de los departamentos de los profesores Libenský y Kopecký y representa la producción artística de los '90. Rechazó conscientemente los puntos de partida del postmodernismo, prefiriendo la exactitud y obligación de las selectas reglas de la proporción. Su obra oscila entre los dos polos de la pintura y el arte en vidrio. Realiza piezas colgantes cuyo tema evoluciona hacia la superficie de una lámina de contrachapado con aberturas parciales, permitiendo la vista de un fondo plano compuesto de vidrio trabajado con chorro de arena. Un plano similar se presenta también delante de la pintura y aquí de nuevo el chorro de arena crea la estructura geométrica como apoyo a la pintura. También hace trabajos espaciales como esculturas en vidrio y piezas que se realizan en vidrio colado en moldes de yeso. Un elemento importante de estas esculturas es su variedad de colores. Sus formas se relacionan con la arquitectura, constituyendo el origen de su expresión monumental (fig. 5.28).



Figura 5.28. Anna Matoušková. A, 2001 (43 x 56 x 19 cm).

Todas sus esculturas son monocromáticas; la apariencia de cambios en las tonalidades se consigue con las dimensiones de las paredes, la posición de los cantos, la intersección de los planos, los cortes y las superficies deliberadamente rugosas. En algunas obras la amplitud asociativa se complementa con un recuerdo de la morfología de los arquetipos, por ejemplo, de un antiguo anfiteatro, una pirámide, una puerta, etc., de modo que se remite al espectador a las raíces de la Humanidad.

MILOSLAVA NIEVALDOVÁ

A mitad de los '80 en Chequia se cambió de un concepto tradicional de expresión pictórica a un estilo postmodernista, como fue el caso del movimiento del grupo de Los Obstinados de la Academia de Bellas Artes de Praga. En Miloslava Nievaldová ésta fue una auténtica metamorfosis ideológica interna e individual, independiente de la tendencia mencionada. Esto se puede documentar en muchas características de sus pinturas. Esta artista da un giro a una profunda corriente de concienciación alcanzando con el espíritu postmodernista todos los caminos hacia los mitos, y no emplea la gran naturaleza expresiva de la "pintura salvaje". Por el contrario, se fabricó su propia escala de colores contenidos y sus valores tonales, construyendo composiciones ilustradas alrededor de la síntesis de líneas dibujadas y superficiales de color. Sus pinturas llevan una sensación de ensueño, a veces de melancolía, además de una percepción del mundo divertida y poética.



Figura 5.29. Miloslava Nievaldová. *Spring*, 2000 (52 x 42 x 18 cm).

Su arte en vidrio empezó en los '90, pintando la superficie de los objetos de vidrio hueco. La decoración era inicialmente lineal y luego pasó a ser de morfología más plana, debido a su dominio de las composiciones pictóricas. Evolucionó de los prácticos jarrones a los objetos de formas libres como la escultura en vidrio fundido. Sus obras tienen un amplio espectro de morfología, que se mueve de lo geométrico al postmodernismo figurativo. Sus esculturas tienen la capacidad de irradiar una luz interna específica. Crea bellos artefactos que evocan agradables sentimientos, buen humor y felicidad (fig. 5.29).

RENÉ ROUBÍČEK Y MILUSE ROUBÍČKOVÁ

Como ya se ha explicado anteriormente, el área de Chequia ha contribuido sustancialmente al desarrollo del vidrio en dos ocasiones: en el Barroco cuando introdujeron un nuevo tipo de vidrio (cristal) magníficamente decorado con talla y grabado, y a mediados del siglo XX cuando los artistas vidrieros checos encontraron el camino para introducir el vidrio en la esfera de las Bellas Artes y transformarlo en un medio inusualmente expresivo. Los Roubíček fueron pioneros de este movimiento y, antes del establecimiento del *Studio Glass Movement* en los países occidentales, aproximadamente en 1962, Miluse y René ya habían hecho una contribución a la historia moderna del vidrio, a la emergencia del vidrio como un medio escultórico, al vidrio como un arte decorativo independiente de los estilos procedentes del mundo industrial con un lenguaje propio para la expresión del artista y su creación. Sus primeros trabajos fueron diseños para objetos de uso doméstico producidos industrialmente. René y Miluse trabajaron en su estudio, aunque en diferentes periodos. Ambos tienen diferente naturaleza artística y perfiles individuales, y a veces su trabajo ha sido conjunto o bien se ha cruzado, por lo que es mejor analizar sus trabajos por separado.

Entre 1945 y 1952 René fue profesor de la escuela de vidrio de Kamenický Senov. Produjo series de jarrones tallados y grabados, abstracciones barrocas y piezas figurativas. Algunas las dejó rugosas o trabajadas a la rueda y otras pulidas. Su trabajo es muy activo en su aproximación a la vida y posee recursos creativos muy intensos. Estudia cada tema nuevo desde muchos posibles ángulos y el eje de su arte es un diálogo constante con el vidrio en sus distintas formas. Más de una vez se ha guiado por el vidrio, su esencia y características, ya que el vidrio expresa fielmente sus intenciones artísticas. Antes de trabajar con el vidrio en caliente trabajó moldeando vidrio en frío con técnicas como la talla, con la que demostró su inusual sentido escultórico. Su jarrón masivo de 1946, que está absolutamente tallado y representa a A. Dvůrák, es un trabajo escultórico en el verdadero sentido de la palabra. Primero se aproximó a las técnicas del horno como diseñador y se familiarizó con las técnicas manuales muy creativas, antiguas y casi olvidadas. De valor semejante son los cuencos de vidrio tallado de Miluse del año 1957. Eran piezas

funcionales, pero también hechas para ser observadas vacías como cualquier escultura.

En 1958 René y Miluse cruzaron la línea que separa las artes decorativas y las Bellas Artes creando controversias entre los críticos, teóricos e historiadores. En la Expo '58 de Bruselas los dos presentaron una obra de grandes dimensiones (“Vidrio, Materia, Forma, Expresión”) (fig. 5.30) que mostraba las oportunidades y posibilidades del vidrio en las instalaciones (véase 1.5.3). Fue una obra innovadora que tardaría dos décadas en realizarse en otros países, trabajada con gran inspiración utilizando elementos coloreados y conformados en caliente que crean un conjunto espacial poderoso. Era una composición abstracta llena de color y extendida en el espacio, dividida por las líneas de la construcción soporte de acero. Posteriormente René hizo otras obras más maduras sobre estos conceptos en las que un disco de vidrio soplado, una forma de botella o de recipiente se convierten en elementos de color.



Figura 5.30. René Roubíček y Miluse Roubícková. Instalación presentada en la Expo '58 de Bruselas (c 2 m alto).

Al mismo tiempo empezó a experimentar con formas sopladas elementales y creó esculturas no convencionales de aspecto fresco. No imitó la realidad sino que su inspiración trabajaba con el vidrio. Otras veces deformaba una botella común dándole una cualidad escultórica, o bien animando su silueta con formas de colores que parecían emerger de dentro de la botella hacia su superficie.

En 1959-1960 René produjo una serie de objetos llamados “Esculturas decorativas” que representan un pulpo ambidiestro explorador del espacio y saltando en su propio territorio (fig. 5.31).

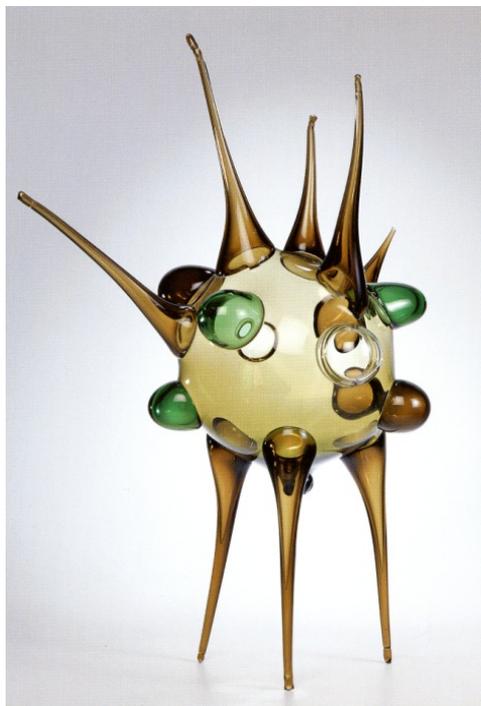


Figura 5.31. René Roubíček. *Object*, 1960 (52,2 x 37,5 x 26,0 cm).

Estas esculturas suponen un reto a las nociones convencionales de ornamento, escultura y escala. La cuestión es si es necesario que una obra sea de grandes dimensiones para considerarse una escultura. Si así fuera se trata sólo de un requerimiento de nuestra época, porque en el pasado había esculturas de pequeñas dimensiones cuyo derecho a ser reconocidas como tales nunca se ha cuestionado desde el punto de vista de su supuesto inadecuado tamaño. En realidad la raíz del argumento reside en la diferencia entre el gran tamaño y la habilidad de ser sucinto.

Roubícek trabajó varios años con el excelente maestro de Nový Bor, Josef Rozinek, con el que realizó complicadas esculturas, inspiradas por la similitud entre el vidrio caliente y el agua corriente. Al principio hicieron pequeñas esculturas en las que el creador y el vidriero trabajaron juntos. René indicaba su concepción del resultado final con un esquema general y, gracias a la armonía de la cooperación entre ambos, resultaban esculturas sorprendentes. Con estas experiencias realizaron las formas de columnas monumentales que evocan una corriente de agua. A partir de ahí René creó la “Fuente exterior” para la Expo '67 de Montreal. Sus columnas despertaron el interés de los arquitectos y se instalaron en sitios públicos e interiores como divisores de espacios. Simultáneamente se interesó por las lámparas monumentales o esculturas de lámparas. Para ello trabajó con el vidrio en caliente, creando lámparas con colgantes en forma de gotas.

A finales de los '60 Roubícek comenzó a trabajar con un elemento nuevo, un palo (polo, poste) de vidrio curvado. Realizó una composición emocionalmente poderosa: “Nube-Agua, la fuente de vida” para la Expo '70 de Osaka (fig. 5.32).



Figura 5.32. René Roubícek. Instalación presentada en la Expo '70 de Osaka (c 2,5 m).

En los años siguientes realizó esculturas de aspecto cosmológico. Los palos se convirtieron en elementos composicionales de las grandes lámparas y de las esculturas de iluminación, por ejemplo, la del teatro de la ciudad checa de Most o la de la embajada soviética en Praga (fig. 5.33).



Figura 5.33. René Roubícek. Lámpara del hall de entrada de la Embajada Soviética en Praga, 1972 (c 1,70 m).

La composición “Multitud-Varia gente” (1977-1978) era un resumen filosófico de varios años de creación. Su serie siguiente “Libros” está concebida de modo semejante. La serie de instrumentos musicales es exagerada en términos de color y forma (fig. 5.34). En los primeros años ‘80 René produjo una serie de formas simples, austeras formas abstractas llamadas “Cabezas”, con expresiones de melancolía y tristeza a la vez que con el encanto y la belleza del vidrio. Mostraban toda la sutileza, poder y elocuencia que puede ofrecer el vidrio. A mitad de los años ‘80 René comenzó a trabajar con el joven maestro Petr Novotný, alumno de Rozínek. Hizo intencionadamente columnas clásicas parcialmente derruidas con la técnica de enrollar restos coloreados en la superficie de los tambores de la columna. El resultado fue un éxito. Posteriormente incluyó temas relativos a la danza que aún hoy en día cultiva con vidrio plano. Incorporó las grandes hojas de vidrio a sus obras de arte. La mayor parte de ellas las realizó en colaboración con arquitectos como partes de

edificios. Tuvo encargos para realizar soluciones en fachadas, techos iluminados, fijaciones luminosas, etc. También compuso objetos luminosos a partir de hojas de vidrio dispuestas libremente, cuyos bordes rompía en dientes irregulares. Así emergen estructuras que contrastan con el orden estricto de las composiciones de las hojas de vidrio.



Figura 5.34. René Roubíček. *Instruments for Mozart*, c 1990 (c 65 cm).

En 1990 participó en la exposición *New Glass in Europe* de Düsseldorf, con un grupo de columnas griegas, de hasta dos metros de alto (fig. 5.35). Estaban construidas a base de secciones de tubos de vidrios coloreados y blanco opaco con manchas, motas e hilos en las superficies, realizadas usando las técnicas más básicas y las ideas y la simplicidad de aproximación y control que sólo pueden venir de un maestro. Son muy decorativas, divertidas y atractivas como muestra del arte de nuestro tiempo. En los últimos años René ha trabajado con planos intersectados, tubos deslizados y elementos de varillas de vidrio soplado o extruido, cortados y ensamblados. En cualquier caso son obras que merecen la denominación de esculturas.

En cuanto a Miluse Roubícková, tiene un perfil artístico determinado por dos factores: un sentido excelente de los aspectos específicos del trabajo con vidrio y el uso de sus cualidades únicas en la realización de intenciones artísticas. En este sentido es similar a René y resulta excelente en el diseño. Prefiere temas de la esfera privada, frecuentemente de los recuerdos y de la

Naturaleza. Sus obras ya eran maduras en los años 1950-1960 y se utilizaron para la participación de Checoslovaquia en varios eventos. Ha obtenido premios internacionales, por ejemplo con un juego de licor, y también con cuencos de vidrio cristal con una composición asimétrica de grandes lentes. Ha desarrollado y transcrito motivos naturales en la técnica de la talla (cuencos con composiciones de mazorcas de maíz) usando los efectos ópticos de las lentes talladas. También ha trabajado experimentando con técnicas baratas, para dar vida a la superficie de los recipientes con rejillas en relieve fácilmente transformables, y con vidrio fundido de colores vivos y su combinación, en objetos de proporción refinada y construcción formal en formas de frutas. Desde este trabajo a la escultura sólo hay un paso. Para la Expo '67 de Canadá creó una gran instalación de varias flores de vidrio en jarrones, bandejas elevadas con fruta o pasteles, etc. En esas obras evoca la magia de estos objetos tal como se perciben en la niñez o en los recuerdos.



Figura 5.35. René Roubíček. Columns, 1989 (200 x 30 cm).

En los años '70 creó flores y brotes austeros en largos tallos dispuestos en jarrones que han llegado a ser muy populares (fig. 5.36). Por entonces le atrajo la cabeza humana, concretamente la psique femenina. Expresa la reserva atractiva, la provocación coqueta, el papel del estilo de peinado, sombrero o cinta. También presta atención a objetos muy comunes, como las coles o los repollos (fig. 5.37), que fueron sus primeros objetos en este periodo, con gran

atractivo de color y estructura. Otros temas son las jarras, cajas, bolsos, etc. (fig. 5.38).



Figura 5.36. Miluse Roubícková. *Kytice*, c 1970 (c 30 cm). Museum Kampa, The Jan and Meda Mládek foundation, Praga, República Checa.



Figura 5.37. Miluse Roubícková. *Heads of cabbages* (c 18 cm). Museum Kampa, The Jan and Meda Mládek foundation, Praga, República Checa.

En 1983 y años posteriores creó bolsos conformados en redes de alambre, una pared con fragmentos de vidrio con aristas vivas en su parte superior para alejar visitantes no deseados, jardines coloridos, grandes *bouquets*, etc. Últimamente ha trabajado con formas de nudos de colores. En

general su trabajo es un tributo a la vida diaria, a su belleza, banalidad y también a su ingenuidad (73).



Figura 5.38. Miluse Roubícková. *Tasky* (c 30 cm). Museum Kampa, The Jan and Meda Mládek foundation, Praga, República Checa.

DANA VACHTOVÁ

Fue estudiante del profesor Kaplický y sus primeros pasos se concentraron en diseños de fuentes de fruta y juegos de vasos, pero al final de los '60 evolucionó hacia una expresión escultórica de formas libres. Además de vidrio comenzó a usar madera y metal, y trató la construcción del espacio escultórico disolviendo, dividiendo y repitiendo la complementación adicional de los componentes parciales de las formas (fig. 5.39).

Desarrolló sus propias técnicas, como la de colar vidrio por el método de la cera perdida y termina sus colados cortando y con chorro de arena. A mediados de los '80 bajo la influencia de su visita a EE.UU. comenzó a agrandar sus composiciones predeterminando su disposición en el espacio. Su potencia de expresión se realiza con la dicotomía de las formas de sus composiciones: por un lado la desnudez geométrica de las arquitecturas de metal y, por otro, lo amorfo de las formaciones de vidrio que las envuelven. La actual producción de esta artista representa un desarrollo y modificación de la expresión y los mensajes internos y externos de sus trabajos previos. Su aparente alejamiento de esa desnudez de estructuras nos conduce hacia metáforas de morfología orgánica y a temas más comunes.



Figura 5.39. Dana Vachtová. *The overflow*, 1977 (40 cm alto).

EVA VLCKOVÁ

Construye sus obras reblandeciendo y cortando el vidrio. Sus esculturas tienen forma geométrica (círculos, cuadrados) que conduce a expresiones simbólicas y constituyen obras de gran pureza y sensibilidad. El concepto constructivista de su obra produce una geometría de lógica natural y alcanza el "orden general". Sus esculturas tienen una luz interna y una aspiración al orden natural (fig. 5.40).



Figura 5.40. Eva Vlcková. *Cosmic egg*, 1977 (42 x 24 x 24 cm).

DANA ZÁMECŇÍKOVÁ

Es arquitecto y diseñadora por la Academia de Artes, Arquitectura y Diseño. Su obra asume un lugar único y autónomo en las Bellas Artes checas. Al principio de su carrera realizaba una pintura única y medio transparente sobre láminas de vidrio ilustradas con historias desarrolladas en el tiempo y el espacio, colocando las láminas de vidrio unas tras otras para formar bloques y, más recientemente, dispuestas de forma libre y sin unir por masa de vidrio alguna. Las características de sus trabajos son su expresión con pinturas brillantes, su sentido colorista y especialmente el marco temático de las historias ilustradas. Para alcanzar una expresión ordinaria o a menudo para aumentar la expresividad, complementa las escenas con retratos de personas o fragmentos de animales, a fin de intensificar una expresión de significados compuesta en encadenamiento ascendente. También aplica otros métodos compositivos formales bien conocidos, como la inversión, la posición al revés de la figura o la destrucción de su representación (fig. 5.41).



Figura 5.41. Dana Zámečníková. *Teatrum mundi I*, 1989 (175 x 250 x 250 cm).

JIRINA ZERTOVÁ

Es licenciada del departamento del profesor Kaplický. En sus primeros trabajos se aprecian tendencias del período de deshielo artístico y social como últimos ecos del estalinismo (años '50 y '60), con tendencias informales y abstractas, en formas huecas tratadas con pinturas de moda rayadas con líneas

de colores (puros rojos, amarillo, azul o negro). Procuraba captar tanto la expresividad y el dinamismo de la época, como una cierta indeterminación e imprecisión del clima social. A través del abandono gradual de las formas “suaves”, llega a la construcción de bloques geométricos casi arquitectónicos: láminas de vidrio dispuestas horizontalmente y entretejidas con perfiles distantes (fig. 5.42).



Figura 5.42. Jirina Zertová. *Trees II*, 2008 (70 x 70 x 26 cm).

La precisión en la composición, el corte del vidrio, la incrustación ocasional de superficies reflectantes como espejos, todo eso representa la línea purista de sus trabajos, contraria a los actuales tratamientos coloristas de las superficies. Su apertura hacia el espacio también se postula por la mutualidad de la transparencia del vidrio y los modelos de rayado, los espejos de las superficies y los títulos de los trabajos.

5.4. LA ESCULTURA CONTEMPORÁNEA EN VIDRIO EN FINLANDIA

Durante las primeras décadas del siglo XIX los gremios y cuerpos de artesanos finlandeses se convirtieron en elementos de las cadenas de producción industrial. No obstante, muchas viejas tradiciones perduraron, ya que las artesanías se enseñaban por parte de los maestros más viejos mediante la

práctica y los trucos que pasaban de padres a hijos, dentro de la misma familia. Pero en las siguientes décadas esta dinámica se fue desintegrando como consecuencia del incremento del consumo, que hizo necesario reclutar vidrieros ajenos a las familias tradicionales de artesanos. Por entonces los objetos de vidrio se empezaron a fabricar automáticamente a máquina. De este modo los artesanos tuvieron que enfrentarse con nuevos retos, puesto que su producción resultaba lenta y cara; y aunque se mantenía su estatus, era necesario aportar una nueva creatividad, nuevas actitudes y un nuevo papel en el entorno diario profesional. Las industrias del vidrio comenzaron a invitar a los diseñadores a crear objetos de vidrio “moderno”. Los primeros artistas y diseñadores finlandeses de vidrio fueron pintores, escultores y arquitectos que pidieron resultados magistrales a los maestros vidrieros y no quedaron defraudados. De este modo el vidrio encontró su propio dominio artístico en la sociedad tecnológica contemporánea de Finlandia.

Con su independencia en 1917 se afianzó en Finlandia el sentimiento nacional y se buscaron nuevas formas de expresión artística. Se combinaron acertadamente el funcionalismo, nacido dentro de las tendencias modernistas europeas de los años 30, con un estilo de diseño original inspirado en la naturaleza y el paisaje finlandeses. Las creaciones de vidrio finlandés irrumpieron con su fuerza innovadora en el panorama artístico internacional, conquistando importantes premios en las exposiciones mundiales en que fueron presentadas.

Después de la II Guerra Mundial se produjo un nuevo impulso caracterizado por la estilización y depuración de su diseño. El vidrio finlandés se caracteriza por una estrecha relación entre los artistas creadores y los técnicos de fabricación, que ha hecho posible que en menos de tres cuartos de siglo Finlandia haya creado una tradición vidriera propia que ha influido profundamente en las tendencias del vidrio actual. Así fue como al terminar la Segunda Guerra Mundial un pequeño grupo de vidrieros finlandeses, originalmente entrenados en lo que se llamó el arte industrial, echaron raíces en las vidrierías. Al principio no tenían un lugar preestablecido en el entorno de trabajo, que estaba definido por el ritmo de la producción de los objetos de vidrio, pero constituían todavía el centro del proceso, porque a través de ellos se podía “hablar con el vidrio”. A continuación del maestro, el artista tenía su lugar. El maestro representaba la suma de habilidades y tenía autoridad y dignificaba esas habilidades. Los maestros eran pacientes y diplomáticos con los artistas, siempre intentaban realizar los trabajos, por difíciles que parecieran los diseños. Aunque sólo se realizara un intento del diseño, el artista podía aprender las limitaciones del mismo y el lenguaje del vidrio entre lo posible y lo imposible.

El profesor más notable y artista del vidrio, Arttu Brummer, tuvo una gran influencia en los logros de los diseñadores modernistas de la postguerra. Los

más famosos diseñadores finlandeses, como Tapio Wirkkala, Timo Sarpaneva, Kaj Franck, Nanny Still y Helena Tynell, han sido discípulos suyos. Ya en los años '50 y '60, las fábricas y los diseñadores mantuvieron una estrecha colaboración, y la industria vidriera finlandesa siguió la costumbre escandinava de comercializar sus productos con la firma del artista. Así se consiguió una gran demanda en los mercados nacionales e internacionales.

El *Studio Glass Movement* americano llegó a Finlandia y a los artistas del vidrio finlandeses, que cada vez realizaron más sus abstracciones e ideas originales en los pequeños talleres que ellos habían fundado. Los pioneros del *Studio Glass Movement* en los años '70 en Finlandia fueron Heikki Kallio (fig. 5.43) y Mikko Merikallio (fig. 5.44). Hasta entonces la industria vidriera había podido ofrecer bastante trabajo y posibilidades de creación para los artistas, por lo que no hubiese sido necesario fundar estudios de vidrio propios. A partir de los '70 la Universidad de Arte y Diseño de Helsinki inició la enseñanza en el campo del vidrio. Con la formación de profesionales se quería asegurar un alto nivel de diseño en el vidrio finlandés y hacer posible el desarrollo del arte en vidrio. Durante la década de los '80 la Universidad de Arte y Diseño de Helsinki tomó medidas para desarrollar académicamente la enseñanza del vidrio y, como consecuencia, la especialización en vidrio obtuvo un estatus académico oficial y se fundó un taller propio para la universidad. Se formaron nuevos artistas del vidrio y muchos siguieron sus estudios en el extranjero.



Figura 5.43. Heikki Kallio. *Por la mañana*, 1987 (29 cm alto).

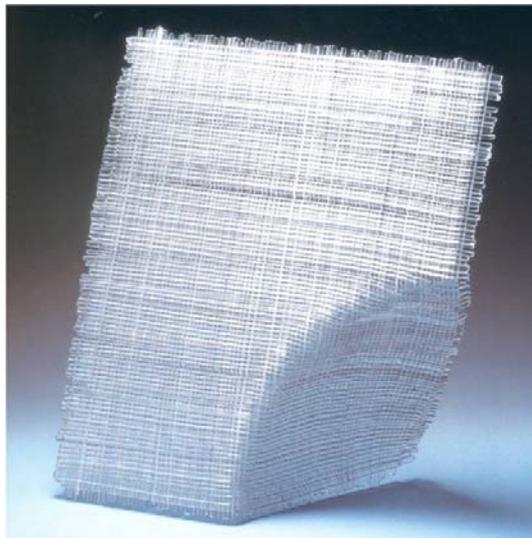


Figura 5.44. Mikko Merikallio. Sin nombre, 1992 (63 cm alto).

Gracias al sistema de enseñanzas en escuelas politécnicas al estilo centroeuropeo se fundaron centros de formación para la enseñanza del vidrio. Actualmente en Finlandia coexisten las dos titulaciones: la universitaria superior y la de vidrieros graduados de escuelas politécnicas, con títulos equivalentes a la formación profesional superior. En estos años las obras de Oiva Toikka (fig. 5.45) y Timo Sarpaneva tomaron formas escultóricas. Markku Salo creó combinaciones sofisticadas de vidrio y metal. El *Studio Glass Movement* ganó terreno, y Vesa Varrela y Brita Flander realizaron obras en las que el vidrio se combina con otros materiales por medio de una técnica mixta.

El periodo de mejora sustancial de los estudios superiores de vidrio coincidió con un cambio en la industria vidriera del país. A finales de los '80 y principios de los '90 la concentración de la industria vidriera hizo posible continuar la producción, y más de 40 artistas aseguraron la diversidad del diseño del vidrio finlandés. El número de fábricas de vidrio disminuyó sensiblemente y las tres principales fábricas (Iittala, Nuutajärvi y Humppila) fueron adquiridas por el grupo Hackman, sin perjuicio de la existencia de otros pequeños fabricantes. Los volúmenes de producción también disminuyeron y no recuperaron los niveles de los últimos años '80. La industria vidriera finlandesa se orientó a una menor escala y adoptó tendencias artísticas individuales. El diseño de vajillas y cristalerías pasó a un segundo plano y se prestó más atención al diseño del vidrio artístico y de decoración. Por ejemplo, la fábrica de Nuutajärvi amplió y diversificó su colección *ProArte* de vidrio artístico, que contenía series limitadas de objetos de arte y otras series para coleccionistas. Los artistas emplearon

varias técnicas como la filigrana, lustramiento, inyección de aire y grabado con arena; y las fábricas estimularon la producción de objetos únicos y la participación en exposiciones.



Figura 5.45. Oiva Toikka. *Lake palace*, 1970 (74 cm).

En los años '90 se produjeron novedades en las enseñanzas del vidrio y de su procesamiento. Hubo novedades en los diseños, por ejemplo, de Päivi Kekäläinen con obras realizadas con la técnica *pâte de verre*. Otros artistas destacados fueron: Riikka Latva-Somppi, Anna Schroderus, Annaleena Hakatie y Auli Rantiainen. En 1993 se ampliaron las posibilidades de formación en el campo del vidrio y fue posible iniciar estudios superiores de artesanía del vidrio en la Escuela Politécnica Wetterhoff de Häme.

La situación expuesta explica que a finales de los '90 los artistas finlandeses se multiplicaran, gracias a las nuevas oportunidades de estudios de diseño y de creación en vidrio que surgieron. En realidad no fue un movimiento de pura raza del *Studio Glass Movement*, aunque en él se produjo una combinación de individualidad y artesanía que son típicas de dicho movimiento. En las obras de este periodo existe una influencia veneciana, ya que los maestros venecianos de Nuutajärvi enseñaron las difíciles técnicas de Murano a

los jóvenes maestros finlandeses que mostraron un gran interés. Un ejemplo es el de las colaboraciones de Tyra Lundgren, Timo Sarpaneva (fig. 5.46) y Tapio Wirkkala con los maestros venecianos.

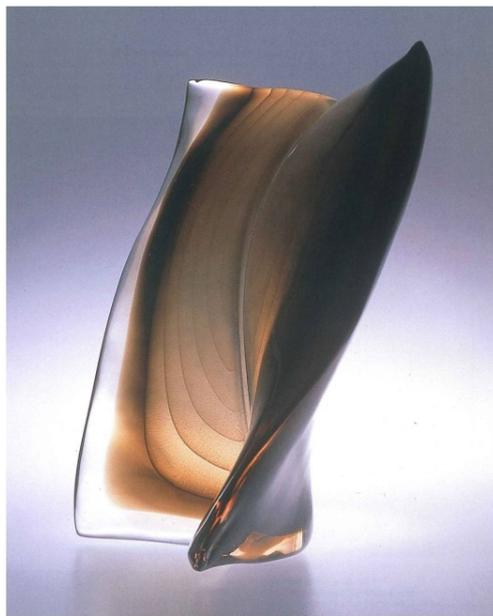


Figura 5.46. Timo Sarpaneva. *Liber mundi*, 1999 (48 cm alto). Obra realizada en Venecia.

En el año 2000 Finlandia contaba con 100 artistas o profesionales del vidrio. Muchos han fundado sus propios talleres y han centrado su actividad en la producción de series limitadas y de tendencia *Studio Glass Movement*. En el siglo XXI el diseño finlandés se ha diversificado y se han introducido nuevos colores y técnicas innovadoras. Gracias a los pequeños talleres se ha fortalecido la posición del *Studio Glass Movement*, y se producen obras por medio de técnicas de soplado, vaciado, moldeado con calor y *pâte de verre*. También se utilizan técnicas de decoración de procedencia italiana como la filigrana, *incalmo* y *millefiori*. Otras técnicas muy frecuentes son el grabado con arena, el lustramiento y el *graal*, además de las combinaciones del vidrio con otros materiales como el metal, la piedra y la madera (25).

En Finlandia el vidrio se diseña y se fabrica desde tres puntos de referencia: diseño de objetos, *Studio Glass Movement* y arte en vidrio. Uno de los objetivos del diseño es promover las ventas y hacer una distinción respecto a la competencia. Por eso el diseño es una estrategia de las grandes empresas. El *Studio Glass Movement* es una forma de vida, que enlaza la artesanía y el

artesano como modo de vida, realizando todo el proceso con sus propios medios.

En cuanto al diseño en vidrio, desde el año 2000 en Finlandia no se produce en masa vidrio de bajo coste, debido a la estructura de la industria y el nivel de los salarios. Sin embargo, este problema se ha convertido en una virtud, ya que se producen objetos de diseño de alta calidad. Los grandes productores buscan diseñadores tanto de Finlandia como de otros países. Los métodos de trabajo son globales para estar con cada uno, en todas partes, todo el tiempo; de modo que no hay fronteras para el trabajo creativo. El resultado es que hay diseños semejantes en diferentes países.

Las obras del *Studio Glass Movement* se elaboran en equipos pequeños y todo el proceso, desde la fusión hasta la venta, está en las manos del artista o artesano. En Finlandia se crearon muchos talleres y se crearán más, debido al creciente interés por las artes aplicadas y el diseño. Junto a los *Studio Glass* proliferan los talleres internacionales de vidrio que aúnan las necesidades de los estudios de vidrio profesionales y los de los estudiantes de este campo. El tercer grupo en los talleres es el de los sopladores de experiencia que trabajan en las fábricas. La fábrica de vidrio de Nuutajärvi ha combinado un *Studio Glass* con una gran planta de manufactura, en la que los diseñadores y los sopladores han creado un entorno de trabajo adecuado para desarrollar sus oportunidades artísticas. Estas instalaciones las usan artistas finlandeses y también extranjeros, por ejemplo, el famoso estadounidense Dale Chihuly (véase 5.2).

Desde finales de 1998 se puede ver en las exposiciones un gran número de obras u objetos de vidrio, y cabe preguntarse si son productos de vidrio o bien obras de arte y esculturas de vidrio. Hay objetos tipo recipiente, pero también hay obras de vidrio monumentales, esculturas e instalaciones. Esto significa que el vidrio finlandés aún está buscando un lugar como material de expresión artística, a la vez que reúne en torno a él a artistas que trabajan en diversos materiales. La tendencia actual apunta al vidrio como un medio de expresión del artista del futuro.

Artistas finlandeses

TAPIO WIRKKALA

Diseñador y escultor, Wirkkala fue un pionero del arte industrial en su país. Estudió escultura ornamental en la Escuela Central de Artes y Artesanía. Durante muchos años Wirkkala fue el director artístico de la Universidad de Artes y Diseño de Helsinki, y recibió numerosos premios en la década de 1950. Entre sus más destacados diseños hay que mencionar los famosos jarrones *Kantarelli* (fig. 5.47) que se fabricaron en la cristalería Iittala de Finlandia.



Figura 5.47. Tapio Wirkkala. Serie Kantarelli, 1946 (26,5 cm alto, 7,5 cm diámetro). Iittala, Finlandia.

Su posición en Iittala como diseñador desde 1946 la ganó como primer puesto en una competición de la propia fábrica de modelos de vidrio grabado. A pesar de que sus diseños se destinaron mayoritariamente a objetos funcionales y de uso, sus tipologías, texturas y ornamentos son de carácter escultórico, lo que no es de extrañar teniendo en cuenta sus orígenes artísticos y, más concretamente, en el campo de la escultura (fig. 5.48).



Figura 5.48. Tapio Wirkkala. Cuenco Stellaria, c 1967 (17,8 x 27,9 cm).

TIMO SARPANEVA

Timo Sarpaneva es uno de los diseñadores industriales y escultores más representativos de Finlandia con reconocimiento internacional. Es un gran experto en diversos materiales como vidrio, acero inoxidable, textiles y obra gráfica. Su obra es atemporal y, aunque en gran parte dedicada a objetos de uso, muestra un estilo decidido, impresionante y único. Un ejemplo es su famosa serie Orquídea (fig. 5.49). En la década de 1960 introdujo un proceso innovador para manipular la superficie del vidrio soplado en un molde tallado a mano realizado en madera carbonizada, de modo que la textura de la madera quedara impresa en el vidrio (fig. 5.50).



Figura 5.49. Timo Sarpaneva. Serie Orquídea, 1954 (c 27 cm alto).



Figura 5.50. Timo Sarpaneva. Finland, 1964 (31,8 x 20,3 x 48,3 cm).

Otras obras, por el contrario, poseen superficies sumamente lisas y brillantes como la que se muestra en la figura 5.51, que simulan el placer táctil de la seda.

Sarpaneva ha recibido numerosos premios y reconocimientos de la Asociación Finlandesa de Diseño, la Academia de Diseño de la Universidad de México, la Universidad de Arte y Diseño de Helsinki, el Royal College of Arts de Londres, etc.



Figura 5.51. Timo Sarpaneva. *Black bird*, 1996 (15,5 x 21,5 cm).

MARKKU SALO

Markku Salo estudió en la Universidad de Arte y Diseño de Helsinki, así como en otros centros de diseño industrial y artístico. Después de trabajar en diseños industriales y para artículos decorativos, fue profesor de la Universidad de Helsinki y en otras organizaciones privadas y públicas. Ha sido miembro de la Galería Cooperativa de Nuutajärvi y de la fábrica de vidrio Lasikomppania. Entre otras asociaciones, pertenece a la Tampere Artists Association y a la asociación Ornamo de diseñadores finlandeses. También ha colaborado con el grupo de las fábricas de vidrio de Iittala y en la empresa de diseño de joyas y artículos decorativos Aarikka Oy. A lo largo de su carrera artística ha recibido numerosos premios, y sus obras se exhiben en colecciones y museos tanto finlandeses como de EE.UU., Suecia, Noruega, Dinamarca, Gran Bretaña y España (en el Museo de Arte en Vidrio de Alcorcón y en el Museo Tecnológico del Vidrio de La Granja).

Muchas de sus obras escultóricas están ejecutadas con vidrio soplado combinando diferentes formas geométricas o irregulares (fig. 5.52), o bien con pasta de vidrio (fig. 5.53).

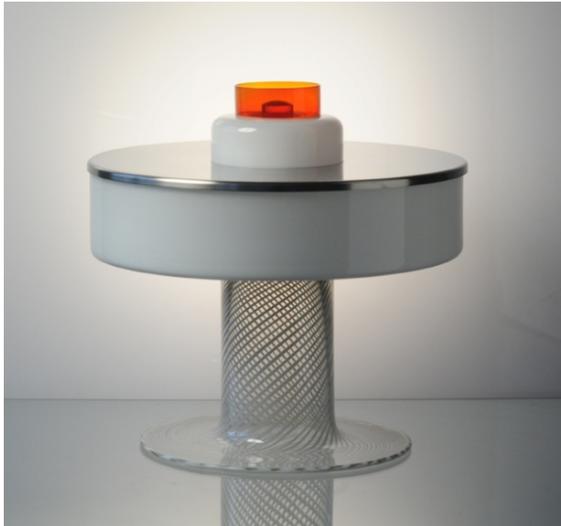


Figura 5.52. Markku Salo. Music box, 2011 (36 cm alto, 36 cm diámetro).

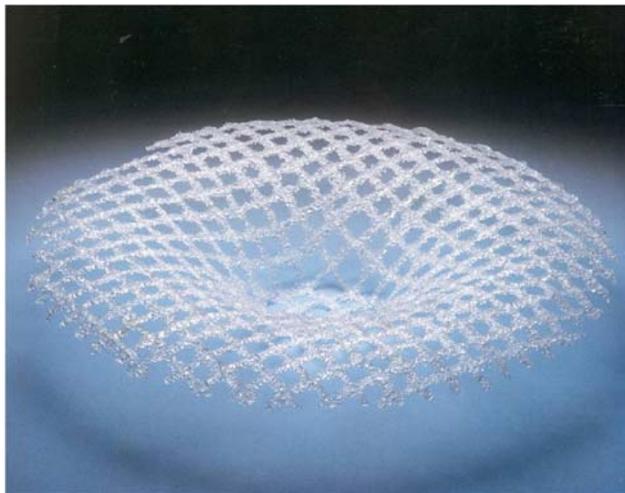


Figura 5.53. Markku Salo. Pizzicato, 1998 (51 cm).

En su producción también se encuentran instalaciones y obras exentas realizadas mediante el ensamblaje de piezas más pequeñas de vidrio (fig. 5.54).



Figura 5.54. Markku Salo. Amazonas, 1991 (250 cm alto).

5.5. LA ESCULTURA CONTEMPORÁNEA EN VIDRIO EN GRAN BRETAÑA

Gran Bretaña ha destacado históricamente con muchos centros vidrieros y con la producción innovadora de vidrio cristal al plomo a finales del siglo XVII (27). Actualmente el *National Glass Centre* de Sunderland es la sede de los cursos de especialización en el arte del vidrio, y en St. Helens, un centro vidriero histórico, se ubica un establecimiento similar pero sin conexión académica. En Escocia destaca el centro de Perthshire por sus pisapapeles de vidrio internacionalmente conocidos, y por sus artistas vidrieros especialistas en trabajos de pequeña escala.

El arte del vidrio británico es deudor de la historia de la artesanía, lo que explica que la mayoría de los sopladores de vidrio artístico de estudio creen hermosos objetos pero, en general, con carácter funcional. Algunos artistas notables son Steven Newell, Catherine Hough, Annette Meech y el reconocido Simon Moore. El número de artistas británicos de estudio crece progresivamente

y, aunque muchos de ellos se especializan en el diseño y producción de objetos de mesa, otros se concentran en piezas exclusivas y de edición limitada.

En Gran Bretaña existen organizaciones y sociedades dedicadas a la promoción y mantenimiento del trabajo de los artistas vidrieros en el Reino Unido (The Guild of Glass Engravers, The Scottish Glass Society y Cohesion). Esta última es diferente de las otras organizaciones, ya que se fundó expresamente para promover y desarrollar el arte en vidrio como asunto comercial. Así organiza eventos a nivel internacional centrados en los artistas del Reino Unido. Por otro lado, a finales de los años '90 se creó en el norte de Escocia The Northlands Glass School que ofrece estancias y clases magistrales tanto a los estudiantes de arte como a los artistas experimentados.

Artistas británicos

GEOFFREY BAXTER

Geoffrey Baxter (1922-1996) se unió a Whitefriars en 1954, desde el Royal College of Art en el que se había formado. Durante sus primeros 10 años se concentró en los trabajos de conformación en los hornos utilizando colores discretos y a veces rojos brillantes. Unos años después, en 1967, Baxter introdujo una serie de jarrones con colores agresivamente vibrantes, soplados y texturados en moldes (fig. 5.55). Esto supuso una ruptura con todo el estilo anterior de Whitefriars, que se atenía a un compromiso de discreción y tradicionalismo (47).



Figura 5.55. Geoffrey Baxter. Jarrón de vidrio doblado, c 1971 (15,7 x 6,0 x 10,7 cm).

HARRY SEAGER

Harry Seager (nacido en 1931) es un escultor de vidrio establecido en Stourbridge desde la década de los '60 del pasado siglo. Fue uno de los primeros artistas en utilizar hojas de vidrio plano para realizar un volumen, de modo que su trabajo está ligado de alguna manera a la arquitectura (fig. 5.56).



Figura 5.56. Harry Seager. *Wave*, 1974 (50,8 x 69,1 x 40,3 cm).



Figura 5.57. Harry Seager. *Sugar Daddy*, 1967 (c 2 m alto).

Sus obras suelen combinar diversos materiales además del vidrio: maderas, metales, polímeros, etc. Sus colecciones se pueden contemplar en Washington, Leeds y en Londres en el Victoria & Albert Museum. Sus exposiciones se han extendido por muchos países y también a nivel internacional ha ejecutado obras, esculturas e instalaciones de gran prestigio (fig. 5.57).

MARK RAYNES ROBERTS

Mark Raynes Roberts (nacido en 1961) se formó en la Universidad de Birmingham, en el Institute of Art and Design. Su especialidad es el grabado a mano. Emigró a Canadá en 1982 donde se instaló en Toronto. Allí goza de una gran reputación como escultor, grabador y vidriero habiendo recibido numerosos encargos entre los que se cuentan los de la realeza y jefes de estado. Su trabajo se centra en la trascendencia humana y los aspectos complejos relacionados con la Humanidad, como son la igualdad, la espiritualidad, la diversidad, la relación con el medio ambiente y la capacidad de mantener la esperanza frente a la adversidad. Para Roberts el vidrio no es más que un lienzo que proporciona propiedades ilimitadas para los paisajes narrativos, tanto espirituales como naturales, reales y surreales. Un buen ejemplo son sus obras realizadas con vidrio óptico de tono amarillo grabado. La evolución estilística de su técnica y repertorio de grabado está impulsada por sus experiencias de viajes por todo el mundo y por la observación de la belleza de la Naturaleza en todas sus manifestaciones que interactúa con su profundo interés por el espíritu humano (fig. 5.58).



Figura 5.58. Mark Raynes Roberts. *In search of a new tomorrow* (27,9 x 30,5 x 10,2 cm).

5.6. LA ESCULTURA CONTEMPORÁNEA EN VIDRIO EN ITALIA

Los artistas de *Studio Glass Movement* en Italia se han caracterizado por el uso de técnicas de soplado refinadas como el *incalmo*, *reticello*, *zanfirico*, *latticino*, etc. propias de la artesanía vidriera veneciana. La larga tradición de los vidrieros de Murano, acreditada por las familias más representativas de artistas e industriales del vidrio, como los Barovier y los Toso, impulsaron de algún modo la proyección de otros artistas posteriores en el tiempo cuyas obras de carácter escultórico se incorporaron al repertorio del arte contemporáneo en vidrio.

Artistas italianos

LINO TAGLIAPIETRA

Tagliapietra (1934), natural de Murano, comenzó su andadura artística a los 12 años con Archimede Seguso, uno de los grandes vidrieros venecianos que fundó en 1933 la empresa *Seguso Vetri d'Arte*, muy activa entre 1950 y 1960 con sus obras de vidrio *sommerso*, filigrana, *lattimo*, con murrinas, etc. (véase 3.4.2).



Figura 5.59. Lino Tagliapietra. *Dinosaur*, 2011 (141,7 x 66,0 x 26,2 cm).

Entre 1960 y 1970 desarrolló diseños, que se produjeron en las fábricas en las que trabajaba, y en 1977 dedicó su labor artística a la nueva empresa *Effetre International*. Dos años después fue a EE.UU., donde impartió clases en la *Pilchuck School* en Seattle y compartió las técnicas tradicionales venecianas con el espíritu libre y experimental de los artistas del *Studio Glass Movement* americano. En los años '90 sus obras ya eran muy conocidas a nivel internacional, y actualmente se pueden contemplar en muchos museos estadounidenses, de Japón y de diversos países europeos. Suele agrupar sus obras por series: Bilbao, Seattle Sunset, Maui y Borneo son algunos ejemplos de series de lugares que ha visitado; o bien con nombres de formas explícitas o sutiles como: Dinosaur (fig. 5.59), Foemina, Angel Tear, Masai, Endeavor (fig. 5.60), etc.



Figura 5.60. Lino Tagliapietra. *Endeavor*, instalación de 35 botes, 1998-2003 (c 5 m ancho).

LIVIO SEGUSO

Livio Seguso (1930), muranés que vive y trabaja en Venecia, es uno de los pioneros italianos del *Studio Glass Movement*, si bien antes del establecimiento de esta denominación Seguso, al igual o conjuntamente con otros artistas venecianos, ya realizaba obras de carácter abstracto y escultórico alejadas de los objetos funcionales del vidrio tradicional. Las obras de Livio Seguso contradicen la imagen común del vidrio veneciano en las ideas conceptuales y, en parte, también en la técnica. Sus piezas han perdido el típico sentido de la desenfadada improvisación veneciana, la provocativa decoración multicolor y el "ruido". La propuesta del artista es conceptual, racional y altamente organizada. Sus elementos son vidrio-luz-espacio. Para él lo esencial es la luz brillante como esencia de Venecia, que blanquea los colores, fortalecido por los reflejos del agua. Utiliza vidrio sin colorear con un toque ahumado neutro o vidrio opaco y, a veces, piedra. Incorpora en el proceso de realización las

técnicas en caliente y en frío: el esmerilado y el corte junto con la talla y el grabado no son muy frecuentes en el vidrio veneciano.

Seguso recibió el reconocimiento de los museos y galerías de arte moderno entre los años '70 y '80 del pasado siglo, y fue junto con Luciano Vistosi y Paolo Martinuzzi el único artista capaz de producir en Venecia piezas de autor de alto nivel. Utiliza formas curvas como círculos, discos, órbitas, anillos, ovoides, esferas o sus segmentos, y los usa en innumerables variaciones de composiciones, con el concepto de "la forma por la forma" y en oposición a las líneas de talla irregular.

En los años '80 usó deliberadamente la transparencia del vidrio como práctica casi irónica de un juego óptico sin fin (fig. 5.61).

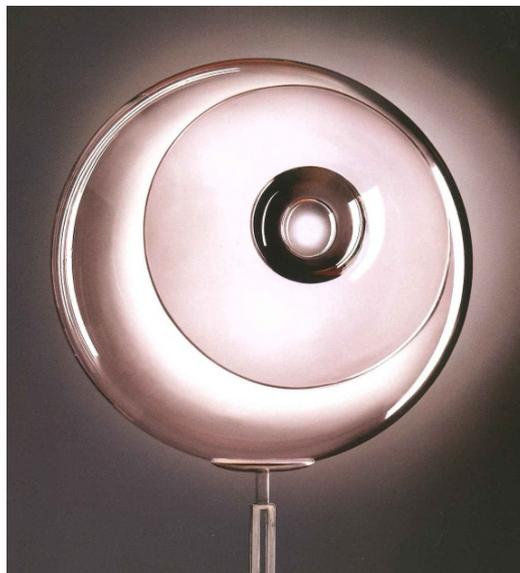


Figura 5.61. Livio Seguso. Nucleo, 1981 (206 x 68 x 25 cm).

El recorrido "del origen a la forma" viene marcado por el uso asociativo del vidrio y del mármol. El mármol se convierte en el referente terrestre y contingente de la esfera de vidrio. A partir de 1991 el conflicto entre opacidad telúrica e infinitud visual de la mirada se va haciendo más sutil (fig. 5.62). El artista usa con refinada precisión distintas densidades luminosas del vidrio. También el vidrio gris puede sustituir al mármol como antagonista del vidrio incoloro en un juego entre transparencia y translucidez. La oposición entre el infinito opaco y la perfecta transparencia se hace más sutil en las obras realizadas en vidrio transparente y satinado: dos estados luminosos del mismo material. En las obras más recientes (1994-1995) Seguso retoma el uso

asociativo del vidrio y el mármol formando entidades estructurales distintas, pero con una coexistencia formal de los dos materiales a pesar de que no se produce una verdadera integración volumétrica (78). Una escultura representativa se muestra en la fig. 5.63, realizada con vidrio macizo transparente parcialmente satinado y mármol blanco de Carrara.



Figura 5.62. Livio Seguso. *Struttura*, 1991 (85 x 28 x 14 cm).



Figura 5.63. Livio Seguso. *Struttura organica*, 1995 (75,5 x 41,0 x 19,0 cm).

En sus últimas obras Seguso combina magistralmente el vidrio con el mármol, el acero y la madera en diseños expresivos que parecen estar suspendidos entre el proyecto y la poesía. En algunas esculturas el vidrio está dentro de la pieza de madera en un concepto de “forma dentro de la forma” (fig. 5.64).



Figura 5.64. Livio Seguso. *Luce nel tempo*, 2003 (75,5 x 53,5 x 16,0 cm).

Cuando el vidrio comparte con otro material opaco la escultura el concepto es de exaltación de la luz por la transparencia del vidrio y la reflexión complementaria en el material opaco. La estrategia que usa Seguso en sus esculturas se basa fundamentalmente en la relación entre el medio y la luz. Ningún medio es más apropiado que el vidrio para recibir, reflejar la luz y ser penetrado por la luz. En estas esculturas Seguso plasmó el acoplamiento de dos medios muy diferentes e incluso contradictorios desde el punto de vista de su expresividad. Asimismo expresa la confrontación entre escultura y naturaleza, pero en un conjunto que resulta armonioso (77).

LUCIANO VISTOSI

Vistosi (1931) nació y ha trabajado siempre en Murano, y conoce todos los secretos y riesgos del vidrio. Para algunas esculturas además del dibujo, prepara también un modelo de yeso, como se hace para las fusiones en metal, y posteriormente realiza la escultura por soplado. Sus esculturas son formas

generalmente conclusas en el espacio pero, por el hecho mismo de ser transparentes, ocupan, atraviesan e interrumpen ambiguamente el espacio con sus volúmenes. Sus primeras obras son macizas de vidrio con implicaciones cromáticas y luminosas. Los bloques eran como obsidianas que, tras la primera forma por colado, los esculpía, pulía y bruñía con puntas de diamante. Las esculturas resultaban con una sólida consistencia formal, recorridas por incidencias luminosas y cromáticas. Esta época concluyó poco antes de 1968, cuando sus obras pertenecían a un gusto informal genérico combinando la dimensión interior con la superficie exterior.

En una segunda fase realizó obras más modulares y de espíritu más tecnológico. Creó esculturas de dimensiones más modestas con módulos encajados. Las masas de vidrio se excavaban con el taladro para obtener oquedades regulares convertidas en superficies opacas de modo que las incidencias luminosas variaban de las masas planas y transparentes a las excavadas y no refringentes (fig. 6.65).



Figura 5.65. Luciano Vistosi. Obra, 1967 (25,7 cm alto).

Posteriormente Vistosi, en cierto sentido, volvió a las primeras experiencias con mayor influjo de las formas orgánicas y abstractas de Arp o de Alberto Viani. Las esculturas no tenían ya los preciosismos cromáticos de las obras precedentes, pero presentaban la novedad de una total luminosidad, debido al aumento del índice de refracción del vidrio utilizado. La composición

del vidrio variaba para que en los bordes de las formas se aprecie o no una ligera iridiscencia de tono verdiazul y marino, que puede aparecer como violáceo. En esta tendencia también ha trabajado con vidrios coloreados en masa y vidrios negros como se muestra en la fig. 5.66.



Figura 5.66. Luciano Vistosi. *Figure*, 1977 (150 x 70 x 225 cm).

Las esculturas de Vistosi son de por sí arquitectónicas: llevan en sus formas atrevidas, en su ligereza, en su transparencia, en su levantarse airoso en el espacio, el signo de una grandiosidad que va más allá de toda medida. Un ejemplo muy claro son sus llamadas “esculturas arquitectura” y las formas totémicas (fig. 5.67).

Vistosi parte de la masa fundida de vidrio y la trabaja estirando, plegando, modelando, perfilando, etc., es decir, efectuando en un tiempo cortísimo las operaciones que, aunque hayan sido estudiadas cuidadosamente con antelación, se han de improvisar con la colaboración de sus ayudantes, en un torbellino tan furibundo como meticuloso.

Posteriormente, cuando trabaja el vidrio en frío, lo hace en un ambiente más controlable para obtener opacidades, granulaciones, satinados, pulidos, etc. utilizando ruedecillas o diamantes.

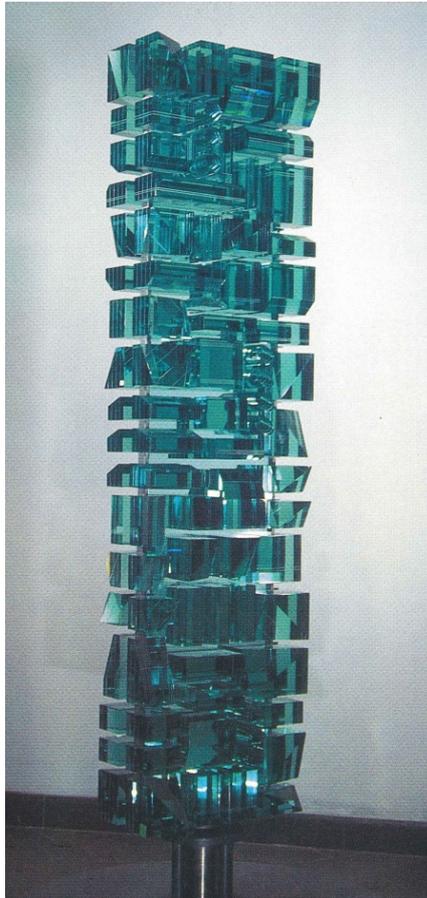


Figura 5.67. Luciano Vistosi. Totem, 1991 (45 x 22 x 205 cm).

La fase relativa a la ideación y al proyecto asume en la obra de Vistosi un relieve muy especial respecto de la escultura tradicional, puesto que la forma debe ser vista y definida totalmente ya antes de la fase de ejecución en el curso de la cual los márgenes de intervención son extremadamente reducidos, sin posibilidad de replanteamientos y modificaciones. Y es precisamente en esta dualidad, contradictoria entre los tiempos largos de la ideación y proyecto y los breves de la ejecución, en donde actúa la facultad imaginativa y plástica de Luciano Vistosi, que consigue sacar de ella valores formales nuevos y sorprendentes que desde luego no alcanzaría con otros materiales y procedimientos (88).

5.7. LA ESCULTURA CONTEMPORÁNEA EN VIDRIO EN JAPÓN

El desarrollo del vidrio japonés contemporáneo y, por tanto, de la escultura nipona en vidrio, arranca en la fábrica Kagami Cristal, fundada en 1934, donde trabajaron tres destacados diseñadores: Junshiro Sato, Masakishi Awashima y Masao Furihata. Posteriormente Awashima se independizó y estableció el Instituto de Diseño de Vidrio Awashima que, más tarde en 1950, se denominó Compañía del Vidrio Awashima. Sus conceptos eran muy diferentes de los de Kagami e Iwata, que establecieron primero sus fábricas para estabilizar su base financiera, y después emprendieron su obra creativa. Awashima mostró una gran flexibilidad en sus producciones satisfaciendo la demanda de los consumidores, y realizó diferentes experiencias que no hubieran sido posibles en el marco de una sola fábrica (fig. 5.68).

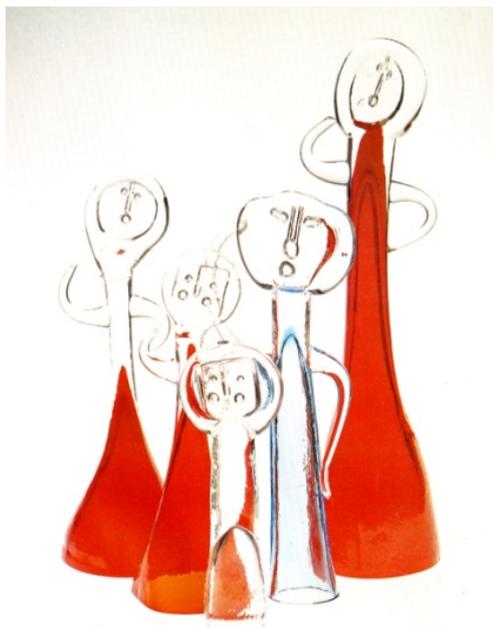


Figura 5.68. Masakishi Awashima. Figuras Haniwa, 1971 (48,3 cm alto).

Era muy sensible a la textura del vidrio y a sus formas. La serie Vidrio Gota que empezó a realizar hacia 1950 fue su mayor logro. Soplando vidrio en un molde de barro creó una textura semejante a gotas de agua en la superficie del vidrio. Creó también delicados matices en la textura, con la luz difusa por la superficie desigual del vidrio. Más tarde realizó una producción más amplia de

Vidrio Gota utilizando moldes de metal. También experimentó con moldes de madera, papel, hojalata y otros materiales.

Toshichi Iwata (1883) reformó otra gran corriente del vidrio japonés moderno. Asistió a la escuela de arte de Tokio y recibió cursos de metal y pintura occidental, escultura y trabajos en laca. Su interés por el vidrio arranca de su admiración por las piezas *Art Nouveau* y *Art Déco*. Estudió las técnicas para mezclar vidrios coloreados y las técnicas de manipulación en la fabricación de vidrio en Iwaki Crystal; incluso adquirió una fábrica que había cerrado en 1931. Enseñó a artesanos e hizo su primera exposición a gran escala en 1935. En su obra se aprecia la influencia del vidrio hecho en todas las épocas y en todos los países, incluyendo el vidrio egipcio antiguo, romano y veneciano, y resultaba sorprendentemente innovador a los que lo contemplaban. También intentó crear una pared ornamental utilizando vidrio. La serie Concha (fig. 5.69), desarrollada entre 1962 y 1975, demuestra su calidad artística y en ella empleó vidrio de color y semiopaco en el que la fluidez de su estado fundido está hábilmente controlada. Desde 1965 creó utensilios para la ceremonia del té; para ello utilizó la permeabilidad a la luz del vidrio transparente y semitransparente, una cualidad que ningún otro material posee.



Figura 5.69. Toshichi Iwata. Objeto de la Serie Concha (c 15 cm alto).

En Japón el primer departamento de artesanía del vidrio fue el de la Universidad de Arte de Tama. El *Studio Glass Movement* se estableció gradualmente en Japón y fue apoyado por entidades públicas, pequeñas sociedades privadas, pequeñas ciudades, etc. Su éxito se puede deber en parte a que en Japón es muy difícil tener hornos por falta de espacio y cuestiones de seguridad, y son más frecuentes los hornos de recocido para trabajos de termofundido, esmaltado y pasta de vidrio. En 1990 la Aichi University of

Education inició una sección de vidrio. Invitaron a monitores americanos (Brent Kee Young y Michael A. Rogers) para organizar exposiciones y otras actividades. Otro antecedente del vidrio artístico en Japón fue la Japan Glass Artcrafts Association, creada en 1972, que contaba con 120 miembros en 1994. Organizaban cada tres años una exposición: *Glass in Japan*. En Niiijima, una pequeña isla del Pacífico dependiente de Tokyo, existe un centro de vidrio artístico construido y dirigido por Osamu and Yumiko Noda, ex alumnos de Joel Philip Myers de la Universidad del Estado de Illinois. Cada otoño el Festival Internacional de Arte en Vidrio de Niiijima reúne a los artistas vidrieros más reputados en seminarios y demostraciones (43).



Figura 5.70. Kyohei Fujita. *Rainbow colors*, 1964 (c 25 cm alto). The National Museum of Modern Art, Tokyo, Japón.

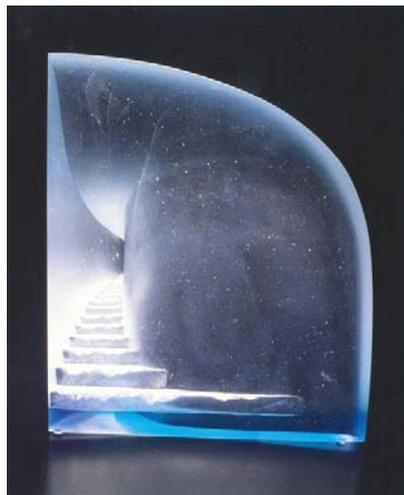


Figura 5.71. Ryoji Shibuya. *Shrine of the sea* (46,5 x 38,0 x 15,9 cm).

Los primeros estudios de vidrio japoneses independientes fueron el de Saburo Funakoshi y Makoto Ito, y el de Shinzo Kotani. Otros artistas japoneses como Yoshihiko Takahashi, Hiroshi Yamano y Yoichi Ohira son internacionalmente reconocidos, así como los jóvenes artistas emergentes Yukako Kojima, Tomoe Shizumu y Kyohei Fujita (fig. 5.70), entre otros muchos que comenzaron a participar en el mundo del vidrio, y que actualmente es muy dinámico en Japón, como demuestran las esculturas de las figs. 5.71 a 5.74

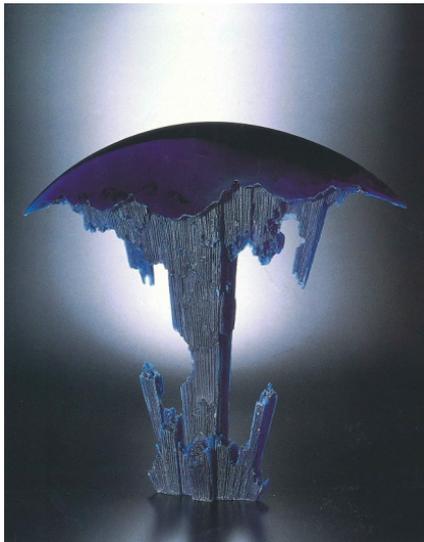


Figura 5.72. Takeshi Fukunishi. Luna (60 x 60 x 10 cm).

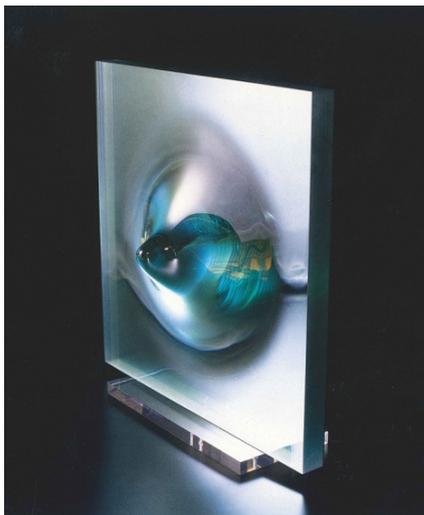


Figura 5.73. Toshio Iezumi. Deppari (50 x 52 x 16 cm).



Figura 5.74. Niyogo Ikuta. *Swing 21* (c 70 cm alto).

5.8. LA ESCULTURA CONTEMPORÁNEA EN VIDRIO EN OTROS PAÍSES

En Alemania la figura más representativa de la escultura contemporánea en vidrio es Erwin Eisch. Este artista bávaro nació y creció en un entorno totalmente vidriero; toda su familia trabajaba el vidrio y el mismo aprendió de su padre la talla y el grabado mientras estudiaba en la Glasfachschule de Zwiesel, cerca de su Frauenau natal. Posteriormente estudió diseño industrial, pintura, escultura y vidrio en la Akademie der Bildenden Künste de Munich, y en 1952 regresó a Frauenau para fundar con su padre y hermanos la fábrica de vidrio Glashütte Valentin Eisch. En 1956 concluyó sus estudios y por entonces sintonizaba con el arte abstracto e informal y las tendencias de crítica social y antisistema, por lo que sus obras (pinturas, esculturas e instalaciones) resultaban provocadoras. En 1962 volvió a Frauenau y trabajó en la fábrica familiar realizando decoraciones de esmaltes y grabados no tradicionales.

Ese mismo año H.K. Littleton (véase 5.1.1) viajó a Europa, y en Alemania contactó con Erwin Eisch en Frauenau. Mediante la amistad y colaboración que surgió entre ambos se consolidó un vínculo importante para los artistas europeos y estadounidenses del *Studio Glass Movement*. A partir de entonces Eisch y

Littleton afrontaron un futuro artístico para el vidrio y para ellos mismos con la ayuda de muchos jóvenes y artistas profesionales que mostraron gran interés por las posibilidades escultóricas del vidrio. En realidad, como ya se ha indicado anteriormente, Eisch representó un papel en el vidrio europeo paralelo al que encarnó Littleton en el vidrio americano.

El artista alemán realizó en 1976 varios retratos de Littleton (fig. 5.75). Son ocho cabezas de vidrio pintado ejecutadas por moldeo y soplado con diferentes características.



Figura 5.75. Erwin Eisch. *Eight heads of H.K. Littleton*, 1976 (c tamaño natural). Corning Museum of Glass, Corning, NY, EE.UU.

Posteriormente Eisch realizó varias estancias en EE.UU. con finalidad docente y artística, y también instaló pequeños hornos en Frauenau para proseguir con sus obras escultóricas dentro de las tendencias del *Studio Glass Movement*. En la década de los '80 muchos jóvenes artistas recalaron en Frauenau a la sombra de Erwin Eisch, que continuó realizando obras en vidrio muy innovadoras (fig. 5.76).



Figura 5.76. Erwin Eisch. *Buddha*, 1982 (c tamaño natural). Fundación Alexander Tutsek Stiftung, Munich, Alemania.

La filosofía artística de Eisch gira en torno a la naturaleza humanística e intuitiva de la creación. Para él la fuerza creadora es una corriente profunda y caótica que nace del alma, basada en la individualidad y singularidad de la mente. En su opinión las artes se oponen al perfeccionismo de la tecnología y aportan su imperfección a la historia y al progreso. Un ejemplo de sus ideas se puede apreciar en su famosa instalación “Narciso” (fig. 5.77).



Figura 5.77. Erwin Eisch. Narciso, 1971 (c tamaño natural). Glasmuseum Frauenau, Frauenau, Alemania.

Al igual que en otros países, en China el movimiento de creación libre de la escultura propiamente dicha en vidrio no tuvo lugar hasta mediados del siglo XX. Fue fundado en Taiwan por la actriz Loretta Hui-shang Yang y por su director Chang Yi en 1987, bajo el nombre Liuli Gongfang. En vez de la palabra *boli* empleada actualmente para el vidrio, se eligió la de *liuli* que en el idioma chino arcaico era la que se utilizaba para referirse al trabajo en vidrio. Después de más de tres años de trabajos experimentales y una inversión de un millón de dólares, Yang y Chang consiguieron reproducir la *pâte de verre* francesa y el método de colado a la cera perdida (figs. 5.78 y 5.79).

Al principio trabajaron en su taller de Tamsui (antiguo Condado de Taipei) con tareas bien definidas y separadas: Yang se encargaba de los aspectos artísticos y Chang de los financieros y de organización. En 2008 Liuli Gongfang empleaba 900 personas en 67 ciudades repartidas por el mundo, lo que les valió la consideración de fundadores del arte chino contemporáneo en vidrio. Sus

obras forman parte permanente del Victoria and Albert Museum de Londres y del Palacio Museo de la Ciudad Prohibida de Beijing.



Figura 5.78. Loretta Hui-shan Yang. *The proof of Awareness*, 2006 (41,9 x 76,2 x 68,5 cm). Corning Museum of Glass, Corning, NY, EE.UU.



Figura 5.79. Loretta Hui-shan Yang. *Great luck great yield* (19,0 x 15,0 x 17,5 cm).

En los Países Bajos el arte en vidrio se focaliza en el diseño y en la fábrica de vidrio soplado Royal Leerdam Crystal. Los diseñadores más destacados son H.P. Berlage, Andries Dirk Copier (1901-1991) (fig. 5.80) y Willem Heesen, que tuvieron una gran influencia en el vidrio artístico holandés. Posteriormente se desarrolló el vidrio de estudio sobre las bases del movimiento americano y del nuevo Masterstudy Glass Art de la Gerrit Rietveld Academy de

Amsterdam, lo que facilitó el nacimiento de una nueva generación de artistas vidrieros.

Sybren Valkema (1916-1996) es un artista conocido por sus esculturas de vidrio soplado, y objetos decorativos y utilitarios. Desde 1943 a 1981 fue profesor y codirector de la Gerrit Rietveld Academy de Amsterdam. Construyó en 1962 el primer horno europeo para vidrio de estudio y en 1969 estableció el primer estudio de vidrio en caliente en la Rietveld Academy. Fue diseñador de la fábrica Royal Leerdam en los periodos de 1948 a 1967 y de 1971 a 1982. Sus obras se pueden contemplar en muchos museos y colecciones públicas repartidas por toda Europa y EE.UU. (fig. 5.81).



Figura 5.80. Andries Dirk Copier. Jarrón Oude horn, 1989 (25 cm alto).



Figura 5.81. Sybren Valkema. Objeto, 1983 (43 cm alto).

El Studio Glass Movement fue impulsado en Australia a consecuencia de la visita del artista norteamericano Bill Boysen que recorrió el país en los primeros años '70 con un estudio móvil. En 1974 promocionó el arte en vidrio mediante una "revolucionaria demostración del soplado del vidrio" ante unos 250 asistentes. Su estudio móvil y sus trabajos inspiraron a muchos jóvenes artistas australianos que se esforzaron en crear un estilo de vidrio artístico australiano.

Entre los artistas más destacados hay que mencionar a la pareja Marie Simberg-Höglund y Ola Höglund, de origen sueco, nacionalizados en Nueva Zelanda que reparten su tiempo entre dicho país y Australia. Gozan de un gran prestigio y sus obras y esculturas se exhiben en importantes museos, colecciones y galerías de Arte de muy diversos países. Ola Höglund procede de una familia con tradición artística vidriera, mientras que Marie aporta los diseños más coloridos desde su conocimiento previo del diseño de textiles. Entre sus técnicas no puede faltar el *Graal* de origen sueco (véase 3.4.2) y otras técnicas afines (fig. 5.82).



Figura 5.82. Marie Simberg-Höglund y Ola Höglund. Jarrón realizado con la técnica Graal (c 20 cm alto).

Peter Kovacsy es un artista de la zona oeste de Australia, creador de grandes esculturas de vidrio colado (fig. 5.83), cuyo estilo es internacionalmente reconocido tanto en el sector del diseño como en los de las artes visuales y la artesanía.



Figura 5.83. Peter Kovacsy. *He and she first love* (He 63 x 25 cm, She 57 x 21 cm).

Los artistas suecos que fueron pioneros del vidrio de estudio fueron Edvard Hald, Edvin Öhrström y Vicke Lindstrand (véase 4.12.8). Sus creaciones se caracterizan sobre todo por la utilización de técnicas de ejecución propiamente suecas, como *Graal* y *Ariel* (véase 3.4.2) (fig. 5.84), pero también exploraron otras técnicas eminentemente escultóricas (fig. 5.85).



Figura 5.84. Edvin Öhrström. *The girl and the dove*, técnica Ariel, 1937 (c 18 cm alto). a) Anverso. b) Reverso.



Figura 5.85. Edvin Öhrström. Escultura, 1970 (83 x 31 x 66 cm).

Vicke Lindstrand fue un pintor y diseñador de textiles y cerámica considerado como el padre del arte en vidrio nacional. Inició su carrera con el vidrio en la fábrica de Orrefors en 1928 donde fue diseñador artístico. Junto con Edvin Öhrström y Knut Bergqvist inventó la técnica *Ariel* (véase 3.4.2). En 1950 pasó a la fábrica Kosta donde fue director artístico hasta su jubilación en 1973. En este periodo sus obras cobran gran colorido (fig. 5.86).



Figura 5.86. Vicke Lindstrand. Jarrón realizado con la técnica Ariel, 1958-1959 (17,1 cm alto).

También trabajó 10 años como autónomo y colaboró con otros artistas y talleres o estudios de vidrio. Entre 1943 y 1950 fue el jefe de creación en Uppsala Ekeby, donde diseñó muchos objetos de gres desde ollas a esculturas figurativas.

Actualmente uno de los artistas suecos más reputados es Bertil Vallien (1938). Se inició en el dibujo y el diseño industrial y decorativo para pasar en 1955 al Departamento de Cerámica de Konstfack. Posteriormente trabajó como diseñador para una pequeña empresa cerámica de California (EE.UU.). A partir de entonces pudo disponer de un pequeño estudio donde trabajar individualmente aparte del trabajo de la fábrica. Incrementó sus contactos con otros artistas y con las universidades californianas, participando en debates, concursos y eventos donde coincidía con críticos y propietarios de galerías de arte. Posteriormente recibió la oferta por parte de C.H. Åfors para regresar a Suecia y así lo hizo para encargarse de los diseños de esta fábrica de vidrio. Sus obras son expresivas, a veces estilizadas con una articulación vigorosa del material y formas monumentales (fig. 5.87).

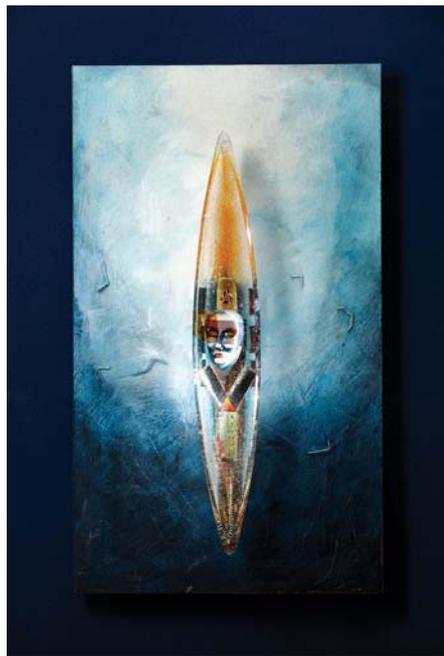


Figura 5.87. Bertil Vallien. *Why*, 2011 (69,2 x 40,0 x 10,7 cm).

Entre los escultores de vidrio rumanos destaca Edward Lebovitz. Lebovitz puede definirse como el *enfant terrible* del vidrio, ya que rompe las reglas establecidas rozando el anarquismo y es capaz de demostrar que no hay

barreras para el vidrio en sus obras. Llegó al vidrio en los años 1970 con una formación académica pictórica y gráfica, pero pronto se adaptó al trabajo creativo con el vidrio. En los años '60 se encontraba en Bélgica, donde a partir de 1972 se instaló definitivamente, y allí representó la personalidad más señalada del *Studio Glass Movement*.

Debido a sus raíces familiares, sus obras tienen ciertos elementos del arte popular ruso, la cultura griega, los signos judíos, etc. Su trabajo con bloques de vidrio fue el tallado, inicialmente con una rueda grabadora en un proceso muy largo, que luego sustituyó por un torno de dentista con una cabeza de diamante, trabajando como el escultor con la piedra. A finales de la década de 1970 realizó el ciclo de las sillas en el que usó todas sus experiencias con el vidrio (soplado, tallado con diamante, corrosión, espolvoreado con arena y corte). Intelectualmente este ciclo se identifica con el teatro de lo absurdo de Eugène Ionesco. Su segundo ciclo es el de los llamados zapatos en el que también refleja situaciones absurdas. En 1991 realizó litografías en color que luego trasladaba a bloques de vidrio o sobre yeso con variaciones tridimensionales. Los objetos "Sansón y Dalila" (fig. 5.88) y "Visita de Venus a Amberes" (fig. 5.89) se realizaron primero con una talla de relieve sobre un bloque de vidrio del que tomó un molde de silicona. De él hizo una muestra de yeso que le permitió trabajar modificando en detalle la apariencia del relieve. Sus relieves cubren completamente una forma tridimensional o una superficie plana, lo que solo puede calificarse como un síntoma del *horror vacui* (45).



Figura 5.88. Edward Leibold. *Sanson y Dalila*, 1991 (35 x 40 x 23 cm).



Figura 5.89. Edward Leibovitz. *Visita de Venus a Amberes*, 1991 (32 x 40 x 25 cm).

De Bulgaria el escultor de vidrio más representativo es Latchezar Boyadjiev que estudió en Sofía en la Academia de Artes, y con Stanislav Libensky en Praga en la Academia de Artes Aplicadas. En 1986 se trasladó a EE.UU. y está vinculado al *California College of Arts and Crafts* donde impartió clases. Boyadjiev trabajó durante más de diez años en el campo de los vidrios ópticos utilizando técnicas de trabajo en frío, como corte, desbaste, pulido y laminado, para crear las esculturas de vidrio óptico con las que se dio a conocer. Puesto que encontraba límites a los tamaños de sus esculturas, decidió cambiar de técnica y trabajar con el vidrio colado (fig. 5.90).

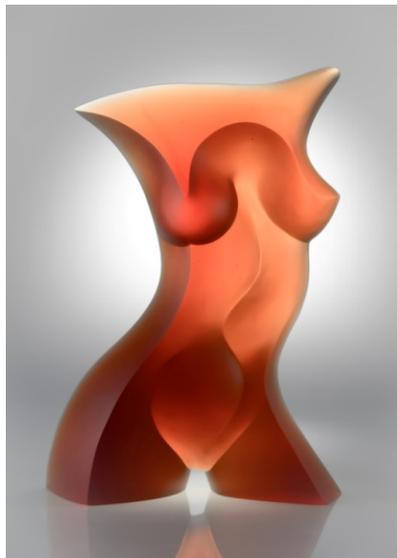


Figura 5.90. Latchezar Boyadjiev. *Torso VI in amber* (45,7 x 30,5 x 10,2 cm).

Partiendo de un diseño realiza un modelo de arcilla y, tras varias fases de moldes negativos y positivos, obtiene una escultura final completamente acabada. Suele enviar o llevar esa escultura a su país de origen, donde se verá transformada en una escultura en vidrio obtenida por colado en alguno de los mejores estudios de vidrio colado. Una vez obtenida la escultura en vidrio, la recuece y la desbasta y pule parcialmente hasta obtener la textura deseada (fig. 5.91).



Figura 5.91. Latchezar Boyadjiev. *Movement I* (55,9 x 43,2 x 10,2 cm).

Latchezar Boyadjiev ha realizado numerosas exposiciones en solitario y en grupos con otros artistas, y sus obras se pueden contemplar en muy diversas colecciones públicas y privadas, así como en los principales museos de Europa, EE.UU. y Australia.

Maria Lugossy (1950-2012) era una artista húngara que trabajó en dibujo, orfebrería, escultura y vidrio. Estudió en la Escuela Superior de Arte Aplicado de Hungría y posteriormente en el Instituto Főiskolai Továbbképző Intézet. Desde el inicio de su carrera como artista se interesó por las obras de gran tamaño y ubicación al aire libre. Su presencia en simposios, cursos y exposiciones fue prolífica; obtuvo muchos premios y distinciones de su país de origen y de Gran Bretaña, Japón y EE.UU. Sus trabajos inspiran un aire de antigüedad y, aun siendo esculturas abstractas, recuerdan las formaciones de minerales en el seno de la tierra, como los cristales y las geodas (fig. 5.92).



Figura 5.92. Maria Lugossy. Cosmic dream, 1991 (87,0 x 77,7 cm). Corning Museum of Glass, Corning, NY, EE.UU.

En Bélgica destacan los artistas vidrieros a nivel internacional Daniël Theys y Chris Miseur, de la fábrica de vidrio Theys & Miseur de Kortrijk-Dutsele.

6. LA ESCULTURA EN VIDRIO EN ESPAÑA A PARTIR DEL SIGLO XX

6. LA ESCULTURA EN VIDRIO EN ESPAÑA A PARTIR DEL SIGLO XX

6.1. INTRODUCCIÓN

La escultura en vidrio en España tiene un alcance limitado en comparación con otros países europeos, y se puede considerar casi precaria en comparación con la de EE.UU. (véase 5.2). Si bien ha habido y actualmente existen grandes artistas y escultores españoles cuya obra está realizada en vidrio, el número neto de personas dedicadas profesionalmente a la escultura en vidrio o, en general, a las obras de arte en vidrio es sensiblemente menor al que se puede contabilizar en otros países como EE.UU., Chequia, Alemania, Japón, Italia, etc.

Se pueden argumentar diversas razones que justifican este hecho. En primer lugar, la tradición vidriera en España es débil e históricamente ha estado sujeta tanto a los vaivenes políticos y sociales como a una sistemática dependencia técnica de vidrieros y empresas extranjeras. Incluso la Real Fábrica

de Cristales de La Granja (RFC) tuvo una trayectoria desigual y azarosa en el siglo que existió como referente del vidrio nacional y como tal fábrica de vidrio (27).

Sin embargo, la RFC no creó modelos ni estilos de ornamentación propios o muy diferentes de los que eran populares en la misma época en Centroeuropa. La subsistencia de la RFC a partir de 1915 dependió de una empresa vidriera (Esperanza S.A.) propiedad del grupo francés *Saint-Gobain*, y su producción nada tenía que ver con la escultura o el Arte. Posteriormente, desde 1982, la Fundación Centro Nacional del Vidrio (FCNV) con sede en los espacios del edificio histórico de la RFC, reproduce algunos modelos históricos de los siglos XVIII y XIX, y auspicia el interesante Museo Tecnológico del Vidrio, además de constituir la sede de la Escuela Superior del Vidrio. El Museo Tecnológico del Vidrio dedica una de sus salas más amplias a la escultura contemporánea en vidrio, donde se pueden contemplar obras del español Joaquín Torres Esteban, entre otras de escultores de proyección internacional.

Una segunda cuestión que puede haber influido negativamente en el desarrollo de la escultura en vidrio en España es el escaso interés que el español medio demuestra por el Arte, en general, y por la escultura en particular. También hay que considerar las pocas galerías de arte en las que hay obras realizadas en vidrio o que se dediquen exclusivamente a este material. Tampoco existe en España un sentimiento generalizado de coleccionismo, al que no escapa el de objetos y esculturas en vidrio y que, sin embargo, está muy extendido en muchos países del extranjero.

En tercer lugar hay que tener en cuenta la casi ausencia del vidrio, como material para cualquier tipo de aplicación técnica o artística, en los planes de estudio en todos los niveles académicos. Este profundo desconocimiento del vidrio, que puede ser flagrante en los centros de enseñanza dedicados de algún modo al Arte y a la escultura, pueden explicar la escasez de artistas que se enfrentan con el vidrio como medio de expresión, y que muchos de ellos desistan tarde o temprano ante las dificultades técnicas que implica el trabajo tanto en frío como en caliente de este esquivo material.

Consecuencia inevitable de la situación del vidrio artístico en España y de la soledad profesional de los artistas y escultores españoles es su emigración a EE.UU., República Checa (Bohemia) o Italia (Murano) como principales mecas del vidrio artístico. Son lugares donde realizan o completan su formación técnica y/o artística y donde ejecutan sus obras o parte de ellas frecuentemente con la colaboración de expertos de dichos países. El problema del artista español se plantea a continuación: permanecer en el extranjero como autónomo o en un equipo de trabajo bien consolidado, o regresar a España y tratar de establecerse

profesionalmente. La elección es compleja y frecuentemente supone un fracaso lamentable si recae en ejercer de escultor vidriero en España.

Hay que señalar que, a pesar de la falta de tradición artística del vidrio en nuestro país, los escultores españoles, ya sean autodidactas o formados técnica y artísticamente en el extranjero o en la Escuela Superior del Vidrio de la FCNV, son muy creativos y hábiles, por lo que pueden situarse sin carencias a la altura de sus colegas europeos o del resto del mundo. Lo que no está reñido con el hecho de que la mayoría de ellos se autodefinen como artesanos y rara vez como artistas o escultores. Probablemente en España las fronteras entre el vidrio artesano, vidrio artístico y escultura en vidrio son muy difusas, pero eso no es más que lo que se pretendió en el momento de la instauración del *Studio Glass Movement* en 1962 en EE.UU. (véase 5.1), con la clara propuesta de la abolición de las barreras entre artistas y artesanos.

En cuanto a los beneficios económicos que la escultura en vidrio puede reportar a un artista profesional, es evidente que ello depende tanto del grado de desarrollo artístico de la persona como de la proyección publicitaria de su trabajo a través de galerías de arte, exposiciones, subastas, concursos y premios. Y este segundo aspecto es especialmente complicado en España por las razones mencionadas anteriormente. De modo que el artista se ve en la necesidad de realizar una labor de difusión y mercado de su obra, además del trabajo artístico en sí. Frecuentemente los artistas españoles se ven en la disyuntiva de proseguir sus grandes proyectos escultóricos, con lo que esto conlleva de inversión económica y de tiempo, o bien alternar dichos proyectos con obras menores tanto en tamaño como artísticamente para producir muchos objetos fácilmente vendibles que le reporten unos ingresos que le permitan continuar con la ejecución de alguna obra escultórica de mayor envergadura. En el peor de los casos, los vidrieros optan por especializarse en obras de pequeño tamaño, objetos ornamentales o bisutería artística.

El panorama de la escultura en vidrio en España no ha sido hasta el presente muy alentador. Sin embargo, es notable el entusiasmo y el esfuerzo que los jóvenes vidrieros realizan por adquirir conocimientos técnicos y artísticos del vidrio que los sitúan en la media internacional. Por ello es de esperar que la escultura en vidrio española se dirija en las próximas décadas hacia un horizonte más halagüeño.

6.2. ESCULTORES Y ARTISTAS

En esta sección se consignan exclusivamente los escultores y artistas vidrieros con los que, a excepción de Joaquín Torres Esteban, la autora ha

mantenido una entrevista personal y visita técnica a sus respectivos talleres de diseño, creación y ejecución. Por supuesto se trata de una muestra representativa del panorama de la escultura en vidrio en España y de sus autores, que no pretende ser exhaustiva. En cada apartado los artistas, salvo Joaquín Torres Esteban, se han organizado por orden alfabético. Evidentemente el panorama de la escultura en vidrio en España es más amplio, por lo que en el Anexo 1 se recogen algunas de las obras de artistas destacados.

6.2.1. Joaquín Torres Esteban

Joaquín Torres Esteban, natural de Santa María la Real de Nieva (Segovia) (1919-1988), estudió en la Escuela de Artes y Oficios y posteriormente en el Círculo de Bellas Artes, donde cursó psicología y publicidad. En 1946 entró como escaparatista en *El Corte Inglés*, empresa en la que más tarde llegó a ser accionista y director general de publicidad. Treinta años después abandonó su profesión y se dedicó al arte sin ánimo comercial. Él mismo declaró que su fascinación por el vidrio nació en una feria internacional en la que visitó el pabellón de Checoslovaquia, y a partir de ese momento decidió trabajar con este material.

Su obra en vidrio se caracteriza por las roturas y las grietas: decía que había roto más de 20 toneladas de vidrio y consideraba dichas roturas y grietas como la técnica diferenciadora de sus esculturas. Aun así, le preocupaba más la creación artística que la técnica, y su objetivo era “consolidar el vidrio como materia de arte” (2).

Torres Esteban inició su trabajo con el vidrio en 1970 y fue pionero en España de la escultura realizada con hojas de vidrio plano. Estuvo en contacto con el escultor checo Stanislav Libensky (véase 5.3) y abrió en España un nuevo camino orientado a la valoración del vidrio plano como material escultórico, a pesar de que desconocía los procedimientos técnicos necesarios para trabajar el vidrio: el mismo afirmaba ser un autodidacta.

Tras un periodo de ensayos, experiencias y errores, su investigación dio como fruto la construcción de volúmenes geométricos de carácter arquitectónico y con estilo monumental, evidente también en las obras de tamaño pequeño. Sus primeros trabajos consistían en cortar y romper el vidrio, en apilar láminas y probar sistemas de presión, vibración y de desequilibrio entre láminas, forzándolas por presión. Su arte se basaba en lo geométrico, lo cinético y las tendencias del constructivismo. Sus obras son versátiles y pueden cambiar de forma, ya que es posible transformarlas reordenando los módulos intercambiables que las componen. De este modo se rompe la solidez de lo cúbico para abrirse a la riqueza de su mundo interior. El movimiento de lo

cerrado a lo abierto permite dinamizar el espacio pasivo del cubo y jugar con la luz en las superficies internas de la escultura. La incidencia de la luz y las tonalidades verdosas típicas de las hojas de vidrio producido industrialmente, se combinan con la mayor o menor opacidad de los volúmenes en función del número de láminas que componen la obra y de su espesor. El resultado es un efecto óptico que enriquece la simple geometría constructivista.

Torres Esteban también creó obras explotando las posibilidades plásticas del vidrio agrietado (“craquelado”). A la técnica de producir grietas en el vidrio la denominó arte “Crak’s”. Estas grietas alteran el equilibrio del volumen geométrico de vidrio y el conjunto se enriquece con un juego dialéctico entre lo constructivo y lo expresivo (fig. 6.1).

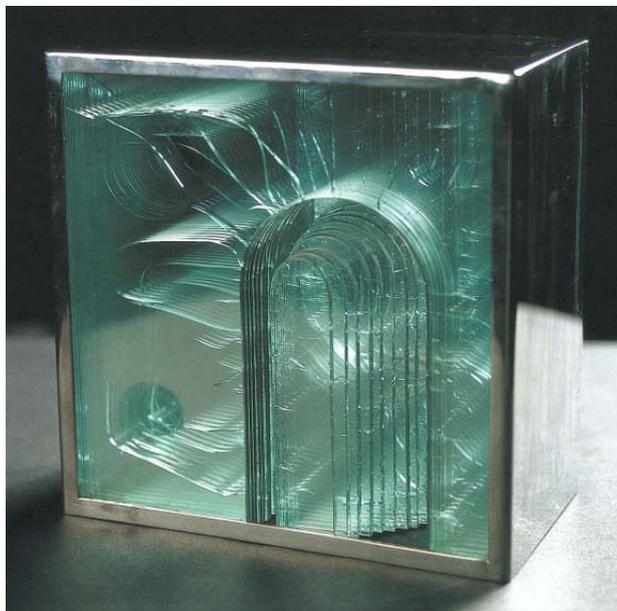


Figura 6.1. Joaquín Torres Esteban. Bala (25 x 26 cm).

Para ello utilizó técnicas térmicas aplicando frío sobre calor, con agua y con hielo, con hornillos eléctricos, soldadores, vidrios antibala, pegamentos especiales en cuanto a rapidez de endurecimiento, transparencia y resistencia mecánica, de forma que el control de la generación de las grietas fuera posible

En ocasiones usó vidrios coloreados, pero los resultados fueron poco satisfactorios y prefirió explorar las posibilidades plásticas de los efectos ópticos según el grado de opacidad, el número de láminas apiladas de vidrio transparente, su espesor y la luz incidente. Para la ejecución de sus obras utilizó

vidrios de distintos espesores (de 2 a 40 mm), tanto de procedencia española como de Francia, Bélgica e Italia.

En general se puede afirmar que su obra escultórica responde a una inspiración geométrica, puesto que no se sintió identificado con la figuración. Sin embargo, la escultura figurativa no estuvo totalmente ausente de su creación. Algunos ejemplos son sus obras: “Cruz” y “Caballo”. En sus obras denominadas “Cuadros” se superponen sobre un fondo de espejo unos fragmentos irregulares de vidrio agrietado, concebidos desde un planteamiento abstracto, aunque en algunas piezas se aprecia una clara referencia al mundo marino o vegetal. Estas obras son el precedente de los grandes murales que realizó entre 1979 y 1983.

A finales de los 70 experimentó nuevas formas de expresión partiendo de la verticalidad de una lámina de vidrio sostenida por dos soportes laterales, también de vidrio laminado, a la que adosaba formas circulares y tubos de vidrio, con la intención de encontrar nuevos hallazgos formales en los que la luz fuera la protagonista. Su obra “Volúmenes” (fig. 6.2) participó en el *New Glass 79* en el Corning Museum of Glass (1979).



Figura 6.2. Joaquín Torres Esteban. *Volúmenes*, 1979 (c 35 cm alto).

En sus obras “Resplandecer” (fig. 6.3), “Idilio” y “Elevación”, la materia establece con el espacio una dialéctica dinámico-estética, derivada de la verticalidad y horizontalidad de determinados elementos compositivos en

combinación con el dinamismo de lo curvo, lleno de posibilidades capaces de generar volúmenes escultóricos (fig. 6.4).



Figura 6.3. Joaquín Torres Esteban. S.T. 12, 1976 (25 x 25 cm).



Figura 6.4. Joaquín Torres Esteban. Oleaje, 1987 (33 x 29 cm).

La plasticidad del volumen esférico la incorporó a la geometría del cubo, en su unidad formal o en las variantes que origina su fragmentación. En algunas obras lo esférico logra un pleno protagonismo, por ejemplo, en “La fuente” de la Fundación Centro Nacional del Vidrio (La Granja de San Ildefonso, Segovia), en la que la luz se combina con el agua y ésta modifica parcialmente la apariencia de la obra, o en la escultura “Brasilia” (fig. 6.5).



Figura 6.5. Joaquín Torres Esteban. *Brasilia* (48 x 70 cm).

La obra de Torres Esteban es coherente con tendencia a lo arquitectónico y monumental, para subrayar la geometría de unas formas que suponen la valoración del cubo y de la esfera. En su escultura el ordenamiento al que somete las láminas de vidrio contrasta con la anarquía de las grietas, capaces de arrancar al vidrio efectos ópticos insospechados, mediante la combinación de luz y espacio circundante.

Torres Esteban formó parte del *Grup Vidre 83* junto a otros artistas españoles (Rossa Picó, José Fernández Castrillo, Pedro García García, Pertegaz y Hernández y Miguel Ángel Polo). El grupo tenía el objetivo común de hacer del vidrio una razón de vivir, reivindicando para este material el lugar que le corresponde dentro de la creación artística contemporánea. Conscientes del escaso número de artistas y artesanos del vidrio en España y ante la preocupante desaparición de los hornos de vidrio en nuestro país, se unieron para la consecución de un objetivo común: la promoción del vidrio como material capaz de generar su propio lenguaje artístico (32).

6.2.2. Juan Carlos Calabria

Juan Carlos Calabria Zapata se graduó en Farmacia en la Universidad de Granada, pero sus inquietudes artísticas le encaminaron hacia el vidrio. Realizó sus primeros cursos de vidrio en la *Escola de Ceràmica de la Bisbal d'Empordà* (Vulpellac, Girona) de la mano de la profesora Pilar Aldana. Posteriormente colaboró con la Asociación de Artesanos Vidrieros de Santa Lucía (antigua fábrica de vidrio de Cartagena), donde tuvo la oportunidad de trabajar el vidrio soplado. Por entonces realizó varios cursos monográficos en la Escuela Superior del Vidrio de la Fundación Centro Nacional del Vidrio (La Granja, Segovia), y adquirió experiencia con las técnicas de colado y con tubo de vidrio. En 2007 se incorporó al *International Glass Center* de Birmingham (Reino Unido), donde obtuvo el *First Gather* tras un año de especialización sobre vidrio soplado bajo la dirección de Stephen Foster. Durante su estancia en Birmingham colaboró con Iestyn Davies y con la artista segoviana Alba Martín (véase 6.2.5). A su regreso a España dedicó un año a la organización de la Escuela del Centro Andaluz del Vidrio en Castril (Granada). Allí conoció y colaboró con Gabriel Ignasi.

A partir de 2011 centró su actividad en el Museo del Vidrio de Santa Lucía en Cartagena. Su faceta como artista vidriero se amplió con dos vertientes adicionales como gestor del arte en vidrio: por un lado, completó la colección de piezas del museo y, por otro lado, gracias a su amplia experiencia en la instalación y puesta en marcha de hornos de fusión de vidrio de gran tamaño, montó el taller de vidrio soplado de dicho museo. En este taller (fig. 6.6) ha explorado y desarrollado diversas técnicas con vidrio soplado (*pickup* con murrinas, colores *silver*, etc.), y es también donde lleva a cabo proyectos de escultura, tanto con obras propias como para diseños de iluminación orientados a grandes espacios, concretamente en colaboración con la empresa española Atelier Mel. En Ecuador realizó una estancia y colaboración con Alexandra Moshenek, y a continuación comenzó a alternar estudios de modelado 3d con cursos de la Facultad de Bellas Artes de la Universidad de Murcia.

Actualmente Juan Carlos Calabria prepara el desarrollo de proyectos propios de escultura aplicando el modelado 3d a las técnicas de colado de vidrio, así como al vidrio laminado y a varilla de vidrio de borosilicato. Dichos procedimientos artísticos y escultóricos enriquecen su amplio repertorio creativo, que incluye el trabajo del vidrio al soplete, el colado, soplado y descolgado (*slumping*), la elaboración de joyas de diseño, el termofundido, etc.

La trayectoria artística de Juan Carlos Calabria revela una gran pasión por las técnicas de vidrio soplado (fig. 6.6) y por la profundización en efectos estéticos especiales como, por ejemplo, la técnica *graal* (véase 3.4.2) (fig. 6.7) nacida en Suecia en 1916. Su manejo del vidrio de color es impactante, muy

expresivo y pone de manifiesto el dominio del soplado del vidrio según los más puros cánones del *Studio Glass Movement* internacional (véase 5.1).



Figura 6.6. Juan Carlos Calabria en el taller de soplado del Museo del Vidrio de Santa Lucía, Cartagena.



Figura 6.7. Juan Carlos Calabria. Graal, 2007 (30 x 15 cm).

Las dificultades técnicas y económicas, que son comunes a los jóvenes artistas españoles del vidrio, han limitado el desarrollo de la producción de sus obras de vidrio soplado, de modo que Juan Carlos Calabria se ha adentrado en otros caminos del vidrio escultórico. En esta línea se pueden encuadrar sus obras realizadas por colado (fig. 6.8) que demuestran, asimismo, su capacidad artística y riqueza de ideaciones y diseños.



Figura 6.8. Juan Carlos Calabria. Grito, 2007 (35 x 44 cm).

Su comprensión del mensaje de la escultura en vidrio le ha conducido a la aplicación de técnicas innovadoras, por ejemplo el modelado en 3d que, como ya se ha indicado, le abren nuevas posibilidades y perspectivas en su creación escultórica sin las restricciones técnicas y económicas que conlleva la manipulación del vidrio en caliente y, en concreto, las técnicas de soplado en todas sus variedades.

Las obras de Juan Carlos Calabria se fundamentan en la transmisión de un mensaje natural, que usa formas figurativas aderezadas con pequeñas sorpresas, detalles o reflexiones vitales. Por ejemplo, en la fig. 6.9 la obra se realizó con varilla de vidrio de borosilicato fundida directamente con soplete sobre un molde de yeso refractario. Otras de sus obras destacadas dan cuenta de las técnicas a base de murrinas y de aplicación de colores *silver*, así como la joyas de diseño con implosiones y montajes en volumen que crean universos en miniatura. En el taller de vidrio del Museo del Vidrio de Santa Lucía se comenzaron estas experiencias artísticas con vidrio soplado, aunque actualmente el proyecto no se ha desarrollado como sería deseable por falta de

apoyo institucional y social. El trabajo llevado a cabo en este museo también supuso la ejecución de obras mixtas de vidrio con otros materiales, fundamentalmente metales, que el artista realizó para la decoración del propio museo.



Figura 6.9. Juan Carlos Calabria. Tela de araña (detalle), 2014 (110 x 110 cm).

En la fig. 6.10 se muestra una instalación con elementos de vidrio y de cemento que demuestra la versatilidad y capacidad creativa de este joven artista español. El futuro inmediato de Juan Carlos Calabria es afrontar una etapa mucho más productiva en cuanto a obras escultóricas, gracias al inicio de su actividad artística en el taller que recientemente ha instalado en Murcia capital (<http://carloscalabria.blogspot.com.es>).



Figura 6.10. Juan Carlos Calabria. Instalación realizada con elementos de vidrio y cemento, 2010 (130 x 100 cm).

6.2.3. Pedro García

Pedro García García (Arandilla, Burgos, 1954) adoptó la profesión de vidriero y con su familia fundó en 1970 Cristalería Arandina en Alcorcón (Madrid). Aprendió los fundamentos técnicos del vidrio plano con su padre, y a dichos conocimientos sumó los que había adquirido como autodidacta trabajando en Madrid el vidrio al candilón (soplete). Se puede considerar que a partir de 1974 inició su actividad como escultor en vidrio. En esa década obtuvo el título de Decorador Técnico Interiorista en el Centro Español de Nuevas Profesiones, y también recibió sus primeros premios de escultura por parte del Ayuntamiento de Fuenlabrada.

Sus primeras obras escultóricas denominadas “Vidrio frío” se expusieron en el centro mencionado y en ellas se materializaban los efectos de luz, espacio y volumen creados a partir de la superposición de hojas de vidrio plano (3). Estos inicios los realizó a partir de su vinculación y colaboración con el escultor en vidrio Joaquín Torres Estaban (véase 6.2.1).

En los años 80 del pasado siglo Pedro García abrió sus horizontes a EE.UU. y viajó a Nueva York donde expuso varias esculturas para la exposición *Glass Sculptures*. La obra “Núcleo de fuego” (fig. 6.11) ejecutada con vidrio laminar es un buen ejemplo de este periodo del autor.



Figura 6.11. Pedro García. Núcleo de fuego, 1981 (64 x 67 x 30 cm). Museo de Arte en Vidrio de Alcorcón, Madrid.

Poco después, en 1983, se fundó en Barcelona el Grup Vidre '83 del que Pedro García fue miembro fundador. Dicha organización realizó una presentación conjunta de los trabajos de sus miembros en la 50ª Edición de la Feria Internacional de Muestras de Barcelona. La obra de Pedro García para esta ocasión fue la mencionada “Núcleo de fuego” compuesta por 200 hojas de vidrio plano de 3 mm de espesor dispuestas alrededor de un espacio cilíndrico central, formado por una columna de láminas de vidrio pigmentado en color rojo. La escultura representa una expresión de la Naturaleza concretada en una erupción volcánica. También de este periodo es su obra “Elevación II” realizada con hojas de vidrio coloreado gris (fig. 6.12).



Figura 6.12. Pedro García. *Elevación II*, 1984 (60 x 30 x 30 cm).

Se trata de una estructura de tipo arquitectónico caracterizada por una sencilla esbeltez y una perfecta simetría.

La escultura “Esculpiendo un torso” es la contrapartida de vidrio incoloro verdoso con representación figurativa de un cuerpo femenino (fig. 6.13). Esta obra supone la respuesta a las posibilidades artísticas del vidrio plano para generar perspectivas y superficies y volúmenes curvos.

Superado este periodo de obras geométricas y figurativas, Pedro García se enfrentó al ensayo e investigación de nuevas técnicas y posibilidades

expresivas del vidrio como material escultórico. Un ejemplo son sus obras de vidrio termoformado sobre molde, como la que se muestra en la figura 6.14 en la que la imagen central de un *boomerang* comparte espacio con una mano dividida en dos partes en las zonas superior e inferior de la escultura. Un profundo y meditado simbolismo y sentido expresivo cautiva y se apodera de la escultura, aspectos que se extenderán hacia sus obras posteriores.



Figura 6.13. Pedro García. *Esculpiendo un torso* (60 x 33 x 30 cm). Museo Tecnológico del Vidrio, Fundación Centro Nacional del Vidrio, La Granja de San Ildefonso, Segovia.

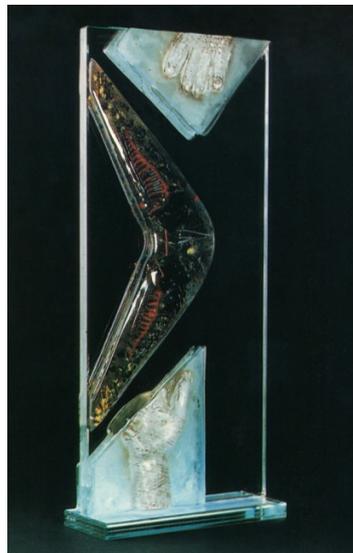


Figura 6.14. Pedro García. *Dar, recibir, ir y venir*, 1988 (55 x 30 x 20 cm).

Durante las décadas de los '80 y '90 Pedro García desarrolló una gran actividad creativa, realizó numerosas exposiciones y obtuvo premios y distinciones tanto en España como en el extranjero. Su serie de esculturas denominada "Inclusiones fundidas" supuso un avance en las posibilidades del vidrio como material escultórico. En estos años el escultor investiga sobre la compatibilidad del vidrio con elementos procedentes de vegetales y animales, así como con metales de distinta naturaleza, pigmentos y fritas. Las figuras 6.15 a 6.18 presentan las obras más representativas de este periodo. La escultura "Silla" (fig. 6.15) realizada con vidrio pintado, fundido y termoformado incorpora inclusiones orgánicas y metálicas, y se complementa con un soporte y base de hierro forjado y lacado.



Figura 6.15. Pedro García. Silla, 1994 (57,5 x 71 x 14 cm).

En "Caminante a Santiago" (fig. 6.16) se combina el vidrio laminado y coloreado con las inclusiones orgánicas. Al igual que la obra anterior, esta escultura se completa con una base de hierro fundido con perforaciones de soplete.

Una variante ejecutada con vidrio pintado, fundido y termoformado con inclusiones orgánicas aparece en "Mar en Pindal" (fig. 6.17) y en "Bisonte de Altamira" (fig. 6.18).



Figura 6.16. Pedro García. *Caminante a Santiago*, 1994 (90 x 69 x 20 cm).



Figura 6.17. Pedro García. *Mar en Pindal*, 1996 (73 x 40 x 26 cm). Museo de Arte en Vidrio de Alcorcón, Madrid.



Figura 6.18. Pedro García. *Bisonte de Altamira* (80 x 50 x 30 cm).

Pedro García compaginó su obra escultórica más creativa con la realización de encargos más próximos a la arquitectura y la monumentalidad. De excepcional originalidad y magnitud es su pared mural “Ojo de estrellas” (fig. 6.19) realizada para la sala madrileña Mamá Carlota con vidrio pintado, fundido y termoformado. Para la decoración de la sala se utilizaron 30 toneladas de vidrio de varios colores y tamaños.

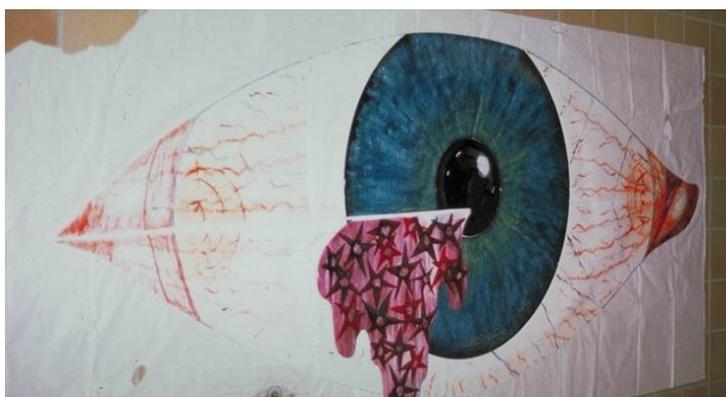


Figura 6.19. Pedro García. *Diseño de la pared mural Ojo de estrellas* (120 x 360 cm). Sala Mamá Carlota, Madrid.

El escultor también realizó la construcción de 30 habitaciones en la cuarta planta del singular hotel Puerta de América de Madrid, donde llevó a cabo paredes de vidrio con formas poligonales irregulares. Asimismo, realizó un espacio prototipo para la firma Viceroy a base de vidrio lacado blanco en suelos, paredes, techos y mobiliario.

En 2008 Pedro García realizó su escultura “Dama oferente” (fig. 6.20) para el stand de Ramos Industria del Vidrio en Veteco.



Figura 6.20. Pedro García. a) Dama oferente, 2008 (150 x 36 x 110 cm). b) El escultor y la autora del trabajo al pie de la mencionada obra.

Esta obra fue diseñada por ordenador durante dos meses y con el concurso de varias personas. Está formada por hojas de vidrio plano extra claro (aproximadamente una tonelada) de distinto espesor. Las láminas más gruesas de 2 cm se sitúan en la parte inferior de la escultura y, a partir de la rodilla de la figura hasta la cintura, las hojas de vidrio son de 1 cm de espesor, seguidas de otras de 8 y 5 mm en el resto del cuerpo, para terminar con láminas de 4mm de espesor en la cabeza. La obra representa claramente una figura femenina en actitud de avance, erguida y solemne. Su ejecución es impecable y monumental

con una intensa conjunción de técnica y belleza. El vidrio es utilizado como un medio material de expresión de los sentimientos que ligán al autor con su obra, y la técnica no es más que el procedimiento que lo hace posible.

En general la obra de Pedro García se caracteriza por la búsqueda constante de la interrelación de la dimensión artística y la personal, lo que le ha llevado a forjarse como un escultor muy versátil que investiga y utiliza técnicas muy variadas, tanto en frío como en caliente. Pedro García tiene la facultad de transportar su filosofía vital a sus esculturas, traduciendo en los juegos de volúmenes, transparencias y reflejos de luz del vidrio sus actitudes y sentimientos. No sin razón le han denominado el escultor de los sentimientos, y en sus obras se reconoce su humanidad que evoluciona, experimenta, convive y trasciende con la propia esencia del vidrio, muy frecuentemente acompañado de otros materiales de naturaleza muy variada. Esa combinación, aparentemente imposible, del vidrio con materiales orgánicos, de procedencia animal o vegetal, sólo alcanza la realidad en las esculturas de Pedro García gracias a su espíritu innovador, tan experimental como artístico, en busca de la expresión completa de la idea proyectada.

El largo camino de la creación, atravesando la idea conceptual, el diseño y el boceto, lo plasma en la obra, normalmente con el concurso de la temperatura que funde e integra los diversos materiales en la escultura acabada. Pero, además, no renuncia a la utilización de otros recursos, ornamentales o complementarios, de ejecución en frío que realzan la obra para así alcanzar su objetivo final.

El profundo carácter experimental de Pedro García también se demuestra en su interés por estudiar el comportamiento o la respuesta del vidrio en función del tiempo y de la meteorización ambiental. En este sentido hay que destacar sus obras escultóricas expuestas al ambiente natural del jardín de su casa, cuyo aspecto y biodeterioro se comentarán más adelante (véase 7.4).

Pedro García es miembro de varias asociaciones profesionales, fundaciones, federaciones, sociedades, etc. tanto nacionales como internacionales, y ha expuesto sus esculturas en muchas exposiciones colectivas e individuales. En una de sus últimas exposiciones, "Esencias de luz" (Aranda de Duero, 2013), Pedro García mostró obras que según sus propias palabras "poseen equilibrio y armonía, que son el resultado de una búsqueda, y revelan su detallado estudio, en clara fusión con la sensibilidad necesaria, para jugar con la luz en transparencias llenas de sutiles matices, inatrapables por efímeras y fugaces, que nos susurran al oído algunas claves del arte mágico del alquimista que convierte lo sólido en líquido, para devolverlo a su estado sólido ya transformado".

6.2.4. Javier Gómez

Javier Gómez Gómez (Pedro Bernardo, Ávila, 1957) es un artista escultor autodidacta cuyo primer contacto con el vidrio tuvo lugar en el taller familiar hacia 1971, donde se manipulaba vidrio industrial. Esta primera fase de su vida profesional tuvo una importancia capital en el desarrollo de sus capacidades manuales con el vidrio, y para el conocimiento profundo de las posibilidades reales de este material en el mundo artístico. Ello no invalida el hecho de que su personal evolución y su constante investigación acerca del vidrio (31) le hayan enriquecido a todo lo largo de su carrera como escultor y le hayan dotado de una sensibilidad, a la vez sencilla y refinada, sobre el papel que puede desempeñar el vidrio en la obra escultórica.

Sus inicios están relacionados con la obra de Joaquín Torres Esteban (véase 6.2.1) que, de algún modo, le muestra lo que se podía hacer, o lo que Torres Esteban había hecho, combinando hojas de vidrio plano convencional. Eso sucedió a finales de los años 80. Las primeras obras de Javier Gómez se caracterizan por el apilamiento de hojas de vidrio plano en posición horizontal o vertical en las que destaca el efecto óptico producido por las múltiples y sucesivas reflexiones y transmisiones de la luz en el conjunto de las hojas de vidrio (29).

Evidentemente es el color verdoso el que puede apreciarse, ya que éste es el color residual de las impurezas de hierro contenidas en la sílice utilizada para la fabricación del vidrio plano común obtenido por el proceso industrial de flotado. Su obra "Cara de la Luna" (fig. 6.21) es un buen ejemplo de este periodo creativo en el que lo figurativo coexiste con una incipiente abstracción. La presencia de la realidad queda materializada a través del vidrio en la escultura, y las tonalidades verdes contribuyen al halo de lejanía y misterio que habitualmente se asocia con el satélite, lo mismo que los atributos de lo nocturno, el descanso y la ensoñación. Una textura de grietas intencionadas puede observarse en algunos de los elementos constitutivos de la obra, que resaltan y animan la monotonía de brillo y transparencia de los elementos no agrietados. El conjunto resulta armonioso no sólo por el juego de luces y texturas, sino también por el equilibrio del centro de gravedad de la escultura.

Una obra muy representativa del periodo de esculturas realizadas por apilamiento de hojas de vidrio es la titulada "Horizonte" (fig. 6.22). En ella ambas dimensiones, la horizontal y la vertical desempeñan simultáneamente el papel más importante. Por un lado el apilamiento en horizontal con deslizamiento en torsión expresa un movimiento ondulante muy dinámico y, por otro lado, el sentido ascendente imprime un sentido vital y ligero. El conjunto formado por las dos columnas componentes de la escultura, enfrentadas y complementarias, inspira un concepto de cambio dinámico, ya que ambas pueden ubicarse a

distancia variable o a alturas variables, con la finalidad estética de reforzar los efectos de la luz a través del vidrio o de buscar interpretaciones más o menos figurativas.



Figura 6.21. Javier Gómez. Cara de la Luna, 1987 (43 x 36 x 36 cm).



Figura 6.22. Javier Gómez. Horizonte, 1988 (96 x 79 x 55 cm).

En los años 90 las esculturas de Javier Gómez avanzan un paso adelante en técnica de ejecución y los resultados muestran mayor sofisticación y expresión. Continúa trabajando con hojas de vidrio plano, pero introduce elementos estéticos nuevos. Para ello realiza apilamientos verticales, horizontales u oblicuos de hojas de vidrio y modifica parcialmente la superficie de algunos elementos de vidrio con chorro de arena y/o con la generación de burbujas. En la escultura "Nueva armonía" (fig. 6.23) se pueden apreciar estos ornamentos, así como la creación de una base en la que se han adicionado esmaltes cerámicos fríos en oquedades intencionadas. Las esculturas de esta década disminuyen de tamaño y aparecen volúmenes compactos, pulidos y brillantes que se independizan del típico esquema de láminas apiladas. Un claro ejemplo lo constituye la obra titulada "Buscando en el Espacio VI" (fig. 6.24) que, aparte de recordar vagamente un ave, muestra la parte que se puede interpretar como su cuerpo como un vidrio monolítico, aunque en realidad está compuesto de varias hojas gruesas de vidrio plano, perfectamente ensambladas y pulidas como una masa única y compacta que transmite la luz a lo largo de su dimensión, la refleja en una superficie mucho mayor que las hojas menos gruesas de vidrio que pueden interpretarse como las alas, y posee un tacto tan sedoso como inspira su apariencia. Para alcanzar estos efectos el escultor tuvo que ingeniar sus propias herramientas, sistemas y procedimientos de pulido, ya que los disponibles habitualmente en el mercado no resultaron eficaces.



Figura 6.23. Javier Gómez. Nueva armonía, 1991 (57 x 52 x 25 cm).

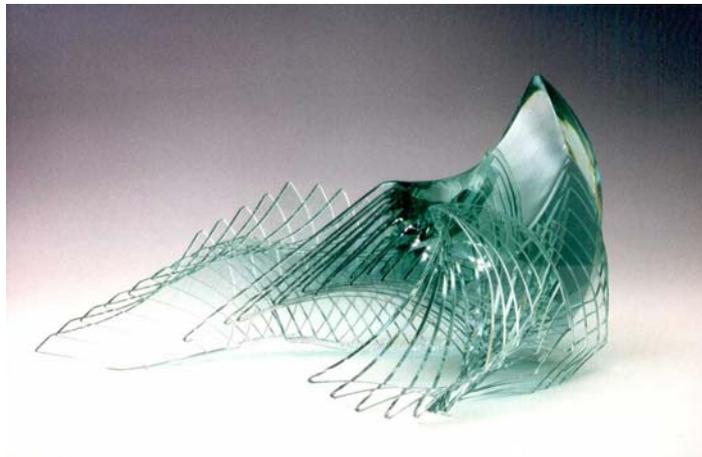


Figura 6.24. Javier Gómez. *Buscando en el espacio VI*, 1999 (27,5 x 54,0 x 32,0 cm).

La obra de Javier Gómez en la primera etapa hasta 1999 se caracteriza por su coherencia formal, obtenida tras un largo periodo de meditación y de evolución. En sus esculturas la luz nace de los volúmenes y retorna a su seno, creando ilusiones ópticas en las múltiples reflexiones con las hojas de vidrio y su disposición espacial. El escultor modela las masas de vidrio como si se tratara de un soplo de aire, ya que las libera de la gravedad o de su densidad inicial para crear formas livianas, casi flotantes. En las esculturas se puede encontrar un doble mundo: uno formado por el volumen exterior de la escultura y su relación con el resto del espacio real, y otro formado por el submundo interior del vidrio y lo que allí dentro se puede sugerir de luminoso y fantástico (3).

A partir del nuevo siglo (28) las obras de Javier Gómez experimentan una evolución profunda que conlleva la utilización del color, sea en masa en las hojas de vidrio o adicionando los colorantes en los adhesivos con que las ensambla. Un ejemplo se muestra en la escultura de la fig. 6.25.

La escultura “Cabeza” (fig. 6.26) representa un ejercicio de abstracción y una apuesta por el color y la ausencia de transparencia. No es opacidad total, puesto que la luz juega sutilmente en las zonas de la obra en las que el vidrio presenta menor espesor; allí la luz se difunde tenuemente y contribuye al relieve y a la realidad de la forma. Aunque ciertamente la luz no traspasa el volumen, continúa desempeñando un papel estético indispensable. El efecto intuitivo de la cabeza se sugiere por la combinación de líneas curvas suaves, y su carácter denso, en el sentido de contundente, lo aporta el acabado satinado obtenido por pulido controlado.



Figura 6.25. Javier Gómez. Escultura coloreada realizada por ensamblaje de láminas de vidrio. De izquierda a derecha: Emilio Elvira Muñoz, soplador de vidrio científico (Universidad Complutense de Madrid); José M^a Fernández Navarro, Profesor de Investigación emérito del CSIC; Javier Gómez Gómez y la autora del trabajo.



Figura 6.26. Javier Gómez. Cabeza VII, 2001 (52 x 39 x 14 cm).

En “Espacio abierto V” (fig. 6.27) los elementos de la escultura son móviles y pueden disponerse de diferentes modos. Una vez más el color y el acabado satinado controlan la difusión de la luz y la expresividad de las líneas y curvas de los volúmenes.



Figura 6.27. Javier Gómez. Espacio abierto V, 2005 (99 x 31 x 42) cm.

Un reto más atrevido, en cuanto a color se refiere, lo incorpora la obra “Espacio abierto IV” (fig. 6.28). Esta escultura reúne diversas características que demuestran la maestría de su autor, así como la pureza de sus diseños, ejecución y acabados. Los volúmenes, conseguidos con varias láminas de vidrio ensambladas, se distribuyen de forma simétrica según varios ejes y planos, de modo que el volumen total queda dividido en función de su intensidad de color y de su grado de pulido (en definitiva de su transparencia o traslucidez). Lógicamente la luz transmitida, reflejada o difundida de acuerdo con los diferentes acabados de las superficies, aportan profundidad y relieve, a la vez que infunden un optimismo inspirado por esos tonos fluctuantes entre el fucsia y el burdeos.

El juego de las texturas y los efectos ópticos que éstas producen se manifiestan en obras como la titulada “Volcánico” (fig. 6.29). En este caso las hojas de vidrio, después de su ensamblaje, han recibido un tratamiento ulterior

de ataque e impresión que dotan al conjunto de una expresión viva, con un aspecto ciertamente alejado del que se acostumbra a contemplar en el vidrio. Aparece así el material dotado de una nueva apariencia intermedia entre el mundo de lo vivo y de lo inerte, entre el aspecto de una lava volcánica doblada y arrugada por efecto de su propio peso al quedar rígida y fría, y la postura relajada pero retorcida de un invertebrado colosal. El color gris azulado contribuye a la expresividad de la obra y sus superficies semitraslúcidas y satinadas al relieve y las sombras de la textura.



Figura 6.28. Javier Gómez. *Espacio abierto IV*, 2006 (68 x 66 x 17 cm).



Figura 6.29. Javier Gómez. *Volcánico*, 2007 (52 x 82 x 25 cm).

La conjunción entre vidrios con partes lisas y partes texturadas se hace patente en la escultura “Esfera” (fig. 6.30). Los volúmenes y relieves se resaltan sobre el fondo brillante de la gama de los tonos castaños y ofrecen nuevamente varias interpretaciones de formas vivas o inertes en la masa del conjunto. En este caso la superficie texturada se ha realizado mediante ataque ácido e incisiones sobrepuestas.

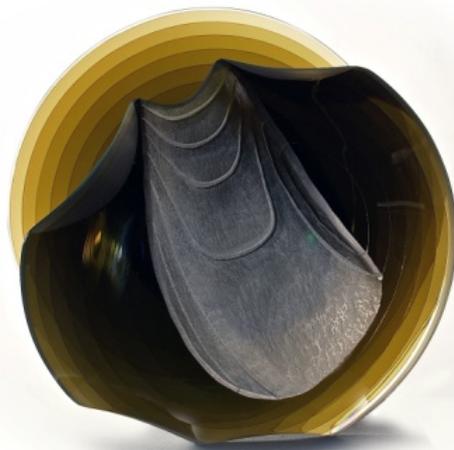


Figura 6.30. Javier Gómez. *Esfera*, 2007 (33 x 33 x 17 cm).

En las obras “Diálogos en la forma” (figs. 6.31 y 6.32), las más recientes del escultor, los volúmenes se contorsionan con una dificultad de ejecución que parece evaporarse a la vista de la gracilidad de las esculturas en su conjunto.

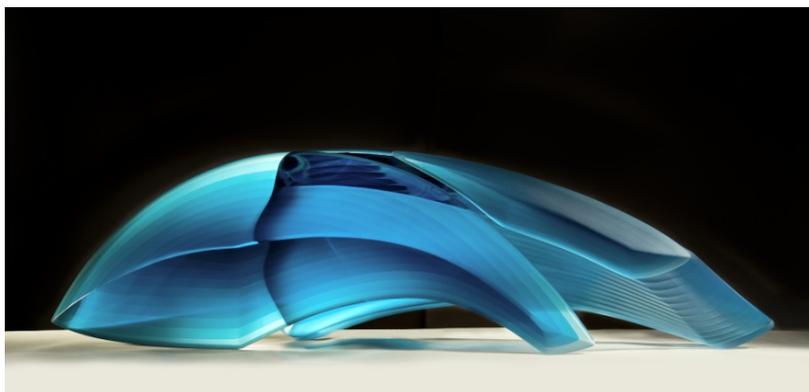


Figura 6.31. Javier Gómez. *Diálogos en la forma*, 2013 (30 x 108 x 28 cm).



Figura 6.32. Javier Gómez. *Diálogos en la forma*, 2015 (42,0 x 33,0 x 21,5 cm).

Son obras abstractas de gran movimiento y elegancia en las que el color (en la escultura de la fig. 6.31) y la presencia de algunas burbujas o texturas (en la escultura de la fig. 6.32) contribuyen a resaltar la pureza de líneas. El grado de perfección técnica y plástica alcanza aquí las más altas cotas, y demuestra que el autor domina al material, al vidrio que convierte en aliado y vía de comunicación de sus magníficos diseños. No es, pues, de extrañar que se señale a Javier Gómez como ejemplo de lo que se puede hacer con el vidrio en la escultura, y que se reproduzcan sus obras para ilustrar una parte importante de la evolución escultórica contemporánea (31).

El proceso creativo de Javier Gómez se materializa a través de varias etapas. La primera de ellas y fundamental es la idea, que tras su génesis madura mentalmente durante días o meses. Una misma idea puede dar lugar a una sola obra o a varias, dependiendo de su proyección artística y de su profundidad conceptual. La investigación sobre esa idea es la que le abre un camino a seguir, inicialmente con un dibujo en papel o con bocetos que plasman sus planteamientos formales y los requerimientos de la obra a realizar. A continuación lleva a cabo un dibujo artístico que refleja fielmente la futura escultura, y después un dibujo técnico que permite desarrollar las distintas fases de la obra. Dicho dibujo técnico es la base para realizar los cortes en los vidrios, que unirá para ensamblar el volumen final de la escultura. El acabado de la obra

lo realiza mediante talla y pulido utilizando diversas técnicas, dependiendo de las texturas que desee imprimir en la escultura.

Javier Gómez fue el impulsor del Museo de Arte en Vidrio de Alcorcón (MAVA) inaugurado en octubre de 1997. Trabajó incansablemente en su planificación, diseño, acopio de obras, etc. y actualmente es su asesor artístico. El MAVA inició su andadura gracias, por un lado, a la donación de Takako Sano (colaboradora y amiga de Javier Gómez) de una parte importante de su colección particular y, por otro lado, de las donaciones de otros muchos artistas y escultores que mediante la gestión de Javier Gómez decidieron apoyar el proyecto. Actualmente la colección permanente del MAVA la forman más de 160 obras y continúa creciendo, en buena parte, debido a la convocatoria del Premio Internacional de Escultura en Vidrio, único en su categoría que se convoca en España.

Javier Gómez ha sido el protagonista único de más de 60 exposiciones en el periodo de 1987 a 2015, así como de unas 185 exposiciones en grupo en ciudades de todo el mundo. Sus obras forman parte de muchísimas colecciones privadas y también se conservan en 25 museos de relevancia internacional, entre los que cabe citar los específicos de obras en vidrio: Ebeltoft Glass Museum (Ebeltoft, Dinamarca), Museum für Modernes Glas (Veste Coburg, Alemania), The Corning Museum of Glass (Corning, NY, EE.UU.), Museo del Vidrio (Monterrey, México), Museo de Arte en Vidrio de Alcorcón (Madrid, España), Museo Tecnológico del Vidrio (FCNV, La Granja, España), Museu do Vidro (Marinha Grande, Portugal), Glasmuseum Frauenau (Frauenau, Alemania), The Finnish Glass Museum (Riihimäki, Finlandia), Glasmuseum Alter Hof Herding (Coesfeld Lette, Alemania).

6.2.5. Alba Martín

Esta joven artista vidriera, actualmente vicepresidenta del Gremio de Artesanos de Segovia, se formó en la Escuela Taller de la FCNV de La Granja (2003) y, posteriormente, durante ocho años en Stourbridge (Inglaterra). Allí cursó un año en el International Glass Centre, en Brierley Hill, parte de Dudley College, y también colaboró con diversos artistas entre los que destacan Iestyn Davies y Stuart Fletcher. Con el primero en *The Contemporary Chandelier Company*, una empresa dedicada a la producción de instalaciones de vidrio de gran formato y escultura en vidrio, realizó elementos para lámparas monumentales, bolardos y diversos objetos decorativos, así como escultura de gran tamaño de hasta nueve capas de vidrio. Con el segundo colaboró cuatro años en la empresa *Topglass Glassblowing Studio* en la creación de una gama amplia de objetos funcionales y artesanales de menor tamaño y coste, respecto

a los de la empresa antes mencionada. En ambas colaboraciones Alba Martín empleó esencialmente el soplado a caña con vidrio fundido en horno.

A su regreso de Inglaterra se instaló en Segovia como autónoma (albamartinglass.com/) y, gracias al patrocinio y consejo de sus colaboradores ingleses, puso a punto un estudio taller de vidrio (fig. 6.33).



Figura 6.33. Alba Martín y la autora del trabajo en el estudio taller de la artista en Segovia.

En sus instalaciones dispone de dos hornos en los que se combinan las características de varios modelos de hornos comerciales, con el fin de que se ajusten a las necesidades de ejecución de sus obras. En el diseño y montaje de estos hornos el apoyo de sus colegas británicos fue esencial, ya que no encontró otro tipo de facilidades en su entorno próximo. Los hornos se alimentan con gas natural y los sistemas de válvulas y de seguridad son ingleses, aunque el ensamblaje lo realizaron ingenieros españoles de la compañía de gas. Muchas de sus herramientas y materiales de partida los trajo también de Inglaterra, aunque actualmente utiliza asimismo herramientas de EE.UU. e Italia. Respecto a los vidrios de partida, usa bolas preformadas de origen alemán; vidrios de silicato sódico cálcico de bajo coeficiente de dilatación compatible con los vidrios de Murano y de otras procedencias; granallas de diversos tamaños y polvos de vidrio, por ejemplo con propiedades fosforescentes, que se pueden introducir en espirales tipo *reticello* para realizar ornamentaciones.

Los diseños de vidrio de Alba Martín se plasman primero en un dibujo, pero no descarta la experimentación como fuente de inspiración instantánea, cuando el vidrio está recién sacado del horno con la caña a una temperatura

muy alta y las herramientas son como dedos que moldean el volumen de vidrio más o menos soplado (fig. 6.34).



Figura 6.34. Alba Martín. Pisapapeles realizado mediante soplado con caña (8 cm diámetro).

Alba Martín combina procesos de soplado a caña y soplete para la obtención de efectos tipo *Ariel* (véase 3.4.2), y conjuga colores a partir de óxidos metálicos, que dan lugar a nuevos colores a través de reacciones de oxidación-reducción, según las condiciones de la atmósfera del horno o de la llama del soplete (fig. 6.35). Una técnica de su invención es la formación de superficies rústicas de vidrio parcialmente fundido a la llama del soplete, que constituyen un cuerpo mate y rugoso sobre el que adosa esferas de vidrio transparente. Resulta un efecto sorprendente y original como se puede apreciar en la fig. 6.36. Otra técnica frecuente en sus obras consiste en la asociación de cuarteado (“craquelado”) y doblado. En este tipo de obras solo la capa exterior de vidrio de color está cuarteada con cierta profundidad y, tras un recalentamiento, la superficie del vidrio incoloro de acabado adquiere un aspecto liso y pulido (fig. 6.37).

La vida profesional de esta joven artista se ha construido sobre la base de los materiales (vidrios), las ideas (diseños artísticos) y las posibilidades técnicas (hornos, herramientas). Aunque su trayectoria no ha sido fácil, porque ha encontrado más dificultades que apoyos, transmite un sentimiento muy positivo cuando dice plena de convicción que soplar vidrio artístico en España es posible. Y esto a pesar de que en nuestro país lo que mejor se comprenden son

las clásicas copas, jarrones y pisapapeles, a diferencia de Inglaterra donde además se aprecia la creatividad y los diseños y se valora la escultura en vidrio en toda su dimensión.



Figura 6.35. Alba Martín. Jarrón con superficie irisada (22 cm alto).



Figura 6.36. Alba Martín. Cuenta Powders (3 cm diámetro).



Figura 6.37. Alba Martín. a) *Andante* (18 cm alto). b) *Anilleros* (20 cm alto).

6.2.6. Susana Martín

Susana Martín Martínez se licenció en Historia del Arte en la Universidad de Zaragoza y actualmente es la presidenta de la Asociación Profesional de Artesanos de Aragón. Sus inicios artísticos arrancan con el esmalte al fuego sobre cobre y desde 1995 con el trabajo del vidrio en vidrieras tipo Tiffany. Siguió diversos cursos monográficos en la FCNV, el *Centre del Vidre* de Cataluña y ha colaborado con importantes artistas y escultores de reconocido prestigio internacional, como Toots Zynsky y Silvia Levenson.

En el año 2000 comenzó su andadura con el vidrio escultórico realizando termofundidos que elabora con varias hojas de vidrio y motivos planos. Las obras se adaptan a la posición vertical mediante soportes metálicos de forja y/o madera. Estos objetos pueden ser exclusivamente ornamentales o funcionales (relojes, marcos para fotografías, cajas, cuencos, jarrones y fuentes, joyas, etc.) (fig. 6.38).

Las obras de Susana Martín combinan frecuentemente varias técnicas: termofundido, soplete, hilos estirados, pasta de vidrio, murrinas y materiales mixtos, por ejemplo, calcas. Las calcas o calcomanías se humedecen con agua, se aplican sobre la superficie del vidrio y posteriormente se hornean a unos 800°C. Pueden ser de color o blanco y negro, que son las que debido a su componente rico en óxido férrico proporcionan tras el acabado un tono sepia.



Figura 6.38. Susana Martín. Gong (45 x 35 x 12 cm).



Figura 6.39. Susana Martín. Loto (40 x 14 cm).

Estas obras ponen de manifiesto su evolución artística y sus fuentes de inspiración, de modo que establece una retroalimentación entre las técnicas, que

inicialmente han de estar al servicio de la inspiración, y la inspiración en sí misma. Aun considerando las técnicas como una herramienta de trabajo, considera que el dominio de las mismas enriquece su inspiración artística y la conducen hacia la exploración de nuevos caminos de expresión. Es la versatilidad del vidrio la característica que más aprecia en este material, ya que le brinda su luminosidad, coloridos, efectos ópticos y texturas que, hábilmente trabajados con imaginación y un gusto exquisito, originan obras elegantes, siempre evocadoras, con el sentido y sentimiento de su autora. Sus temas giran alrededor de la Naturaleza: el agua, los vegetales, flores y pececillos, así como en el pasado vivido, la experiencia vital, la familia y la infancia (figs. 6.39 y 6.40). Los pequeños elementos como las ramas o las algas los elabora al soplete y luego los incorpora en las obras de termofundido, junto con otros elementos como las murrinas (fig. 6.41).



Figura 6.40. Susana Martín. *A mi madre* (30 x 40 x 8 cm).

Susana Martín ha participado en diversas exposiciones individuales y colectivas y ha obtenido el reconocimiento a su obra con varios premios (www.susanamartin.es/). En Zaragoza dispone de un estudio taller y tienda (fig. 6.42).



Figura 6.41. Susana Martín. *Reviviendo la memoria* (20 x 12 x 12 cm).



Figura 6.42. Susana Martín y la autora del trabajo en el estudio taller y tienda de la artista en Zaragoza.

6.2.7. Artistas de vidrio al soplete

Estrella Alba

Estrella Alba es una artista autodidacta que desde muy temprana edad mostró dotes creativas y para el dibujo. Al principio su actividad se repartió entre la pintura al óleo, la arcilla polimérica (*Fimo*) y la bisutería cerámica. Se introdujo como aficionada en el trabajo del vidrio al soplete en 2007. La dificultad de esta técnica la estimuló para profundizar en ella, y fue adquiriendo experiencia en su propio taller de La Muela (Zaragoza) (fig. 6.43).

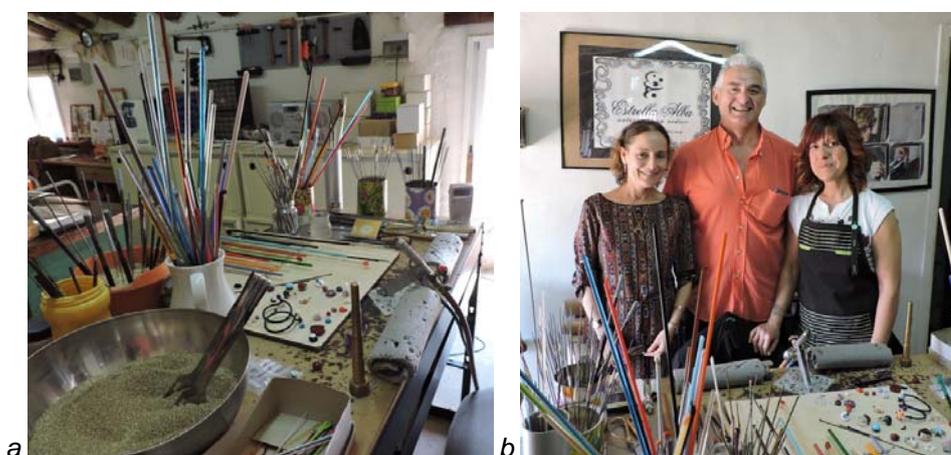


Figura 6.43. a) Mesa de trabajo del taller de Estrella Alba en La Muela (Zaragoza). b) De izquierda a derecha: la autora del trabajo; Arturo Laguarda Grasa, soplador de vidrio científico (Universidad de Zaragoza) y Estrella Alba.

En sus inicios realizó algunas obras de termoconformado, pero su camino se fue consolidando con la técnica del soplete.

Actualmente Estrella Alba utiliza como vidrio de partida murrinas y varillas macizas de distintos espesores, transparentes u opacas, lisas o torsionadas de silicato sódico cálcico procedentes de Murano; y un soplete de mesa alimentado con butano y concentrador de oxígeno.

Realiza al soplete el conformado de los objetos a partir de diseños propios. Posteriormente lleva a cabo la ornamentación, por ejemplo mateado por abrasión con chorro de arena con o sin máscara. Para el recocido de las piezas usa un baño de vermiculita si se trata de piezas pequeñas, o bien un horno de recocido para las de mayor tamaño.

Sus obras están consideradas joyería en vidrio realizadas a partir de diseños exclusivos y originales con motivos de insectos, caras, muñecas, estrellas de mar, flores, etc. (fig. 6.44).

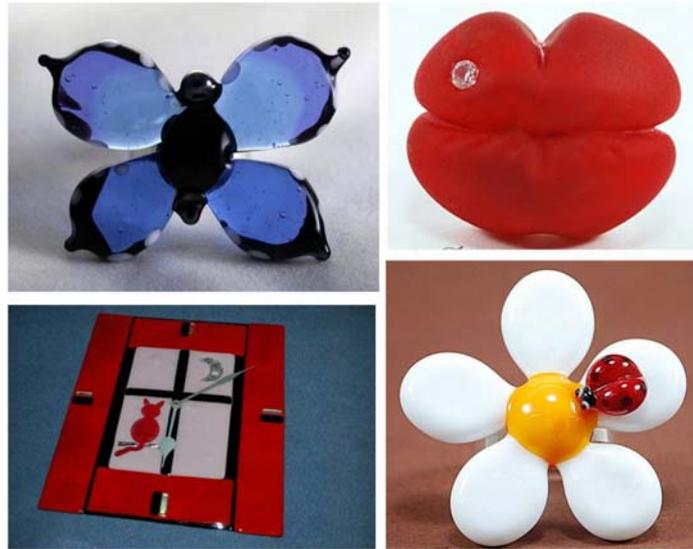


Figura 6.44. Estrella Alba. Diversos motivos en vidrio para joyas y un reloj elaborado mediante termoconformado.

También realiza marcapáginas y catrinas (calaveras mexicanas muy decoradas). Para ornamentar el vidrio base transparente y conferirle un aspecto perlado, brillante o irisado usa mica de distintas características, además de efectos de relieve, burbujas y texturas. En sus joyas puede apreciarse una constante de motivos naturales en los diseños propios que adapta a cuentas, colgantes, abalorios de diversas formas, letras de vidrio sobre bases de vidrio, animales (mariposas, tortugas, pececillos, mariquitas), etc. (estrellalba.blogspot.com.es).

Javier Pérez Valero

Javier Pérez Valero es un vidriero polifacético formado inicialmente como soplador de vidrio científico en la Universidad de Zaragoza (Servicio de Soplado de Vidrio). Su actividad profesional gira en derredor del vidrio artístico, técnico y funcional. Las facetas técnica y funcional abarcan muchos objetos y dispositivos tecnológicamente avanzados o convencionales. Hay que destacar su producción de transpondedores o *transponders* para la guía y transporte de contenedores en puertos marítimos, que elabora mediante encapsulado en tubo de vidrio de borosilicato. Otros objetos de características funcionales son las pantallas para

lámparas de petróleo, los vaporizadores para medicamentos, los dispositivos para tratamiento de tumores cancerígenos, que contienen bobinas superconductoras encapsuladas en vidrio de borosilicato, etc.

Su faceta artística se inició con un curso de soplado de vidrio y recuperación de la tradición vidriera de Alfamén (Zaragoza). Después de la creación de una cooperativa se incorporó al Servicio de Soplado de Vidrio de la Universidad de Zaragoza, actividad que compagina con su producción artística y artesana.

La técnica que utiliza gira en torno al soplado y modelado con soplete (fig. 6.45), técnica que domina gracias a su trabajo con el vidrio científico y que le permite realizar creaciones complejas, de figuras dentro de figuras, ambas de vidrio hueco, en tamaños muy variables, desde los más pequeños hasta grandes figuras. Su evolución artística pasó por un recorrido lógico, desde pequeñas obras como espigas o colgantes, a figuras de tamaños mayores y difícil elaboración (fig. 6.46).



Figura 6.45. Javier Pérez Valero en su taller de Alfamén (Zaragoza).

Sus obras se basan tanto en diseños propios como en modelos o ideas de otras personas. No realiza dibujos ni bocetos previos, sino que ejecuta los volúmenes directamente de memoria o del natural, ya que posee una gran capacidad de abstracción y retentiva, incluso para las obras de tamaños considerablemente grandes y de formas muy complejas (fig. 6.47).



Figura 6.46. Javier Pérez Valero. Pegaso, 2015 (36 x 36 x 58 cm).



Figura 6.47. Javier Pérez Valero. Ciervo, 2015 (c 25 cm alto).

El taller de vidrio de Javier Pérez Valero de Alfamén (Zaragoza) (<http://www.artecristal.org/>) abarca simultáneamente las tres facetas de producción mencionadas anteriormente, de modo que el taller técnico financia de algún modo el estudio de orientación artística. En este estudio promueve la creación de obras muy originales, siempre distintas respecto a lo que es usual en talleres de soplado de vidrio, puesto que su principal preocupación es la innovación. En este sentido su aspiración futura es la organización de un estudio

artístico independiente, autofinanciado y sostenible donde, además de la producción personal, colabore estrechamente con otros artistas vidrieros en la “creación de imposibles”, según sus propias palabras. Un estudio donde se puedan llevar a cabo proyectos de difusión del vidrio, por ejemplo, para personas invidentes a través de texturas, sonidos y temperaturas asociadas a obras de vidrio.

María Luisa Sánchez

María Luisa Sánchez es la titular de la empresa Vitrodonna SC de Zaragoza. Junto a Arturo Laguarda Grasa, soplador de vidrio científico de la Universidad de Zaragoza y responsable del Servicio de Soplado de Vidrio de dicha universidad, ambos poseen una amplia experiencia en el soplado y modelado de vidrio al soplete que se extiende a más de 30 años. Su actividad abarca tanto el vidrio artístico como el científico y su divulgación. Estas tres líneas de trabajo de Vitrodonna se complementan con otras técnicas de elaboración y de ornamentación del vidrio en frío y en caliente (vitrificaciones al horno y a la llama, *fuming*, termoformado y decoraciones en frío) (www.vitrodonna.com).

Los diseños de soplado tridimensional son la especialidad de Arturo Laguarda, mientras que M^a Luisa Sánchez realiza los diseños de modelados y su ejecución. Su orientación artística se basa en el mundo vegetal (fig. 6.48) o animal y en siluetas humanas, y sus diseños comprenden objetos de uso personal, joyas, reproducciones en miniatura, históricas y de colección. También realizan piezas de laboratorio y de uso utilitario con diseños y/o motivos artísticos, como aceiteras, floreros, perfumadores, copas, decantadores, pipas, tulipas, lámparas, etc. Los vidrios de partida son varillas macizas y tubos de vidrio común de silicato sódico cálcico de diversos diámetros, colores, texturas, opacidad, etc., así como vidrio de borosilicato sódico, el característico del material de laboratorio con excelentes propiedades térmicas, químicas y mecánicas.

Además de su faceta productiva y artística, M^a Luisa Sánchez y Arturo Laguarda desarrollan una labor muy importante de difusión del vidrio como material y de sus posibilidades de trabajo con fines artísticos y científicos. Usualmente imparten talleres demostrativos de soplado, modelado y técnicas mixtas en ferias de artesanía, ferias temáticas y para colectividades. Asimismo, organizan talleres didácticos de introducción al soplado del vidrio y al modelado tanto a nivel participativo como demostrativo y en concursos de diseño infantil. En cuanto a cursos, organizan, coordinan e imparten cursos de diversas técnicas, niveles y duración sobre iniciación al vidrio artístico (soplado al soplete, modelado al soplete y técnicas mixtas), y sobre vidrio científico en niveles de iniciación, medio y avanzado.

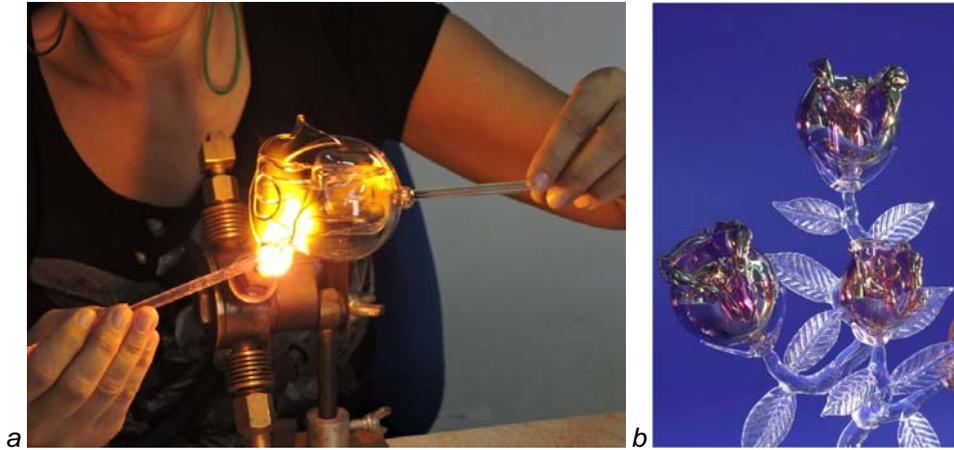


Figura 6.48. a) María Luisa Sánchez elaborando una rosa al soplete. b) Detalle de un ramo de rosas (c 30 cm alto).

Las obras de Vitrodonna se encuentran expuestas en la Galería de Arte Zaca de La Granja (Segovia) y en el Centro de Artesanía de Aragón (CADA).

7. ALTERACIÓN, RESTAURACIÓN Y CONSERVACIÓN DE LA ESCULTURA EN VIDRIO

7. ALTERACIÓN, RESTAURACION Y CONSERVACIÓN DE LA ESCULTURA EN VIDRIO

Todo artista aspira no sólo a que sus creaciones sean bien valoradas, sino también a que además mantengan su vigencia en el tiempo y puedan perdurar en buen estado. La pervivencia de una obra de arte depende de una serie de factores tales como la naturaleza y composición del material de que esté constituida; de su proceso de ejecución; de los tratamientos en caliente o en frío a que haya estado sometida; de las condiciones ambientales en que haya estado expuesta una vez acabada, y del tiempo que haya permanecido en ellas. Todos estos factores, aislada o conjuntamente, son los que van a determinar su estado de conservación. Por ello el conocimiento de la influencia que cada uno de ellos pueda ejercer en su conservación, así como el de sus mecanismos de actuación son de primordial importancia tanto para el autor de la obra como para los responsables de su custodia y conservación.

El vidrio a lo largo de su milenaria historia ha podido competir con los materiales más tradicionales empleados para la escultura y, pese a estar

menoscabado por su fragilidad, ha demostrado poseer una elevada durabilidad acreditada por el satisfactorio estado de conservación en que ha llegado hasta nuestros días el gran número de ejemplares procedentes de todas las épocas y culturas, excepción hecha de aquellos que han estado expuestos a condiciones especialmente adversas.

7.1. PROCESOS DE ALTERACIÓN DEL VIDRIO POR DETERIORO QUÍMICO

7.1.1. Influencia de la composición química

El factor que ejerce mayor influencia en las propiedades de los vidrios, en su durabilidad química y, por lo tanto, en su estado de conservación es, sin duda, su composición química (véase 3.2).

De los principales tipos de vidrios empleados a lo largo de la historia los más comunes y prácticamente los únicos que desde sus orígenes se han impuesto tanto para la fabricación de objetos de uso diverso como para la creación de obras artísticas, han sido los vidrios de silicato constituidos mayoritariamente por óxido de silicio, un óxido alcalino (de sodio o de potasio) y óxido de calcio (véase 3.2.). El porcentaje en que interviene cada uno de estos tres componentes, así como la proporción relativa entre ellos, son los que determinan su estabilidad química y su resistencia a los agentes agresivos. Además de los tres componentes mencionados, el vidrio también puede contener pequeñas proporciones de otros óxidos como los de aluminio, fósforo, magnesio y bario, entre otros. Junto a los vidrios más convencionales de silicato sódico cálcico, hay que incluir los denominados vidrios cristal, de silicato de plomo y potasio, destinados preferentemente a la producción de objetos de mayor valor artístico.

Por ello y debido al especial papel que desempeña en su comportamiento, resulta esencial conocer en todos los casos la composición química de los vidrios como información previa requerida para su estudio.

Se ha demostrado que sólo cuando la suma de los porcentajes molares de los óxidos formadores de vidrio (óxidos de silicio, de aluminio y de fósforo) es superior al 60 % los vidrios se mantienen inatacables a lo largo del tiempo. Por debajo de este valor pueden aparecer picaduras o incluso formarse costras.

La influencia de los óxidos alcalinos sobre la estabilidad del vidrio es también decisiva, tanto por la proporción en que intervengan como por su

naturaleza. El porcentaje de óxidos alcalinos, que limita la estabilidad química de los vidrios, puede estimarse entre un 16 y un 20 %, dependiendo de la proporción de los otros óxidos. Respecto a su naturaleza hay que señalar, en primer lugar, que los vidrios potásicos presentan una durabilidad química mucho menor que los sódicos; y, en segundo lugar, que los vidrios con bajos contenidos de óxido de calcio son menos durables que los que poseen contenidos elevados de óxido de calcio. Por eso los vidrios medievales, denominados “vidrios de bosque”, que tienen un elevado porcentaje de óxido de potasio, y los delicados vidrios *crystallo* venecianos con un alto contenido de óxido de sodio y más bajo de óxido de calcio, resultan especialmente vulnerables (véase 7.1.2.)

El proceso de ataque transcurre de diferente manera según que éste tenga lugar en medio ácido, neutro o básico.

7.1.2. Influencia de las condiciones ambientales

El grado de deterioro sufrido por los vidrios depende no sólo de las limitaciones impuestas por su composición química, sino también y de modo muy especial, de las condiciones ambientales a las que hayan estado expuestos y de la mayor o menor agresividad de los agentes químicos con que hayan permanecido en contacto. El grado de deterioro será muy diferente según que hayan estado a la intemperie, procedan de un enterramiento, de un medio subacuático o se hayan mantenido en un espacio interior. A los primeros se les suele aplicar la denominación de vidrios arqueológicos para diferenciarlos del resto de otros vidrios antiguos o modernos (51).

Generalmente los vidrios que presentan alteraciones más graves son los que se han mantenido a la intemperie, como es el caso de las vidrieras y de las esculturas expuestas al aire libre. En el caso de las vidrieras medievales se añade el agravante del elevado porcentaje de óxido de potasio que contiene el vidrio, ya que los iones potasio son más fácilmente extraíbles. Ello explica que hayan sufrido con el tiempo un deterioro mucho mayor que los vidrios sódicos.

Vidrios expuestos a la intemperie

En todos los casos el ataque químico de los vidrios transcurre del mismo modo en sus primeras etapas. La condición fundamental para que este pueda iniciarse es que el vidrio se halle en un medio húmedo. En un ambiente rigurosamente seco cualquier tipo de vidrio podría permanecer inalterado indefinidamente, siempre que no hubiera estado anteriormente en contacto con la humedad. El proceso de alteración se inicia con la adsorción sobre la superficie del vidrio de una delgada película de agua, cuyas moléculas se fijan

sobre los grupos silanoles y lentamente se van difundiendo hasta una escasa profundidad, dando lugar a la formación de una delgada capa de gel de sílice.

Este agua superficial, procedente de la lluvia o de la humedad ambiental, produce, a través un proceso de cambio iónico una lixiviación o extracción de los iones alcalinos del vidrio, que da lugar a una progresiva desalcalinización superficial. Los iones alcalinos alojados en los huecos intersticiales de la red estructural (véase 3.2.) son los que están más débilmente unidos y, por lo tanto, son los más fácilmente extraíbles. Lógicamente, cuanto mayor sea el contenido alcalino del vidrio (óxidos de sodio o de potasio) más intenso y más grave será el proceso de extracción de álcali y la degradación consiguiente del vidrio. A la acción del agua se suma la de los agentes atmosféricos naturales (dióxido de carbono) y, más gravemente, la de los gases provenientes de las emisiones contaminantes del aire (dióxido de azufre y óxidos de nitrógeno) que se van disolviendo en el agua, creando un medio ácido más agresivo. De este modo transcurre la secuencia de un ataque creciente que da lugar primero a la formación de hidróxidos, que después se transforman nitratos y en carbonatos, y, por último, en sulfatos. Las sales solubles se eliminan arrastradas por la lluvia, mientras que los productos insolubles permanecen adheridos a la superficie formando depósitos cristalinos o costras.

La corrosión se inicia preferentemente en las zonas donde existan microfisuras que pueden estar producidas por lesiones superficiales o bien deberse a tensiones mecánicas creadas por la presencia de pequeñas inclusiones de impurezas. La existencia de microfisuras o de grietas en el vidrio acelera el ataque químico, el cual progresa con mayor rapidez que la que corresponde a un proceso químico de difusión. Recíprocamente, como se verá más adelante, el ataque químico acelera la propagación de las microfisuras. Es decir, existe un efecto de interrelación entre la corrosión química y las lesiones mecánicas que se potencian mutuamente.

Vidrios conservados en espacios interiores

Los objetos de vidrio situados en ambientes interiores, supuestamente no agresivos, como viviendas y museos, protegidos de la intemperie y del contacto directo con los agentes atmosféricos contaminantes, no suelen presentar alteraciones graves. No obstante, sorprende que en algunos casos pueda aparecer inesperadamente al cabo del tiempo un ligero velo blanco superficial con aspecto de empañamiento, que proporciona al vidrio un tacto escurridizo y jabonoso. Este defecto conocido con el nombre de exudado o “vidrio llorón” (*crizzling* o *weeping glass* en la denominación anglosajona) es el resultado de una acción prolongada de la humedad ambiental sobre vidrios con un contenido relativamente elevado de álcali o un porcentaje bajo de óxido de calcio. Se trata, pues, de un mecanismo de ataque en un medio acuoso inicialmente neutro. Pero

si el agua de condensación que forma la película húmeda permanece mucho tiempo en contacto con el vidrio en un ambiente saturado de humedad sin poder evaporarse, comienza a extraer iones alcalinos de este mediante un proceso de cambio iónico. Estos se van concentrando progresivamente en la escasa cantidad de agua que forma la película y la convierten en un agresivo medio alcalino cada vez más cáustico que comienza a romper los enlaces de la red vítrea, iniciando así una intensa corrosión del vidrio (véase 3.3.5.).

Por el contrario, si la película de agua en contacto con el vidrio se renovara, no existiría riesgo de ataque, pues la ligera cantidad de iones alcalinos que pudiera extraerse no llegaría a acumularse sobre el vidrio. Este es el caso de los acristalamientos de los edificios expuestos a la lluvia, de los acuarios y de las esculturas de vidrio exhibidas al aire libre.

Una prolongada exposición del vidrio bajo condiciones de humedad relativa igual o superior al 60 %, supone un riesgo importante de provocar una progresiva lixiviación de los iones de sodio o de potasio del vidrio que dé lugar al fenómeno de *crizzling* por la formación de acumulaciones locales de álcali en las minúsculas gotitas de agua de condensación formadas. Cuanto mayor sea el porcentaje de óxido de sodio o de potasio que contenga el vidrio, más acentuado será el proceso de extracción alcalina y mayor su acumulación en la superficie. La delgada capa superficial de hidróxido alcalino inicialmente formada se carbonata inmediatamente por reacción con el dióxido de carbono del aire y proporciona al vidrio el velo superficial (fig. 7.1) y su tacto jabonoso característico. Si la permanencia bajo tales condiciones se prolonga, el pH puede llegar a alcanzar puntualmente valores próximos a 10. La gravedad del defecto aumenta en función del tiempo de permanencia y de la temperatura ambiental.

Este defecto puede manifestarse en vidrios de cualquier época y procedencia, preferentemente en los vidrios medievales potásicos (véase 4.7) y en los que contengan un elevado porcentaje de óxido de sodio (por ejemplo el vidrio *crystallo* veneciano) (60) (fig. 4.44) o en aquellos en los que el contenido de CaO se halle por debajo del 5%.

Su localización es más frecuente en el interior de los objetos de vidrio de boca o cuello estrecho (frascos, botellas), en los que su aireación es más difícil y la humedad se mantiene más tiempo. Cuando el ataque se encuentre en una fase más avanzada y haya alcanzado mayor profundidad, la extracción del álcali puede dar lugar a la creación de huecos microestructurales que actúan como puntos de iniciación de microfisuras irreversibles, y provocan una extensa red de grietas en el vidrio que puede incluso conducir al desmoronamiento del objeto debido a la pérdida de su resistencia mecánica producida por su desalcalinización. Esta manifestación podría compararse con el proceso de

osteoporosis provocado en los seres vivos por una descalcificación, por lo que podría aplicársele la denominación de “vitroporosis”.



Figura 7.1. a), b), c) y d) Copas de vidrio afectadas por la formación de una segregación alcalina (crizzling) (8-20 cm alto). Corning Museum of Glass, Corning, NY, EE.UU.

Vidrios procedentes de enterramientos

Las alteraciones químicas producidas por la meteorización de un vidrio tras un prolongado ataque atmosférico son muy diferentes de las que muestran los vidrios semejantes que hayan permanecido enterrados en suelos más o menos húmedos o sumergidos en medios subacuáticos. A diferencia de los primeros, en los que el ataque se manifiesta por la formación de picaduras o de costras firmemente adheridas a la superficie del vidrio, los vidrios enterrados suelen presentar una desalcalinización superficial más profunda, que da lugar a la formación de una capa porosa rica en sílice y grupos OH.

Se trata de un deterioro producido por el mismo mecanismo de lixiviación responsable del empañamiento o *crizzling* de los vidrios, pero más grave. Su gravedad dependerá de la humedad del entorno, del régimen de lluvias del lugar, de la temperatura y de la duración de su permanencia. Los objetos que han permanecido enterrados en estas condiciones suelen presentar un aspecto mate con manchas de distintos colores distribuidas irregularmente por toda su superficie con zonas iridiscentes (fig. 7.2).



Figura 7.2. Vasija de vidrio romano con forma de rostro humano procedente de un enterramiento (c 15 cm alto). Staatliche Antikensammlungen, Munich, Alemania.

En condiciones de elevada humedad y/o de larga permanencia, el agua puede difundirse más profundamente en el vidrio y crear una estructura residual microporosa muy enriquecida en sílice, formada por finas capas superpuestas, a modo de un finísimo hojaldre. Ello explica la exfoliación o descamación de delgadas laminillas que puede producirse al manipular el vidrio. Por eso los objetos extraídos de un enterramiento son enormemente quebradizos y pueden desmenuzarse si se ejerce una ligera presión sobre ellos. Las delicadas irisaciones que presentan (fig. 7.3) son debidas a los colores de interferencia producidos por las múltiples reflexiones que experimenta la luz al atravesar las sucesivas capas de extremada finura (del orden de 500 nm) que constituyen la estructura escamosa.



Figura 7.3. Camafeo romano de vidrio con delicadas capas irisadas estratificadas (c 2 cm alto). Staatliche Antikensammlungen, Munich, Alemania.

Vidrios procedentes de medios subacuáticos

Comparativamente con otros vidrios arqueológicos, las muestras que han permanecido en medios subacuáticos, procedentes en su mayoría de la recuperación de pecios, son mucho más escasas y, por lo tanto se dispone de menos información sobre las alteraciones que hayan podido sufrir. Estudios arqueométricos realizados en objetos de vidrio tardorromano (65), de composición sódico cálcica, hallados en el puerto de Mazarrón (Murcia), puso de manifiesto la formación de capas desalcalinizadas y la presencia de numerosas picaduras y depósitos superficiales.

En los vidrios conservados en medios submarinos el ataque transcurre en dos etapas: un ataque hidrolítico en medio neutro con extracción de iones alcalinos y la destrucción del retículo vítreo con pérdida de óxidos formadores. Se forman costras de alteración, pero de baja adherencia, comparativamente con las que presentan los vidrios expuestos prolongadamente a la intemperie.

Un interesante ejemplo lo constituyen las botellas procedentes de pecios marinos (fig. 7.4). Como puede apreciarse, su superficie aparece muy alterada y recubierta de capas de corrosión fuertemente adheridas, así como de restos marinos de distintas características .



Figura 7.4. a) Botella recuperada del fondo marino, c s XVII (17 cm alto). b) Botella del pecio holandés T'Vliegenthart, c 1735 (18 cm alto). c) Botella del pecio de una barca del buque perdido Peggy, c 1784 (27 cm alto).

7.2. PROCESOS DE ALTERACIÓN DEL VIDRIO POR DETERIORO MECÁNICO

A las cualidades positivas y deseables que ofrece el vidrio para la mayor parte de sus aplicaciones, hay que oponer, como contrapartida, el punto débil de su fragilidad, responsable de su baja resistencia a los impactos. Ellos son la principal causa de su deterioro mecánico que incluye desde lesiones puntuales originarias de fisuras y cuarteados, propagación de grietas y desconchados superficiales, hasta su posible fractura total. Además de todos estos defectos debidos a los impactos hay que incluir los producidos por abrasión o rayado durante el uso y manejo de los objetos.

Independientemente de estos daños, en todos los vidrios está demostrada la existencia de microfisuras superficiales que actúan como centros multiplicadores de la tensión aplicada sobre el material, de tal modo que los esfuerzos que accidentalmente se ejercen sobre el material se concentran en el vértice de la microfisura, a partir del cual se inicia y se propaga la rotura (véase 3.3.3.). Esto explica por qué un vidrio puede romperse al ser sometido a esfuerzos mecánicos relativamente pequeños y aparentemente inocuos. Aunque parece que la rotura se produce de modo prácticamente instantáneo, en realidad es el resultado del lento crecimiento y propagación de las fisuras preexistentes. Su crecimiento está favorecido por la presencia de humedad ambiental, debido a que las moléculas de agua son adsorbidas sobre las paredes de la microfisura y van rompiendo por ataque hidrolítico los enlaces químicos del vidrio y, consecuentemente, haciendo avanzar la microgrieta (véase 3.3.3.). La velocidad de crecimiento de las fisuras y, por lo tanto, la velocidad de rotura de un vidrio, depende de tres factores fundamentales que determinan la apertura progresiva

de los enlaces silicio-oxígeno: la intensidad del esfuerzo aplicado, la concentración de agua en el ambiente y el tiempo durante el que permanezca aplicado el esfuerzo. Al prolongar el tiempo, se produce un efecto de fatiga que hace disminuir la resistencia del vidrio, acelerando su rotura.

7.3. PROCESOS DE ALTERACIÓN DEL VIDRIO POR DETERIORO ÓPTICO

Una alteración singular que eventualmente sufren algunos vidrios que contienen óxido de manganeso, es la creciente tonalidad violeta que inesperadamente pueden adquirir al cabo del tiempo si han estado prolongadamente expuestos a la luz solar o a una iluminación rica en radiación ultravioleta.

El manganeso puede hallarse en los vidrios en tres estados de oxidación diferentes (fig. 7.5): Mn^{2+} (incolore), Mn^{3+} (color variable del rosa al violeta) y Mn^{4+} (marrón oscuro o negro).



Figura 7.5. Colores producidos en los vidrios por el óxido de manganeso dependiendo de su estado de oxidación.

El óxido de manganeso se ha empleado para producir la coloración rosa de las carnaciones de las figuras humanas en las vidrieras y continúa empleándose como colorante para impartir el color violeta a los vidrios. También se ha utilizado desde la época romana hasta hace pocos años como decolorante ("jabón de vidrieros") en la fabricación de vidrio hueco incoloro, debido a que en su estado trivalente o tetravalente (en forma de pirolusita) oxida al hierro ferroso,

pasándolo a hierro férrico (véase 3.3.4.). Lo que se ignoraba es que el óxido de manganeso, que en su estado reducido no produce color, experimenta un proceso de solarización o fotooxidación por efecto de la acción prolongada de la luz solar y pasa al estado de oxidación Mn^{3+} que imparte un color violeta al vidrio, de acuerdo con la reacción indicada en la fig. 7.6. Los efectos de este proceso de solarización se pueden apreciar en vidrios conservados a la intemperie (fig. 7.7), acristalamientos de edificios antiguos y en muchos objetos expuestos en museos.



Figura 7.6. Reacciones de solarización en un vidrio incoloro de silicato sódico cálcico convencional con óxido de manganeso (oxidación fotoquímica).



Figura 7.7. Farola de vidrio en Venecia que muestra el color lila probablemente debido a la progresiva fotooxidación del MnO a Mn_2O_3 .

En los vidrios que han estado largo tiempo expuestos a la intemperie y han sufrido procesos intensos de corrosión química, como es el caso de las vidrieras medievales, el óxido de manganeso acumulado junto con otros

componentes insolubles en las costras porosas superficiales formadas sobre la superficie del vidrio, puede oxidarse fácilmente hasta su estado tetravalente, adquiriendo una oscura coloración marrón y un progresivo ennegrecimiento.

7.4. PROCESOS DE ALTERACIÓN DEL VIDRIO POR DETERIORO BIOLÓGICO

El biodeterioro del vidrio es un fenómeno de degradación originado por organismos vivos, normalmente por colonización de microorganismos como los hongos y las bacterias, y en otras ocasiones por la proliferación de líquenes, musgos y otras especies vegetales.

Se han detectado problemas de biodeterioro en los vidrios procedentes de vidrieras medievales y renacentistas, y en fragmentos de vidrio de origen arqueológico (13).

En términos generales puede considerarse que los problemas de biodeterioro de las esculturas en vidrio se reducen prácticamente a aquellas instaladas y conservadas en exteriores. Ello se debe a que la superficie de un vidrio común solo se coloniza por organismos y microorganismos vivos en unas condiciones ambientales especiales, con porcentajes de humedad relativa muy elevados, en entornos de baja contaminación ambiental (urbana y/o industrial) y siempre que la superficie del vidrio sea lo suficientemente reactiva o, lo que es lo mismo, receptiva para el asentamiento de organismos vivos. Esta última condición tiene lugar cuando los vidrios han experimentado previamente procesos de degradación química que originan una superficie específica elevada y una textura y microestructura con cierta rugosidad adecuada para la biocolonización.

Un ejemplo de esculturas de vidrio biodeterioradas se muestra en las figs. 7.8 y 7.9. Se trata de obras del escultor español Pedro García García que se instalaron en el jardín de su residencia en una zona particularmente umbría y húmeda. Las esculturas se mantuvieron en sus pedestales metálicos y no se movieron en varios años.

Como se aprecia en las imágenes de la fig. 7.8 la superficie del vidrio de los distintos fragmentos que componen la obra está colonizada por diversos tipos de líquenes y otros microorganismos. También en la obra de la fig. 7.9 se observan líquenes y, además, musgo que prolifera entre el vidrio de la escultura y el acero del pedestal, asimismo biodeteriorado.

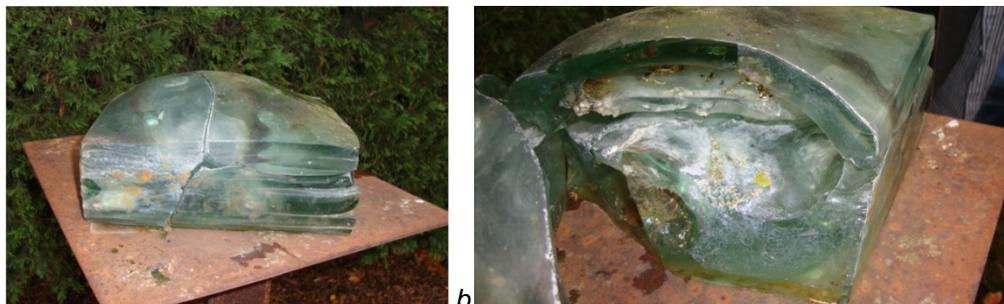


Figura 7.8. Pedro García. a) Escultura fragmentada, biodeteriorada y conservada en el exterior. b) Detalle del interior de la escultura (c 15 cm alto).



Figura 7.9. Pedro García. *Pliege en el hombro*, 1997 (c 40 cm alto). Escultura biodeteriorada conservada en el exterior.

7.5. CONSERVACIÓN CURATIVA (RESTAURACIÓN) DE LAS OBRAS DE VIDRIO

La restauración o conservación activa tiene por objeto subsanar los defectos de las piezas de vidrio causados por su deterioro, con el fin de que estas recuperen una apariencia lo más parecida posible a la de su estado original. Hay que resignarse, sin embargo, a aceptar que la reparación total no siempre es posible, ya que las capas de vidrio atacadas o erosionadas son

irrecuperables. Ello requiere tomar medidas y decidir la aplicación de tratamientos especiales para su protección ulterior.

Dentro de los procesos de restauración existen diferencias importantes entre la metodología más laboriosa requerida por los vidrios arqueológicos, procedentes de enterramientos o de medios subacuáticos, y la que precisan los vidrios que han permanecido más protegidos en ambientes interiores, si bien en todos los casos debe aplicarse como norma general y criterio más conservador el “principio de mínima intervención”, consistente en realizar todas las operaciones necesarias, pero las mínimas imprescindibles.

Los defectos más frecuentes que pueden presentar las esculturas y, en general, los objetos de vidrio mantenidos en condiciones no excesivamente agresivas son el empañamiento, la alteración química de la superficie del vidrio y las lesiones mecánicas, grietas y fisuras.

Cualquier tratamiento de restauración y protección requiere una limpieza previa de la superficie del vidrio con objeto de eliminar los depósitos de la suciedad acumulada y recuperar la transparencia y los colores originales de las piezas. La limpieza debe realizarse primeramente en seco mediante soplado con una boquilla de aire comprimido y el uso de pinceles de pelo suave. Está desaconsejado el empleo de cepillos de fibra de vidrio, porque pueden producir arañazos. Seguidamente se lleva a cabo un lavado con un paño suave impregnado con agua y alcohol.

El aparente empañamiento superficial (*crizzling*) provocado por la lixiviación de los iones alcalinos puede eliminarse por frotamiento con un paño suave humedecido ligeramente con un ácido débil diluido. Nunca se deben emplear detergentes alcalinos porque serían contraproducentes. No obstante el empañamiento puede reaparecer al secarse. Un secado rápido por descenso de la humedad relativa ambiental por debajo del 40 % puede conducir a la formación de microcristales superficiales; si la humedad relativa se hace descender bruscamente por debajo del 30 %, se puede producir un agrietamiento irreversible. Una vez desencadenado el proceso de desalcalinización superficial del vidrio, el deterioro sufrido por las piezas es irreversible.

Cuando se proceda a lavar el espacio interior de objetos de vidrio hueco, sobre todo si se trata de objetos de boca estrecha en los que no sea posible introducir un paño, hay que realizar un escrupuloso secado para evitar que queden gotas de agua en su interior sin evaporarse, ya que su larga permanencia podría iniciar una lixiviación alcalina que por el mismo mecanismo de *crizzling* descrito llegaría a producir manchas blanquecinas indelebles en el fondo y en las paredes del recipiente. Para evitar este riesgo debe realizarse un

primer lavado empleando una mezcla de agua y etanol al 50 %, seguida de un segundo lavado con etanol puro y de un aclarado final con acetona. El secado debe llevarse a cabo en un ambiente exento de humedad y a una temperatura no superior a 40°C. Nunca debe colocarse el tapón en las botellas antes de que estén rigurosamente secas.

Las manchas superficiales de óxido de hierro que ocasionalmente puedan presentar algunos objetos se pueden limpiar fácilmente con una solución de ácido oxálico (51,60).

Restauración de las lesiones mecánicas

Cuando se detecte la existencia de fisuras, éstas deben ser bloqueadas para impedir su crecimiento y el avance de su propagación. Ello requiere aislarlas del entorno ambiental y protegerlas de la penetración de la humedad atmosférica, aplicando sobre ellas un recubrimiento hidrófugo. Antes de aplicarlo hay que proceder a su secado, ya que si la superficie del vidrio estuviera hidratada, no se conseguiría una buena adherencia, puesto que el recubrimiento protector se ahuecaría, dejaría paso a una mayor entrada de humedad y el resultado sería contraproducente.

Las erosiones superficiales, las rozaduras y los arañazos se pueden eliminar mediante un pulido con óxido de cerio seguido de un cepillado con cerdas suaves y un abrillantamiento con discos de fieltro.

Las lesiones más profundas como las desconchaduras y desportilladuras se pueden restaurar reponiendo los fragmentos arrancados y uniéndolos con un pegamento consolidante.

Existe una gran variedad de materiales poliméricos (60) que, en principio, cabría pensar que podrían aplicarse sobre la superficie de los vidrios para realizar pegaduras, fijar capas desprendidas o el sellado de bordes. Sin embargo, algunos de ellos se han empleado lamentablemente antes de que estuvieran suficientemente experimentados. Así, a veces se han empleado resinas que en unos casos han envejecido, se han agrietado, han amarilleado o han dado lugar a la acumulación electrostática de polvo, formando depósitos negros opacos.

Dentro de las resinas epoxi existe una amplia gama. Junto a la ventaja de su buena adherencia, presentan el inconveniente de que el empleo de determinados disolventes para su aplicación puede producir su amarilleamiento y de que, después de endurecidas, no son solubles. Por ello, su eliminación sólo puede conseguirse mediante un calentamiento posterior. Estos inconvenientes

limitan su utilización a la fijación de capas superficiales y al pegado de grietas y fragmentos.

Los polímeros acrílicos han proporcionado muy buenos resultados. Son muy adherentes (aunque menos que las resinas epoxi), no amarillean, tienen un índice de refracción muy próximo al del vidrio y pueden diluirse fácilmente para ajustar su viscosidad. Pero su ventaja principal reside en que después de su endurecimiento pueden disolverse en frío en diversos disolventes orgánicos como el tolueno, el xileno o el acetato de etilo. Los productos comerciales más empleados son el Paraloid B 72 o Acriloid B 72, Plexigum N 80, WZ K 13-30/2 y el Viacryl VC 363.

Procesos de reconstrucción

En el caso de los vidrios arqueológicos procedentes de excavaciones es frecuente encontrar piezas muy fragmentadas que requieren reconstrucciones complejas para restablecer lo más aproximadamente posible su configuración inicial. La tarea comprende un conjunto de operaciones tales como la extracción de todos los componentes del objeto de vidrio del suelo; el estudio de su estado de conservación; su limpieza mecánica y química; el diseño de la reconstrucción gráfica de la supuesta forma original del objeto; la consolidación de los fragmentos y su pegado; su montaje sobre una armadura o soporte adecuado para su exposición; la recomposición del conjunto; el rellenado de los espacios vacíos mediante la colocación de piezas de reposición de vidrio nuevo preparado al efecto, con indicación de sus características y dejando constancia de dicha intervención.

Este trabajo constituye toda una tarea interdisciplinaria que requiere el concurso de especialistas en varias disciplinas (arqueólogos, químicos, historiadores, artistas y diseñadores (60,63).

7.6. CONSERVACIÓN PREVENTIVA DE LAS OBRAS DE VIDRIO Y SU CONTROL PERIÓDICO

Para prevenir la creación de ambientes saturados de vapor de agua que puedan dar lugar a la formación de condensaciones sobre la superficie del vidrio, provocando su consiguiente alteración química y, en particular, la aparición del defecto de exudación o *crizzling*, se recomienda mantener una aireación adecuada y unas condiciones de humedad y de temperatura constantes. Los valores recomendables para la humedad relativa son del 45 a 65 %, con

oscilaciones diarias menores de $\pm 2-3 \%$, y de 21 a 23°C para la temperatura. Además de la instalación de espacios acondicionados, es aconsejable la colocación de sustancias absorbentes de la humedad.

Por otra parte, debe evitarse guardar o exponer los objetos de vidrio en vitrinas o espacios herméticamente cerrados, ya que, si bien ello ofrece una protección contra la entrada de polvo, tiene el riesgo de que en su interior se cree un microclima estanco que eventualmente podría llegar a ser peligrosamente agresivo.

Por ejemplo, para evitar la entrada de polvo se han realizado frecuentemente sellamientos con silicona que han resultado contraproducentes, ya que han dado lugar al desprendimiento de vapores de ácido acético u otros compuestos orgánicos que han atacado gravemente a las piezas que se trataba de proteger. Asimismo, se han detectado emisiones de productos volátiles nocivos procedentes de pegamentos, de disolventes orgánicos e incluso de algunos materiales y maderas nobles empleadas para la construcción de las vitrinas y muebles expositores (1,67,68).

En cuanto a la iluminación se recomienda emplear luminarias exentas de componente UV y que la iluminancia no exceda de 150 lx (o 150 lm/m²), para evitar la posible aparición o la intensificación del color violeta de los vidrios que puedan contener óxido de manganeso.

Además de los elementales controles de humedad y de temperatura, es recomendable la colocación de sensores o indicadores que detecten específicamente la presencia de gases determinados, o bien de sensores que reaccionen ante otros contaminantes agresivos. Entre otros tipos se han preparado por el procedimiento Sol-gel sensores químicos de respuesta óptica basados en el cambio de color que experimentan distintos indicadores en función del pH del aire (86).

La fig. 7.10 muestra las dimensiones y los cambios de color que se producen en el sensor de acidez ambiental cuando varía el pH del aire.

La metodología consiste en instalar los sensores en los lugares próximos a las obras de arte u objetos cuyo ambiente se desee evaluar, tanto en interiores como en exteriores. Los sensores no precisan alimentación eléctrica de ningún tipo ni conexiones, cableados u otros materiales auxiliares. Simplemente se colocan en una funda protectora perforada por ambas caras para facilitar el contacto directo del sensor con el aire a evaluar y, en caso necesario o conveniente, se cuelgan con ayuda de una pequeña pinza (fig. 7.11).

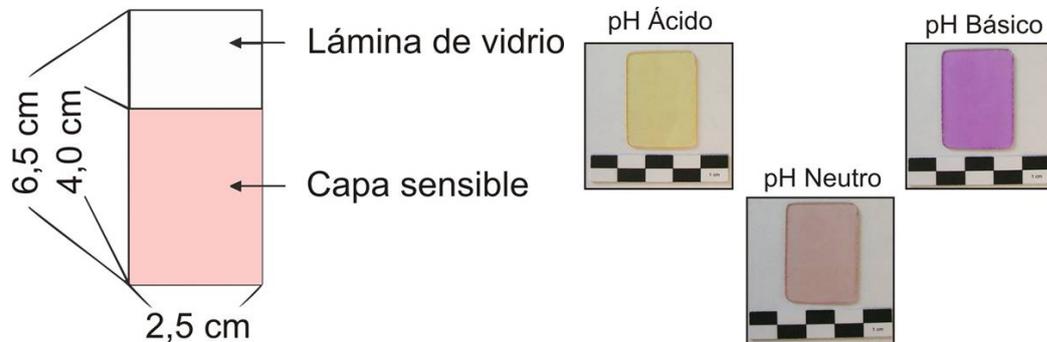


Figura 7.10. Dimensiones y cambios de color de los sensores de acidez ambiental en función del pH del aire.



Figura 7.11. Sensor de acidez ambiental en una funda protectora provista de pinza.

Al cabo de 24h de exposición, el color del sensor se registra *in situ* por medio de una unidad de medida portátil (fig. 7.12) conectada a un ordenador. Dicho ordenador dispone del software correspondiente para realizar la transformación de los parámetros de color del sensor en datos de pH ambiental, así como la gestión de los resultados.

En días sucesivos se pueden registrar los resultados de pH ambiental con el fin de confirmar las medidas del primer día. Este protocolo se ha

implementado con éxito en diversos lugares de interés patrimonial, como museos, iglesias, palacios, etc. (67).

La continua recogida de datos permite evaluar las condiciones ambientales y, por lo tanto, prevenir los riesgos de alteración de los materiales expuestos tanto en espacios exteriores como interiores.



Figura 7.12. Unidad de medida portátil, con un sensor insertado en su portamuestras (derecha de la imagen), conectada a un ordenador.

7.7. EJEMPLO DE CONSERVACIÓN DE ESCULTURAS EN VIDRIO EN ESPACIOS INTERIORES

Las esculturas en vidrio son obras, en general, monolíticas y no siempre presentan superficies lisas y poco sensibles a los depósitos de polvo, suciedad y otras sustancias que pueden ser más agresivas, tanto para el vidrio en sí como para la obra escultórica en conjunto. En opinión del escultor Javier Gómez (7), la obra recién acabada y no expuesta a agentes externos que la alteren, presenta un efecto combinado de luz y vidrio perfecto. Sin embargo con el paso del tiempo, y tanto más si la escultura ha sufrido la meteorización atmosférica, la humedad, la lluvia o una manipulación y/o limpieza inadecuadas, los depósitos por escasos que sean se hacen visibles entre los componentes de la escultura, sobre todo si ésta está compuesta de hojas de vidrio plano. También en este caso de esculturas a base de hojas de vidrio, los daños que se producen son irreversibles, salvo que con autorización del escultor o bien bajo su dirección o su criterio se repare la superficie dañada modificando esa parte de la obra, por ejemplo con chorro de arena o grabando el bloque de vidrio. En cualquier caso,

la opinión de Javier Gómez sobre este particular es que se diseñaría una nueva escultura dándole unos efectos que podrían ser interesantes desde el punto de vista plástico. En el caso de obras de gran tamaño constituidas por elementos de vidrio no adheridos sino solo sujetos por la acción de la gravedad, sí es posible reponer el elemento dañado o alterado.

El riesgo más crítico de las esculturas en vidrio es el daño mecánico y las fracturas catastróficas producidas por roces o golpes con materiales duros o tenaces y por caídas. Frecuentemente los resultados de estas eventualidades son irreversibles. Los procesos de embalaje, transporte, desembalaje y ubicación de la obra en exposiciones, museos y galerías de arte son realmente peligrosos y no siempre están cubiertos por seguros adecuados. Este es el caso de las galerías de arte en España en las que, según la experiencia de Javier Gómez, solo se realizan contratos de exclusividad con el artista, pero no se especifican condiciones de conservación y/o restauración de la obra en caso de accidente. Evidentemente esto demuestra que la escultura realizada en vidrio, a pesar de tratarse de un material muy frágil, no se considera de ningún modo especial respecto al resto de los materiales escultóricos.

Los aspectos a tener en cuenta para una correcta conservación de la escultura en vidrio se pueden resumir en los siguientes puntos:

- Situación de la obra en interiores, por ejemplo, museos, galerías de arte, salas de exposición, colecciones, etc. El daño irreversible, destrucción, robo o pérdida puede ser compensado por un seguro y, en el mejor de los casos, puede incluir que el artista proceda a su reparación, si no ha fallecido y si se encuentra en condiciones de hacerlo. En opinión de Javier Gómez y respecto a sus propias obras, no procedería a la intervención de reparación, restauración o recomposición de la escultura, especialmente si se encuentra inmerso en otro proyecto creativo, ya que modificaría completamente el sentido original de la obra. El escultor sostiene que si una obra está catalogada no se debe intervenir y, en caso extremo, documentar adecuadamente dicha intervención.

- En el caso de colecciones particulares, es conveniente el establecimiento de un acuerdo que cubra los daños, restauraciones y reparaciones por parte del autor, en caso de que no haya fallecido. En el acuerdo se puede manifestar la voluntad del propietario de no intervenir la obra, aun en el supuesto de alteraciones en la misma de cualquier índole.

- Cuando se trata de obras de gran tamaño realizadas por ensamblaje de hojas de vidrio y, por tanto, se han utilizado adhesivos, los seguros deben contemplar la estabilidad formal de la escultura durante los posibles traslados y manipulaciones.

La obra de Javier Gómez titulada “Horizonte” (fig. 7.13) (véase 6.2.4) se encuentra en el Museo de Arte en Vidrio de Alcorcón (Madrid). La obra está compuesta por hojas de vidrio pegadas entre sí y está sustentada por una peana de 1 m de altura. Su estado de conservación general es bueno, salvo una pequeña rotura no observable a simple vista. La composición de la escultura permite su modificación cambiando la posición de los módulos de vidrio y, por otro lado, las hojas de vidrio se rebajaron por la parte interior de la escultura de forma que el peso total de la obra quedara aligerado para evitar el desprendimiento del adhesivo. La operación de recorte de las hojas de vidrio fue realizada por el autor y se considera una intervención conservacionista más que una restauración normal.



Figura 7.13. Javier Gómez. Horizonte, 1988 (96 x 79 x 55 cm). Museo de Arte en Vidrio de Alcorcón, Madrid.

La obra “Horizonte” pertenece a una de las primeras etapas del artista en la que la unión de las láminas de vidrio la realizó mediante dos o tres puntos de adhesivo de unos 2 cm de diámetro. Transcurridos varios años se observó que el agua de limpieza, el polvo y la suciedad penetraban a través de los intersticios entre las hojas de vidrio. Consecuentemente se decidió limpiar las láminas, secarlas cuidadosamente y volverlas a unir sellando los bordes con el adhesivo, para terminar con un pulido de los mismos.

Teniendo en cuenta estos antecedentes, la propuesta de conservación incluye la continuidad de su ubicación en el MAVA y una limpieza periódica cada seis meses con agua destilada jabonosa neutra, utilizando paños secos de algodón natural. Respecto a la movilidad de la obra, las precauciones deben ser extremas dado su gran tamaño y la delicadeza de su estructura, para evitar roces, golpes, choques y caídas. En cuanto a la interacción de la escultura con la luz, el entorno de su ubicación en el MAVA es el adecuado, pues está bien resguardada de la luz natural por medio de los toldos de tono natural de las ventanas que, a la vez, permiten el paso suficiente de luz para su observación.

7.8. EJEMPLOS DE CONSERVACIÓN DE ESCULTURAS EN VIDRIO EN ESPACIOS EXTERIORES

Las esculturas en vidrio que se conservan en exteriores suelen ser de tamaño grande o, al menos, de dimensiones considerables. Evidentemente están expuestas a la meteorización atmosférica, cuya intensidad depende de la situación geográfica particular del entorno. La primera diferenciación respecto al entorno puede hacerse teniendo en cuenta si se trata de un ambiente urbano, más o menos contaminado, o rural natural en donde no se esperan problemas derivados de la contaminación. En los ambientes urbanos hay que considerar los entornos de parques, jardines y zonas afines en las que los efectos de la contaminación atmosférica están amortiguados o, en el mejor de los casos, no existen. Este tipo de ubicación es relativamente frecuente, ya que las esculturas que se conservan a la intemperie suelen formar parte de un proyecto ornamental o artístico con la intención final de integrar la obra escultórica en un paisaje más o menos controlado. Así pues, la conservación de las esculturas en vidrio en exteriores pueden enfrentarse a tres niveles de interacción o agresión ambiental: en ambientes urbanos generalmente contaminados, en ambientes urbanos no contaminados o poco contaminados, y en ambientes rurales naturales. Los ejemplos de conservación que se muestran a continuación representan casos concretos atendiendo a esta clasificación según el grado de interacción o agresión ambiental.

Las esculturas instaladas en zonas urbanas en las que el tráfico rodado es intenso son las más susceptibles de meteorización e incluso de ataque químico, favorecido por la presencia de gases contaminantes de características ácidas. En el primer caso la presencia persistente de una humedad relativa considerable, junto con sus variaciones debidas a los ciclos estacionales y día/noche, así como las correspondientes oscilaciones de temperatura, provocan

la formación de condensaciones de agua que favorecen los depósitos de polvo, suciedad, partículas de hollín o de otra naturaleza que se acumulan en la superficie del vidrio. Este efecto es tanto más notorio y peligroso cuantos más elementos de vidrio constituyen la escultura, y se agrava seriamente si entre dichos elementos hay aristas, diedros o triedros que proporcionan zonas al abrigo del lavado por agua de lluvia y que se convierten en auténticos pozos de sustancias indeseables. Dichos depósitos además de alterar la apariencia del vidrio, disminuir su transparencia y enmascarar su color, se comportan como una auténtica capa agresiva donde se provoca y/o favorece el ataque hidrolítico del vidrio (véase 3.3.5), o el ataque ácido (véase 3.3.5), si el entorno está contaminado con gases de dichas características, como consecuencia de la combinación de los contaminantes con la humedad ambiental o la lluvia. Incluso en el caso de que el ataque se produzca en condiciones de neutralidad (ataque hidrolítico) el proceso puede terminar en un ataque alcalino al vidrio (véase 3.3.5), debido a la interacción de los productos de corrosión del vidrio que vuelven a atacarlo de un modo mucho más agresivo destruyendo su estructura.

Un ejemplo de este tipo de riesgo de ataque químico al vidrio puede ilustrarse en los elementos que componen el *Monumento a las Víctimas del 11M* de la Glorieta de Carlos V en Madrid (fig. 7.14).



Figura 7.14. Monumento a las Víctimas del 11M. Inmediaciones de la Glorieta de Carlos V, Madrid.

Se trata de una zona urbana de intenso tráfico rodado que afecta de modo muy notable a la correcta conservación de los bloques de vidrio con los que se compuso el monumento. Actualmente los bloques de vidrio aparecen deslucidos por los depósitos de suciedad, y la transparencia del vidrio prácticamente no se aprecia a simple vista. Aunque no es posible realizar análisis o meras comprobaciones visuales del estado de conservación de la superficie del vidrio, es muy probable que dicha superficie esté alterada por el ataque hidrolítico, los contaminantes gaseosos de características ácidas y los depósitos de suciedad. Asimismo, no se puede descartar que los bloques de vidrio estén degradados como consecuencia de un ataque ácido o alcalino.

Aparte de las consideraciones sobre la conveniencia técnica y estética de la realización de este monumento con bloques de vidrio, y teniendo en cuenta que su ubicación habría de fijarse forzosamente en las inmediaciones de la Glorieta de Carlos V, muy próxima a la zona donde tuvo lugar el atentado terrorista del 11 de marzo de 2004, una propuesta de intervención de conservación debe incluir una limpieza periódica, tanto más frecuente cuanto mayores sean los índices de contaminación de esa zona, con sustancias no agresivas (por ejemplo, mezclas de agua desionizada y etanol) y materiales suaves (paños de algodón natural). Cualquier otra intervención, como pudiera ser la aplicación de recubrimientos protectores, lacas abrillantadoras, ceras o resinas resultarían contraproducentes o, cuando menos, inútiles para preservar los bloques de vidrio de la meteorización y permitir la formación de una capa protectora de gel de sílice, que se forma naturalmente por la interacción del vidrio con el ambiente (véase 3.3.5). Otra medida eficaz de conservación preventiva de este monumento sería la restricción del tráfico rodado en sus proximidades y alejarlo tanto como sea posible. Esta medida sería muy impopular dada su proximidad con la estación de ferrocarril de Atocha y la cercanía del Paseo del Prado, una de las vías más céntricas, importantes y transitadas de la capital.

Otro caso frecuente de ubicación de esculturas en vidrio en núcleos urbanos es como elementos ornamentales en fuentes (fig. 7.15). Los vidrios sometidos al fluir constante del agua pueden alterarse según un patrón de ataque hidrolítico. Sin embargo, los resultados de esta interacción no son agresivos si el agua fluye continuamente. Como se ha indicado en el apartado 3.3.5, el ataque hidrolítico al vidrio resulta agresivo cuando las gotas de agua se secan sobre su superficie creando núcleos en los que los iones alcalinos del vidrio se extraen dando lugar a un microentorno alcalino que, a su vez, degrada al vidrio por un ataque mucho más agresivo en medio básico. Los vidrios de las esculturas en fuentes soportan un gran riesgo de ataque alcalino ya que las fuentes alternan periodos en que el agua no fluye y las gotas se secan sobre la escultura favoreciendo el ataque del vidrio. Dicho ataque se ve además

estimulado por la cercanía permanente de la humedad generada por el agua contenida permanentemente en la base de la fuente.



Figura 7.15. Costas Varotsos. The runner. Fuente en la Plaza Omonia, Atenas, Grecia. Imagen de 1988.

Las esculturas instaladas en zonas marítimas (fig. 7.16) experimentan un riesgo importante de ataque hidrolítico y de ataque alcalino como fase final de la degradación. La elevada humedad relativa permanente y la niebla salina marina (atmósfera ambiental saturada de humedad que contiene sales disociadas químicamente activas) aceleran las reacciones de ataque en la superficie de los vidrios, lo que sumado a los ciclos estacionales y día/noche de temperatura y a las prolongadas exposiciones a la radiación solar, puede agravar la conservación de los vidrios de estas esculturas expuestas al ambiente marino.

Aparte de una cuidadosa limpieza tal como se ha descrito anteriormente, pocas precauciones más pueden adoptarse para evitar los estragos de la niebla salina excepto, naturalmente, evitar instalar esculturas de vidrio en tan arriesgado entorno.

Lo mismo puede decirse sobre las esculturas ubicadas en las proximidades de ríos, lagos o grandes volúmenes de agua, si bien los efectos adversos de la niebla salina no existen, y sólo los derivados de la humedad y la intemperie son los que afectan a la conservación de la obra escultórica (fig. 7.17).

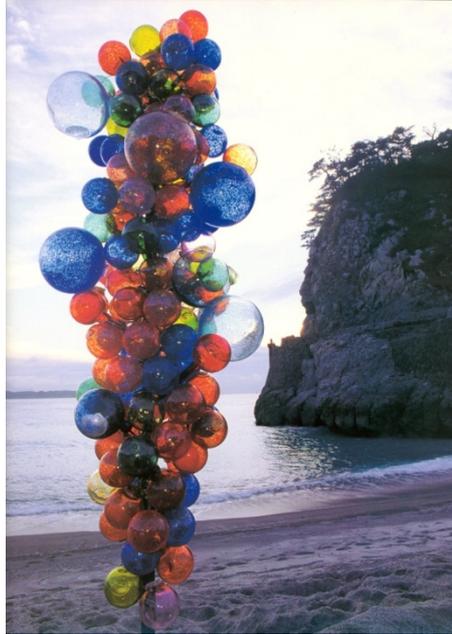


Figura 7.16. Dale Chihuly. Torre de Niijima, 1997 (100-125 elementos, 20,3 x 7,6 cm). Niijima Glass Art Center, Niijima, Japón.



Figura 7.17. Magdalena Paukner, Das Urkraut. Jardín del Frauenau Glasmuseum, Frauenau, Alemania.

7. ALTERACIÓN, RESTAURACIÓN Y CONSERVACIÓN DE LA ESCULTURA EN VIDRIO

En estos casos la limpieza de la escultura en su conjunto debe llevarse a cabo según el procedimiento descrito más arriba, y evitando la aplicación de sustancias teóricamente protectoras, que podrían dañar aún más las superficie del vidrio por efecto sinérgico con la suciedad y los agentes de meteorización.

Cuando las esculturas están instaladas en entornos naturales no necesariamente próximos a grandes extensiones de agua y donde no se esperan contingencias derivadas de la contaminación ambiental urbana o industrial (fig. 7.18), las obras pueden conservarse relativamente bien, excepto en lo que concierne al ataque hidrolítico de la superficie del vidrio, siempre expuesto a las variaciones de la humedad ambiental y a la radiación solar.



Figura 7.18. Henry Richardson. Lighthouse en Coastal Maine Botanical Gardens, Boothbay, ME, EE.UU.

En este caso conocer el régimen de lluvias es fundamental para prever cómo puede desarrollarse la alteración de las superficies de los elementos que componen la escultura. La degradación de la escultura dependerá fundamentalmente de la presencia de aristas debidas a las hojas de vidrio que puedan componer la obra y a los huecos o abrigos a que den lugar y que favorecen la acumulación de polvo, tierra, deyecciones de aves, nidos de insectos, etc. Esto es especialmente crítico cuando se trata de obras de vidrio

hueco (fig. 7.19) ubicadas en entornos naturales, que pueden llegar a convertirse en algo parecido a un depósito de desechos.

La presencia de esculturas en vidrio en parques y jardines urbanos está sujeta a los mismos problemas de conservación que las que se instalan en entornos naturales no urbanos. El ataque hidrolítico dependiente del régimen de lluvias y de la zona geográfica concreta determinarán el inicio de la alteración superficial del vidrio, el cual se verá intensificado en aquellas esculturas compuestas de hojas de vidrio plano (fig. 7.20).



Figura 7.19. Livio Seguso. Instalación en un parque de formas alargadas de vidrio soplado.

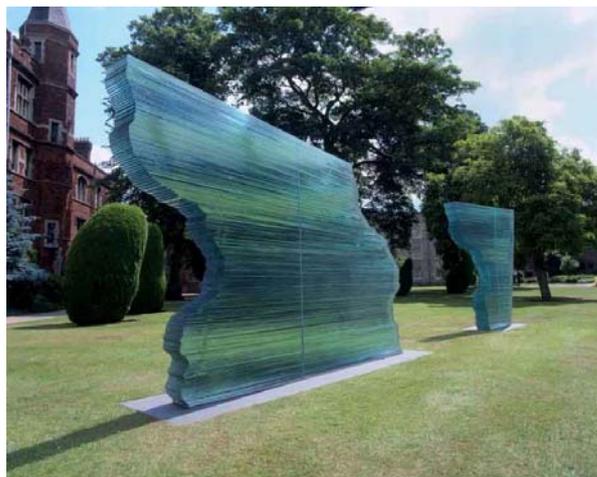


Figura 7.20. Danny Lane. Whole apart, 2001 (220 x 840 x 70 cm).

Un caso especial es el de las esculturas que combinan vidrio y otro material sensible a la corrosión, sobre todo los metales (fig. 7.21).



Figura 7.21. Ronald Fischer. *Himmelsschale*, 2007. Jardín del Frauenau Glasmuseum, Frauenau, Alemania.

A los productos de alteración y degradación del vidrio se suman los de los metales que, cuando menos, dan lugar a manchas debidas a las aguas ferruginosas que resbalan por el vidrio y se secan sobre el mismo. En muchas ocasiones las zonas de contacto entre ambos materiales suponen una seria amenaza para la integridad de la escultura, tanto por cuestiones mecánicas como por los posibles efectos sinérgicos de disminución local de la resistencia química frente a los agentes de meteorización.

Por otra parte las esculturas de vidrio monolítico (fig. 7.22) podrán tener una conservación más sencilla y duradera, ya que la superficie expuesta de vidrio a los agentes de meteorización es menor y seguramente con mayor curvatura que en el caso de las esculturas realizadas con hojas de vidrio, lo que permite que el agua resbale más fácilmente y, en consecuencia, que la superficie del vidrio se seque homogéneamente en menos tiempo. En cualquier caso las recomendaciones de limpieza y conservación preventiva son las mismas que ya se han expuesto.

Evidentemente los entornos más favorables para la ubicación de esculturas de vidrio en exteriores son aquellos que se caracterizan por porcentajes reducidos de humedad ambiental durante todas las estaciones del año, que están relativamente alejados de zonas costeras o cercanas a grandes extensiones de agua, y definitivamente alejados de fuentes de contaminación, ya sean de procedencia industrial o urbana. Un ejemplo pueden ser las obras de Dale Chihuly instaladas en Jerusalén en el año 2000 (fig. 7.23). Como es sabido

el clima de Jerusalén es templado con temperatura mínima promedio anual de 13°C y máxima promedio anual de 22°C, y lluvias no abundantes.



Figura 7.22. Esculturas de vidrio a la entrada del Glassmuseum Ernsting Stiftung, Coesfeld Lette, Alemania.

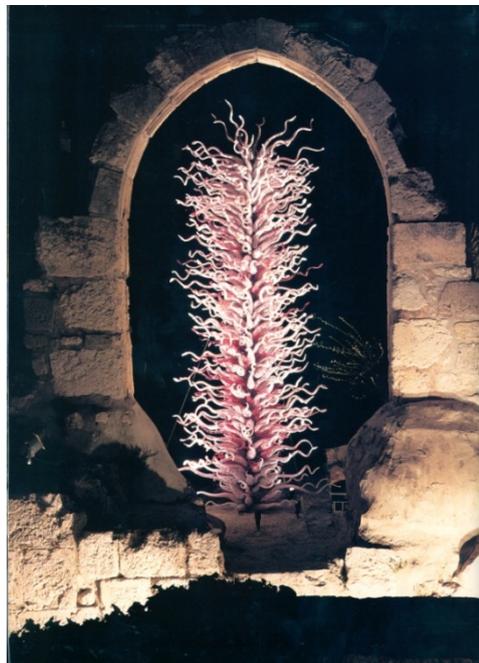


Figura 7.23. Dale Chihuly. Instalación, 2000 (483 elementos, 38,1 x 15,2 cm). Ciudadela de Jerusalem, Israel.

8. PARTE EXPERIMENTAL

8. PARTE EXPERIMENTAL

8.1. VIDRIOS DE PARTIDA

Para la elaboración de obras escultóricas en vidrio, representativas de las técnicas de ejecución más usuales o asequibles, se han utilizado vidrios procedentes de botellas y tarros, de casco de vidrio de ventana y de vidrio cristal al plomo, así como hojas de vidrios de diferentes características. El uso de estos vidrios se decidió en base a las siguientes razones:

- rapidez en la disponibilidad de los vidrios de partida
- economía en la adquisición de los vidrios
- variedad cromática y elevada probabilidad de compatibilidad térmica
- posibilidad de demostrar que los vidrios comunes reciclados pueden ser materiales aceptables para fines artísticos.

En la tabla 8.1 se resumen las características de los vidrios utilizados.

Tabla 8.1. Características generales de los vidrios utilizados para la elaboración de obras escultóricas.

Tipo de vidrio	Procedencia	Color	Espesor	Denominación
Hoja de vidrio plaqué (doblado)	Vidrio para pantalla de luz roja	Rojo intenso	2 mm	Rubí
Hoja de vidrio	Elemento para arquitectura y mobiliario FCNV (La Granja, Segovia)	Blanco opaco	9 mm	Opal
Casco de vidrio	Botella comercial	Incoloro	Variable	Cristal
Vidrio hueco	Botella comercial	Azul intenso	Variable	Azul
Vidrio hueco	Botella comercial	Verde esmeralda	Variable	Verde
Vidrio hueco	Botella comercial	Ámbar claro	Variable	Ámbar
Vidrio hueco / casco de ventana	Tarro comercial / hoja de ventana	Incoloro	Variable	Incoloro

En las figs. 8.1 a 8.5 se muestra el aspecto de los vidrios de partida.

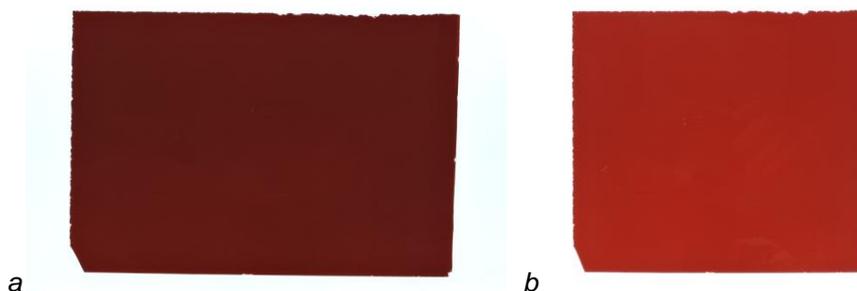


Figura 8.1. Vidrio Rubí. a) Observación con luz reflejada. b) Observación con luz transmitida.

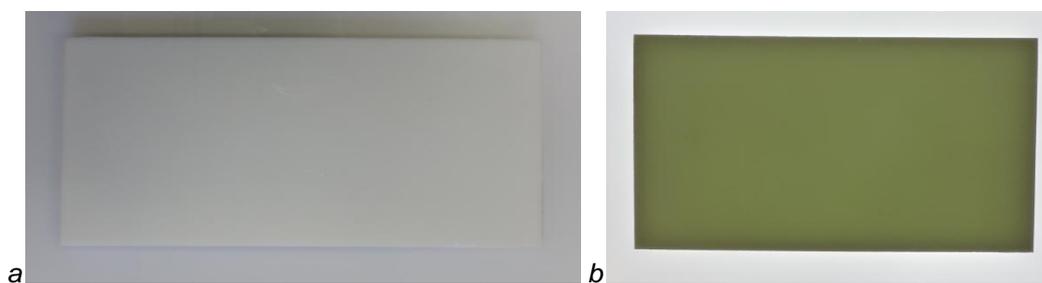


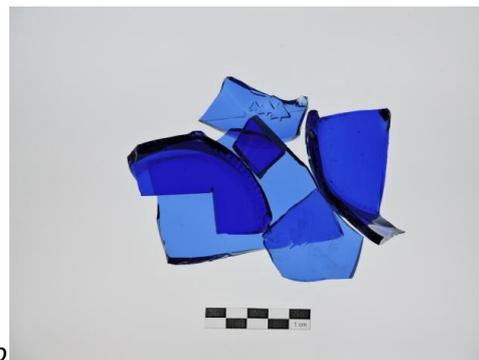
Figura 8.2. Vidrio Opal. a) Observación con luz reflejada. b) Observación con luz transmitida.



Figura 8.3. Vidrio Cristal. Observación con luz natural.



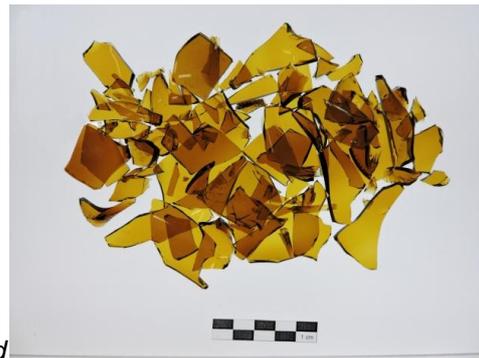
a



b



c



d

Figura 8.4. Vidrios Azul, Verde y Ámbar. a) Botellas, observación con luz natural. b) Fragmentos procedentes de la botella azul. c) Fragmentos procedentes de la botella verde. d) Fragmentos procedentes de la botella ámbar.



Figura 8.5. Vidrio Incoloro. a) Tarro, observación con luz natural. b) Fragmentos procedentes del tarro. c) Fragmentos procedentes de casco de vidrio plano común de ventana.

8.1.1. Composición química

La composición química de los vidrios de partida se determinó semicuantitativamente mediante espectrometría de fluorescencia de rayos X (FRX) por dispersión de longitudes de onda, con un equipo PANalytical Magic X (PW-2424), provisto de un tubo de rayos X de ánodo de rodio (Super Sharp) y generador de 2,4 kW. El análisis por FRX de los elementos mayoritarios se realiza en muestras preparadas en forma de perla, que se obtienen con una perladora Perl'X3 de Philips y un crisol de platino-oro. Dichas perlas se obtienen por fusión a 1050⁰C a partir de una mezcla homogénea de 0,3000 g de la muestra problema en polvo (<75 μm) con 5,5000 g de tetraborato de litio (Li₂B₄O₇) anhidro y 0,06 g de bromuro de litio (LiBr) como despegante. El fundido se cuele en un molde de la misma composición que el crisol, resultando una perla homogénea y transparente.

Los análisis de FRX de los vidrios se llevaron a cabo en el Instituto de Cerámica y Vidrio del CSIC, Laboratorio de Análisis Químico. En la tabla 8.2 se

resumen los resultados de los análisis químicos por FRX de los vidrios de partida.

Tabla 8.2. Resultados (% peso) de los análisis químicos obtenidos por FRX de los vidrios de partida (nd: no determinado).

Óxidos	Vidrio Rubí	Vidrio Opal	Vidrio Cristal	Vidrio Azul	Vidrio Verde	Vidrio Ámbar	Vidrio Incoloro
Al ₂ O ₃	1,39	3,73	0,14	1,47	1,92	1,74	2,00
CaO	17,58	4,83	0,63	11,30	10,80	9,80	13,00
Fe ₂ O ₃	0,33	0,06	nd	0,28	0,31	0,30	nd
K ₂ O	0,08	0,35	11,2	0,66	0,95	0,87	1,14
MgO	nd	nd	nd	0,25	0,87	2,22	nd
SiO ₂	68,56	75,32	54,3	73,10	72,30	72,60	72,70
TiO ₂	0,10	0,10	nd	nd	nd	nd	0,034
MnO	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
SO ₃	0,54	0,05	nd	0,10	nd	0,05	nd
Na ₂ O	11,27	15,14	3,22	12,80	12,60	13,40	11,10
ZnO	nd	nd	0,26	nd	nd	nd	nd
PbO	nd	nd	25,50	nd	nd	nd	nd
Sb ₂ O ₅	nd	nd	2,58	nd	nd	nd	nd
BaO	nd	nd	1,90	nd	nd	nd	nd
CoO	nd	nd	nd	0,03	nd	nd	nd
Cr ₂ O ₃	nd	nd	nd	nd	0,19	0,06	nd
SrO	0,01	0,01	nd	nd	0,03	nd	nd
ZrO ₂	0,01	nd	0,11	nd	nd	nd	nd
P ₂ O ₅	nd	0,05	nd	nd	nd	nd	nd
Cl ⁻	0,06	0,09	nd	nd	nd	nd	nd
CuO	0,05	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Sb ₂ O ₃	0,02	0,28	nd	nd	nd	nd	nd

El vidrio Rubí es un vidrio de silicato sódico cálcico con un contenido relativamente elevado de CaO (17,58 %) y un pequeño porcentaje de CuO (0,05 %), que es el responsable del color rojo por un mecanismo mixto de absorción-dispersión de la luz en los coloides nanométricos que contiene de óxido cuproso (Cu₂O) y cobre (Cu⁰). También contiene una pequeña cantidad de Sb₂O₃ (0,02 %) que probablemente se utilizó como afinante industrial del vidrio. El óxido de hierro que contiene (0,33 %) actúa como termorreductor del óxido de cobre favoreciendo la reducción de los iones Cu²⁺ a Cu⁺ y Cu⁰, responsables del color rojo rubí.

El vidrio Opal es un vidrio de silicato sódico cálcico rico en SiO₂ (75,32 %) y Na₂O (15,14 %), y de bajo porcentaje de CaO (4,83 %). Hay que destacar el contenido de Sb₂O₃ (0,28 %), que puede ser el que dé lugar al aspecto opaco (opal intenso) de este vidrio, aunque no se puede descartar que el óxido de

antimonio fuera añadido como afinante industrial en la fabricación del vidrio. El aspecto opaco de este vidrio podría deberse bien a la formación de núcleos cristalinos de antimoniato de calcio o a una separación de fases líquido-líquido inducida por iones fluoruro (F^-) (véase 8.1.4) (23). El hecho de que en el análisis químico por FRX de este vidrio (tabla 8.2) no se detecten los iones fluoruro no indica necesariamente que el vidrio no los contenga, ya que para realizar dicho análisis el vidrio se funde a $1100^{\circ}C$ para hacer una perla, por lo que el flúor se volatiliza y, en consecuencia, no se puede determinar.

Por otro lado, su bajo contenido de Fe_2O_3 (0,06 %) favorece que el vidrio presente un color blanco muy puro y que no se aprecien tonalidades verdosas. Sin embargo, el tono verdoso que se observa en la fig. 8.2 b no debe confundirse con el tono verdoso debido a impurezas de iones hierro en la materia prima aportadora de la sílice (arenas de cuarzo, generalmente). La apariencia verdosa del vidrio Opal iluminado por transmisión se debe exclusivamente a la presencia de núcleos cristalinos o de gotas de separación de fases en el vidrio que, como ya se ha indicado, producen un efecto de dispersión de la luz que se transmite a través del cuerpo del vidrio.

El vidrio Cristal al plomo es un vidrio de silicato plúmbico potásico que contiene como mínimo un 24 % en peso de óxido de plomo (PbO) y óxido de potasio (K_2O). Ambos componentes, especialmente el PbO , proporcionan un vidrio de calidad con elevada densidad e índice de refracción, lo que le otorga su calificación de “cristal al plomo” según la Norma UNE 43-603-79 sobre nomenclatura y terminología de los vidrios “cristal” y “sonoro” (85).

El vidrio Azul es un vidrio de silicato sódico cálcico industrial actual, común para la fabricación de botellas. En su composición química hay que destacar los óxidos responsables de la coloración azul intenso: el de cobalto (0,03 %) y el de hierro (0,28 %). Puesto que los iones Co^{2+} poseen una capacidad de coloración muy intensa, incluso para concentraciones de óxido de cobalto muy pequeñas, el color azul que proporcionan enmascara el tono verde de los iones hierro, a pesar de que la concentración de estos es mayor que la de los iones Co^{2+} .

El vidrio Verde es un vidrio de silicato sódico cálcico industrial actual, también común para la fabricación de botellas. El componente destacable responsable de la coloración verde esmeralda es el Cr_2O_3 (0,19 %). El porcentaje de Fe_2O_3 (0,31 %) actúa como cromóforo secundario reforzando con su tono verdoso el intenso color verde que imparten los iones Cr^{3+} .

Asimismo, el vidrio Ámbar es también de silicato sódico cálcico industrial, característico para la fabricación de botellas. El cromóforo ámbar está formado por un ion Fe^{3+} coordinado por cuatro átomos de oxígeno y un ion sulfuro S^{2-} . En

la composición química del vidrio Ámbar aparece un porcentaje relativamente elevado de Fe_2O (0,30 %) y un contenido significativo de iones sulfuro cuantificados como SO_3 (0,05 %). Estos porcentajes, algo bajos, pueden justificar que el tono del vidrio Ámbar de partida analizado sea claro y más amarillento que marrón.

El vidrio incoloro, procedente de tarro comercial o de casco de vidrio plano, es un vidrio de silicato sódico cálcico de fabricación industrial actual. Su composición química es la estándar del vidrio común.

8.1.2. Propiedades térmicas

Las propiedades térmicas de los vidrios utilizados se han estudiado a partir de sus respectivas curvas dilatométricas. Dichas curvas se registraron con un dilatómetro diferencial Netzsch Gerätebau modelo 402EP que, además de realizar la curva de dilatación lineal, permite medir el coeficiente de dilatación (α) (véase 3.3.2) y la temperatura de transición vítrea (T_g) del vidrio (véase 3.3.1).

Las muestras se prepararon mediante corte y pulido, con forma prismática y dos caras planoparalelas. Las condiciones para el registro de las curvas dilatométricas fueron las siguientes: atmósfera oxidante (aire), velocidad de calentamiento 5°C min^{-1} , intervalo de temperatura desde ambiente hasta 1000°C (nominal máxima), interrumpiéndose la medida a la temperatura a la cual cada vidrio comienza a reblandecer.

En las figs. 8.6 a 8.12 se muestran las curvas dilatométricas de los vidrios de partida.

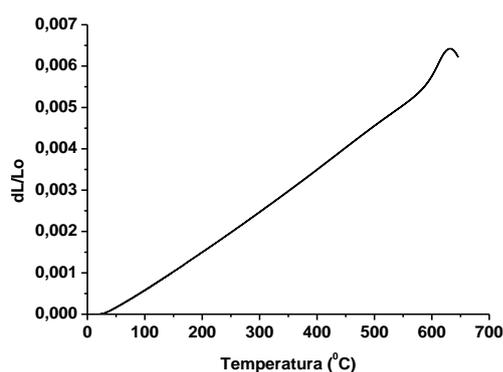


Figura 8.6. Curva dilatométrica del vidrio Rubí.

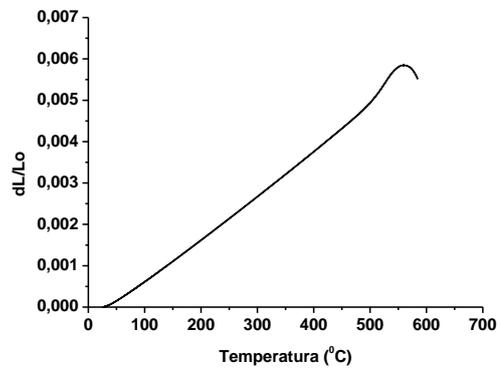


Figura 8.7. Curva dilatométrica del vidrio Opal.

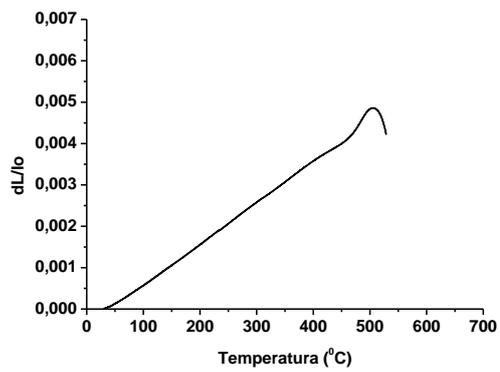


Figura 8.8. Curva dilatométrica del vidrio Cristal.

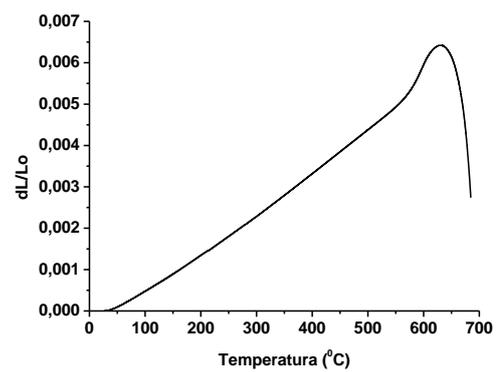


Figura 8.9. Curva dilatométrica del vidrio Azul.

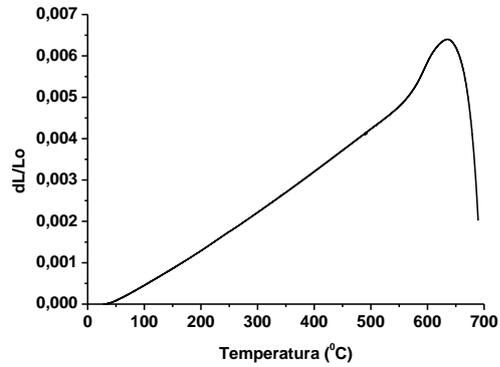


Figura 8.10. Curva dilatométrica el vidrio Verde.

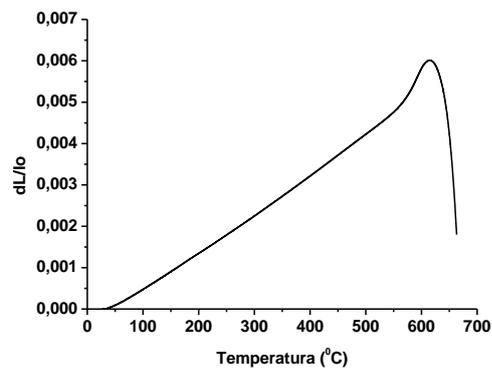


Figura 8.11. Curva dilatométrica del vidrio Ámbar.

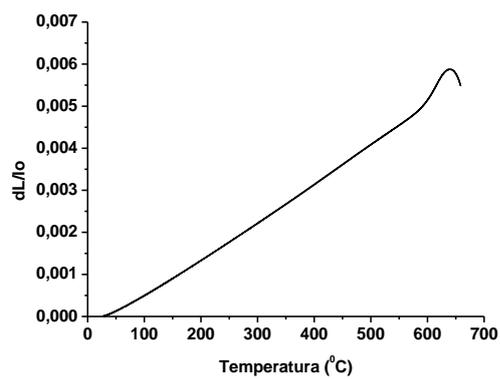


Figura 8.12. Curva dilatométrica del vidrio Incoloro.

En la tabla 8.3 se recogen los datos experimentales correspondientes a cada vidrio, así como los valores de sus parámetros térmicos.

Tabla 8.3. Datos experimentales y parámetros térmicos de los vidrios de partida, obtenidos a partir de sus correspondientes curvas dilatométricas.

Parámetros	Vidrio Rubí	Vidrio Opal	Vidrio Cristal	Vidrio Azul	Vidrio Verde	Vidrio Ámbar	Vidrio Incoloro
Longitud inicial de la muestra (mm)	24,40	15,01	7,95	13,48	11,50	12,00	12,64
Temperatura máxima del ensayo ($^{\circ}\text{C}$)	646	585	529	685	689	663	659
Coefficiente de dilatación lineal α ($\times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$)	9,90	10,50	10,0	9,75	9,44	9,37	8,8
Temperatura de transición vítrea T_g ($^{\circ}\text{C}$)	590	505	467	579	575	576	598

De los resultados obtenidos para los coeficientes de dilatación lineal se deduce que, a excepción del vidrio Opal, todos los vidrios de partida son térmicamente compatibles, ya que dichos coeficientes difieren alrededor o en menos de $0,5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ (véase 3.3.2). Respecto al vidrio Opal sería compatible en el límite con el vidrio Rubí (diferencia de coeficientes de dilatación $\sim 0,60 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$) y poco compatible con los otros vidrios (diferencia máxima de coeficientes de dilatación $\sim 1,13 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$). Por este motivo será necesario realizar pruebas previas de comportamiento térmico antes de llevar a cabo termofundidos para las obras escultóricas. En cuanto a los valores de T_g determinados, los vidrios Cristal y Opal son los que tienen los menores T_g (alrededor de 503°C); los vidrios Azul, Verde, Ámbar e Incoloro, procedentes de vidrios comunes de botellas, tarros y ventanas, tienen valores de T_g muy similares, alrededor de 577°C ; y el vidrio Rubí es el que muestra el T_g mayor, 590°C . Estos resultados son coherentes con las composiciones químicas de los vidrios (véase 8.1.1).

8.1.3. Propiedades ópticas

La caracterización óptica de los vidrios de partida se ha llevado a cabo mediante el registro de los espectros de absorción-transmisión en el intervalo ultravioleta-visible (UV-VIS). Se utilizó un espectrofotómetro Ocean Optics

modelo HR 4000 CG en el intervalo de longitud de onda de 200 a 1100 nm. Las muestras consistieron en láminas planoparalelas de 1 mm de espesor aproximadamente, pulidas a espejo por ambas caras.

En las figs. 8.13 a 8.18 se recogen dichos espectros, y en la tabla 8.4 los datos espectroscópicos y las asignaciones de los cromóforos correspondientes de cada vidrio o de su borde de absorción UV-VIS.

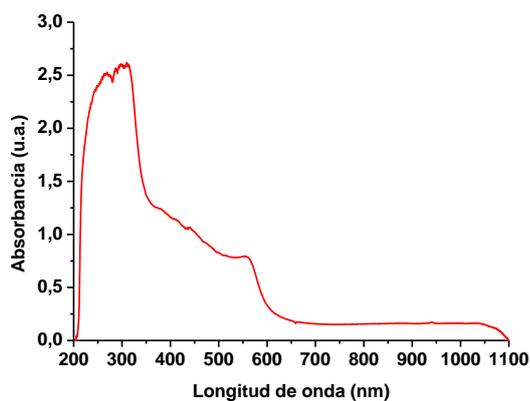


Figura 8.13 a. Espectro de absorción del vidrio Rubí, compuesto por el vidrio base incoloro-verdoso y la capa de vidrio rojo.

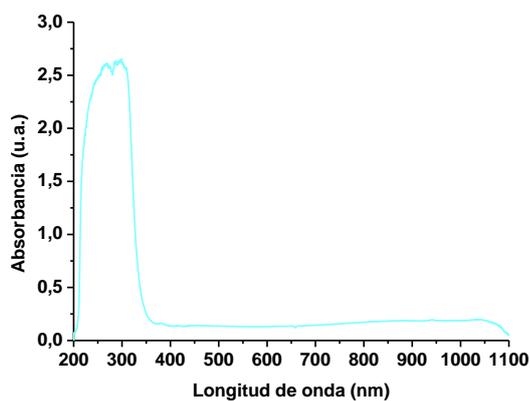


Figura 8.13 b. Espectro de absorción del vidrio base incoloro-verdoso del vidrio Rubí.

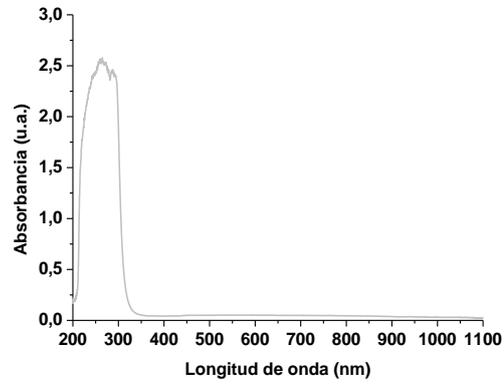


Figura 8.14. Espectro de absorción del vidrio Cristal.

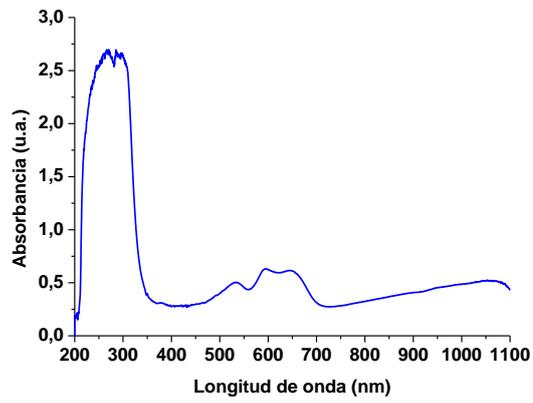


Figura 8.15. Espectro de absorción del vidrio Azul.

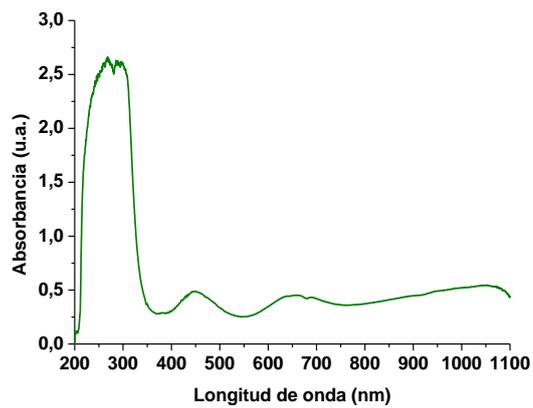


Figura 8.16. Espectro de absorción del vidrio Verde.

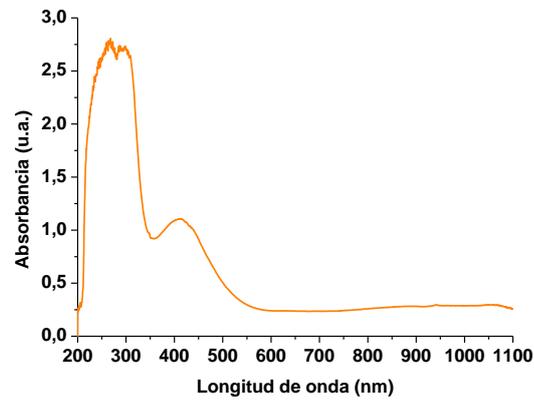


Figura 8.17. Espectro de absorción del vidrio Ámbar.

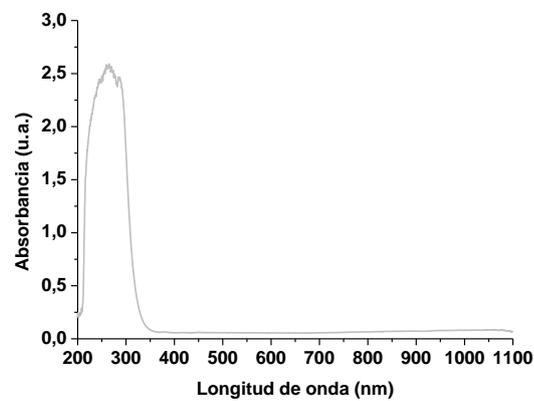


Figura 8.18. Espectro de absorción del vidrio Incoloro.

Tabla 8.4. Datos espectroscópicos y asignaciones de las principales bandas de absorción visible y borde de absorción de los vidrios de partida.

Parámetros	Vidrio Rubí	Vidrio Cristal	Vidrio Azul	Vidrio Verde	Vidrio Ámbar	Vidrio Incoloro
Bandas de absorción principales ó borde de absorción (nm)	555	304	535 593 643	448 634 655 688	410	306
Asignación	Cu ⁺ /Cu ⁰	-	Co ²⁺	Cr ³⁺	Fe ³⁺ /S ²⁻	-
Espacio de color CIE XYZ	X=32,44 Y=25,33 Z=10,83	X= 95,09 Y=100,06 Z=108,97	X=32,65 Y=34,23 Z=58,51	X=39,50 Y=46,42 Z=38,64	X= 40,47 Y= 42,83 Z=18,40	X= 95,03 Y= 99,99 Z=108,93
Longitud de onda dominante (nm)	590,8	482,7	478,1	558,9	578,8	479,2
Pureza de color	0,560	0,000	0,249	0,135	0,498	0,000
Color visual						

8.1.4. Microestructura

El vidrio Opal presenta unas características ópticas peculiares (opacidad o carácter opal) que no se pueden analizar con el estudio de su espectro UV-VIS. Ello se debe a que los núcleos cristalinos o separación de fases líquido-líquido que originan la opalescencia/opacidad del vidrio Opal son la consecuencia de una microestructura diferente de la de los otros vidrios de partida que son transparentes, independientemente de su coloración (véase 3.3.4 y 3.4.4). El estudio de dicha microestructura se ha realizado por microscopía electrónica de barrido de emisión de campo (MEBEC), utilizando un microscopio de cátodo frío Hitachi S-4800 y tensión de aceleración de 15kV, acoplado a un sistema analizador de dispersión de energía de rayos X (EDS) Oxford Inca, que permite realizar análisis en zonas localizadas.

La preparación de las muestras para su observación por MEBEC consistió en realizar una fractura fresca en un fragmento del vidrio Opal, que inmediatamente se atacó con vapores de HF al 48 % en volumen durante 45 s.

Tras un lavado sucesivo de la superficie atacada con porciones de agua y posteriormente de alcohol, ésta se recubrió con una fina capa de grafito en un recubridor JEOL modelo JEE 4B con exposición de 30 s. Asimismo, también se preparó mediante fractura otra muestra del mismo fragmento de vidrio Opal, que en este caso se observó al microscopio electrónico sin recubrimiento de grafito y con las mismas condiciones técnicas de funcionamiento del equipo.

En la fig. 8.19 a y b se presentan las micrografías MEBEC correspondientes al vidrio Opal atacado con HF, y en la fig. 8.19 c y d las del vidrio Opal sin ataque alguno.

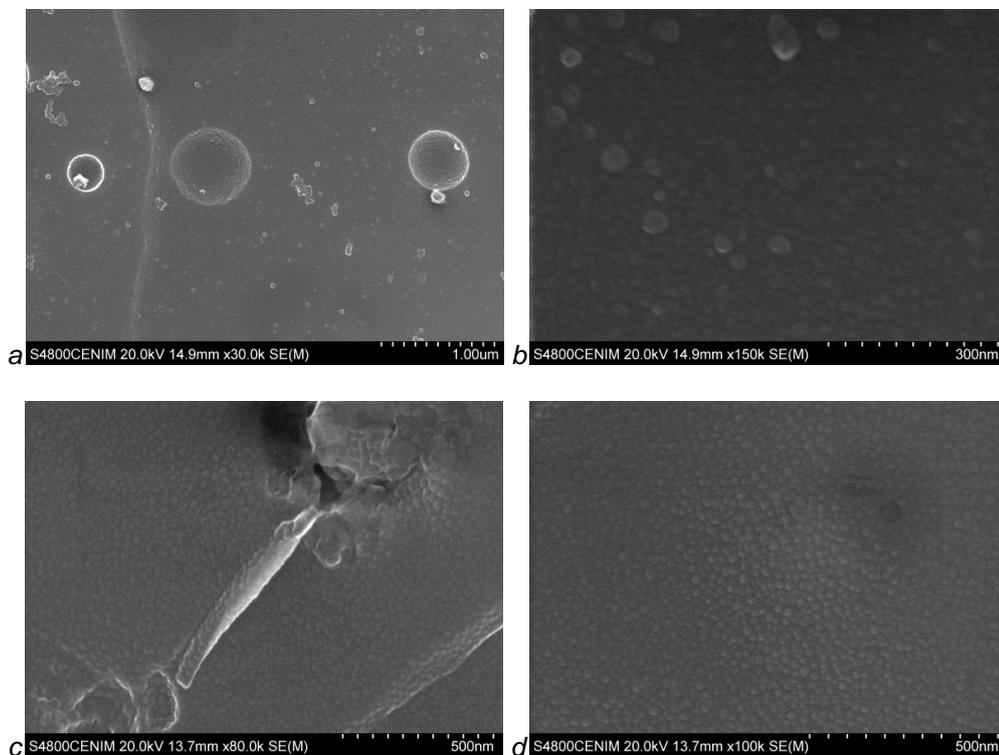


Figura 8.19. Imágenes de MEBEC del vidrio Opal. a) y b) Atacado con HF. c) y d) Sin atacar.

La microestructura que se observa es la de una separación de fases muy densa o muy tupida con una distribución muy regular de gotículas llamativamente uniforme. Esta uniformidad se aprecia especialmente en las micrografías b, c y d de la fig. 8.19, que permiten estimar el diámetro medio de las gotículas entre 15 y 20 nm. En la fig. 8.19 a, además de observarse el mismo fondo uniforme que en las otras micrografías, lo más peculiar es la presencia de tres esferas regulares de 200, 500 y 700 nm de diámetro, respectivamente,

rodeadas de un halo claro, que dan la impresión de estar formadas por una agregación de las mismas gotitas de tamaño uniforme que constituyen invariablemente el fondo. Es posible que, más que de grandes esferas emergentes, se trate de deformaciones esféricas locales, originadas por burbujas, que se producen en el seno de la masa vítrea fundida y que se manifiestan como un abultamiento o una depresión local. En la fig. 8.19 b se aprecian algunas gotas mayores, de hasta 30 nm, y otros agregados formados por unión de dos, tres o más gotitas del mismo tamaño uniforme que, en algunos casos, adoptan agrupamientos serpentiformes o en zigzag. Esta microestructura corresponde a una etapa inicial de la coalescencia de las gotitas. Como se ha indicado, en la fig. 8.19 c y d se muestra el aspecto de la superficie del vidrio Opal sin ataque alguno. A los menores aumentos, al igual que el caso de la muestra atacada, se observan pequeños desconchados y líneas de fractura, pero en ningún caso se observa la apariencia o hábito cristalino incipiente, precursor de la formación de cristales.

Los microanálisis químicos realizados en las distintas zonas de las muestras de la fig. 8.19 se resumen en la tabla 8.5.

Tabla 8.5. Resultados (% peso) de los análisis químicos obtenidos por EDS en diversas zonas de las muestras del vidrio Opal de la fig. 8.19. (nd: no determinado).

Zona	(% peso)						
	F ⁻	Na ₂ O	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	Sb ₂ O ₃
Muestra atacada, fondo general	4,54	8,99	3,54	79,15	0,43	3,36	nd
Muestra atacada, glóbulo	4,01	8,35	3,55	80,13	nd	3,95	nd
Muestra atacada, general	5,38	13,25	3,25	73,57	0,44	3,78	0,33
Muestra atacada, fondo glóbulo	3,31	7,38	3,19	81,51	0,43	4,17	nd
Muestra atacada, promedio	4,31	9,49	3,38	78,59	0,33	3,82	0,08
Muestra sin atacar, fondo general	5,65	10,85	3,41	75,70	0,37	4,01	nd

La composición química del vidrio atacado con HF es similar a la del vidrio sin atacar. Las diferencias que se aprecian en el vidrio atacado con HF se atribuyen a una ligera desalcalinización (pérdida de iones Na⁺, K⁺ y Ca²⁺) local en la superficie del vidrio y al consiguiente enriquecimiento de sílice. Por otro lado, hay que destacar que en ambos vidrios se detecta un contenido de iones fluoruro (F⁻) entre 4 y 6 % en peso, lo cual es coherente con las proporciones habituales en vidrios opales (blanco opaco) de fabricación industrial (23). La comparación de los resultados de los análisis químicos del vidrio Opal obtenidos por FRX (tabla 8. 2) y EDS (tabla 8.5) indican que existe una buena concordancia, y que con el de EDS ha sido posible detectar y cuantificar el contenido de iones fluoruro del vidrio, lo cual es esencial para caracterizar su opacidad.

8.2. EJEMPLOS DE REALIZACIÓN DE OBRAS ESCULTÓRICAS

En esta parte experimental del trabajo se ha pretendido establecer una relación entre los conocimientos teóricos y prácticos acerca del vidrio, desde el punto de vista científico y técnico, para aplicarlos a la práctica de la ejecución de obras escultóricas que, a su vez, pongan de manifiesto tantas propiedades y características del vidrio como sea posible. En todos los casos la selección de los diseños, elaboración de modelos y de moldes y las técnicas concretas de ejecución han estado supeditadas a las instalaciones técnicas, los instrumentos, equipos y materiales disponibles, o que se podían adquirir, por parte del Taller de Escultura Cerámica del Departamento de Escultura de la Facultad de Bellas Artes Alonso Cano (Universidad de Granada), y del Laboratorio de Conservación del Patrimonio del Departamento de Historia del Arte y Patrimonio del Instituto de Historia (CCHS, CSIC).

En general, los diseños que se han seleccionado responden a una finalidad artística y estética según los propios criterios de los directores de este trabajo y de la autora, por lo que no se ha pretendido que las obras resultantes sean especialmente innovadoras o que puedan alcanzar un valor artístico singular o una estimación comercial o económica significativa. El hilo conductor de dichos diseños, así como del resto de aspectos relacionados con la realización de las obras, ha sido el interés experimental y científico para demostrar la potencialidad del vidrio en obras escultóricas simples, y poner de manifiesto las dificultades que entraña esa realización por sencilla que sea. Dificultades que pueden solventarse con relativa facilidad si existe una base de conocimiento científico y técnico del vidrio. Por otro lado, este trabajo práctico se ha planteado con tres premisas de partida: utilización de materiales reciclados o muy económicos, que cada obra reflejara una o más propiedades o características diferentes del vidrio, que cada obra fuera realizada como mínimo con una técnica de ejecución distinta, o combinación de dos o más distintas entre sí.

En cuanto a las técnicas de ejecución, se han realizado las siguientes:

- Colado libre del vidrio en molde refractario a la temperatura de fluidez del vidrio, bien para obtener un relieve macizo o una figura maciza en tres dimensiones.
- Colado con cuchara en molde abierto de arena.
- Termofundido de granos de vidrio (granalla, murrinas) sobre hoja de vidrio plano, para obtener un bajo relieve sobre dicha hoja de vidrio.

- Descolgado térmico de hoja de vidrio plano, para obtener una figura hueca o semihueca en tres dimensiones.
- Talla y pulido en frío.
- Compactación de granos de vidrio (granalla, murrinas) con una resina en un molde, para obtener en frío una figura maciza en tres dimensiones.

8.2.1. Relieve *Nactanebo*

El diseño de la obra denominada *Nactanebo* se extrajo de la fotografía de la fig. 4.9 (véase 4.3), con la que se realizó un dibujo digitalizado (fig. 8.20) utilizando el programa informático Blender versión 2.75.



Figura 8.20. Dibujo digitalizado de *Nactanebo*.

La elaboración del modelo de *Nactanebo* se llevó a cabo mediante impresión en 3D con un equipo BQ modelo Witbox printer. La fig. 8.21 muestra el aspecto del modelo obtenido en material polimérico.



Figura 8.21. Modelo en material polimérico de *Nactanebo*.

El molde para el relieve Nactanebo se preparó con una mezcla de escayola ($\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$) común comercial y alúmina (Al_2O_3) en proporción 1/3 a 2/3 en volumen. La adición de alúmina se llevó a cabo para mejorar las características refractarias del molde. Esta mezcla se utilizó para la capa de contacto con el modelo (hasta 1 cm aproximadamente por encima de la superficie superior del modelo). El resto del volumen del molde se rellenó con escayola. En la fig. 8.22 se muestran algunas imágenes del proceso de preparación del molde.

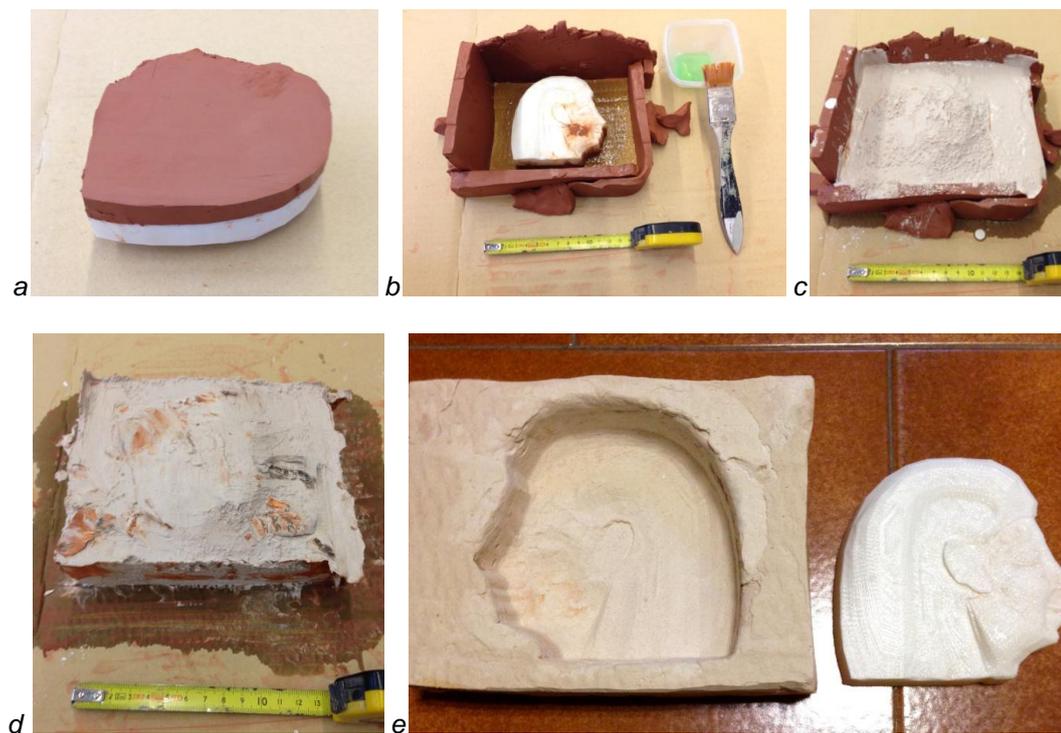


Figura 8.22. Etapas de elaboración del molde de Nactanebo. a) Base de arcilla en el modelo. b) Colocación del modelo con base en una caja receptora del material del molde. c) Rellenado parcial de la caja con el material del molde. d) Rellenado completo de la caja con el material del molde. e) Molde y modelo tras el desmoldado.

La primera técnica de ejecución para este relieve fue la de colado libre a la temperatura de fluidez del vidrio. El vidrio que se utilizó fue de silicato sódico cálcico común procedente de tarros reciclados (vidrio Incoloro, fig. 8.5 a, tabla 8.1). Los tarros se fragmentaron en trozos (fig. 8.5 b), que se lavaron y se pesaron a fin de completar la cantidad necesaria para rellenar el volumen del molde. Dicho volumen se calculó previamente adicionando agua al molde que inmediatamente se vació en una copa aforada. La masa de vidrio necesaria para rellenar el molde se calculó con el dato del volumen del molde y el de la

densidad del vidrio, en este caso $2,49 \text{ g cm}^{-3}$. Con el fin de obtener un vidrio coloreado azul intenso, algunos trozos del vidrio Incoloro se recubrieron con una disolución de óxido de cobalto preparada a partir de $0,5 \text{ g}$ de CoO en 250 ml de agua. Los trozos de vidrio se colocaron en un recipiente cerámico refractario perforado en su parte inferior. Por dichos orificios el vidrio, una vez que ha alcanzado su punto de fluidez a alta temperatura, gotea y cae en el molde.

La temperatura máxima del horno fue de 950°C (velocidad de calentamiento de $150^{\circ}\text{C h}^{-1}$), que se mantuvo durante 1h , tras la cual se bajó a 600°C para el recocido de la pieza durante 24h . Finalmente el horno se desconectó y se dejó enfriar libremente durante otras 24h . El recocido del vidrio facilita la liberación de tensiones mecánicas y elimina o disminuye la ulterior posibilidad de fractura espontánea de la obra. En la fig. 8.23 se recogen imágenes del proceso descrito.

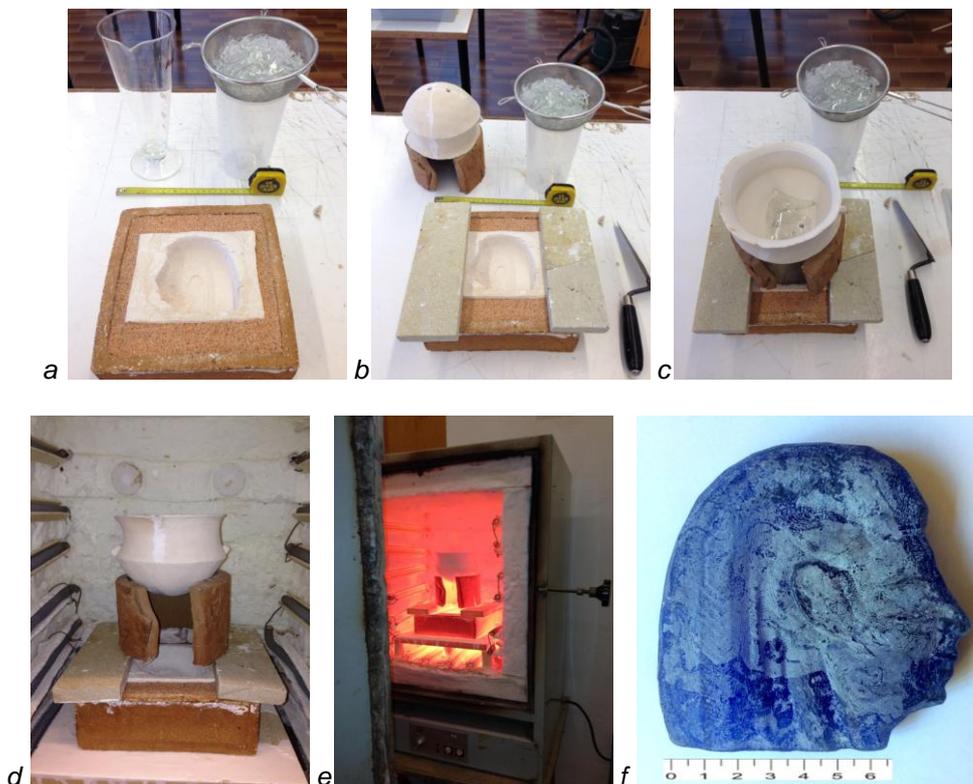


Figura 8.23. Ejecución del relieve Nactanebo mediante colado libre en molde. a) Lavado y cálculo del volumen del molde. b y c) Preparación del recipiente cerámico con los trozos de vidrio. d) Colocación del molde y recipiente cerámico en el horno. e) Colado del vidrio en el molde en el interior del horno. f) Relieve de vidrio macizo una vez desmoldado.

El acabado de este relieve se llevó a cabo por arenado del anverso y reverso de la obra con una arenadora marca Sablex modelo N3, utilizando como abrasivo corindón blanco de 120 μm de tamaño de grano. La presión del aire comprimido para proyectar el abrasivo fue de 6 bares. El arenado se llevó a cabo en el Servicio de Soplado de Vidrio de la Universidad de Zaragoza. La fig. 8.24 presenta la obra terminada.



Figura 8.24. Aspecto final del relieve *Nactanebo* arenado (9,5 x 9,5 x 1,8 cm). Anverso (imagen izquierda), reverso (imagen derecha).

Con la técnica de termoconformado de fragmentos de vidrio en el interior de un molde refractario se preparó otro relieve *Nactanebo* utilizando, como en el caso anterior, el vidrio Incoloro procedente de tarro (fig. 8.5 a, tabla 8.1). La preparación del molde se llevó a cabo mediante el mismo proceso descrito más arriba. Los parámetros del horno durante el termoconformado del vidrio y su recocado fueron los mismos que en el caso anterior. La fig. 8.25 muestra algunas imágenes de la técnica utilizada.

La fig. 8.26 a muestra el aspecto del relieve *Nactanebo* obtenido una vez extraído del molde correspondiente. Con el fin de eliminar los restos del molde en la superficie del relieve, se sumergió en un baño de ácido fluorhídrico (HF) diluido al 24 % en volumen durante un tiempo total de 80 minutos. Posteriormente el relieve se lavó repetidas veces con agua y detergente común. Este proceso de pulido químico no sólo elimina los restos del molde sino que proporciona al relieve un brillo notable (fig. 8.26 c). El acabado de este relieve se llevó a cabo en el Servicio de Soplado de Vidrio de la Universidad de Zaragoza. Con el fin de seleccionar un lustre que armonizara con el relieve *Nactanebo*, se realizó un ensayo con tres lustres de distinto tono: amarillo-dorado, gris-azulado y madreperla, que se aplicaron en pequeños vasos de vidrio y en fragmentos de vidrios recortados de las obras del presente trabajo (fig. 8.27). A la vista de los resultados se seleccionó el lustre de tono madreperla.

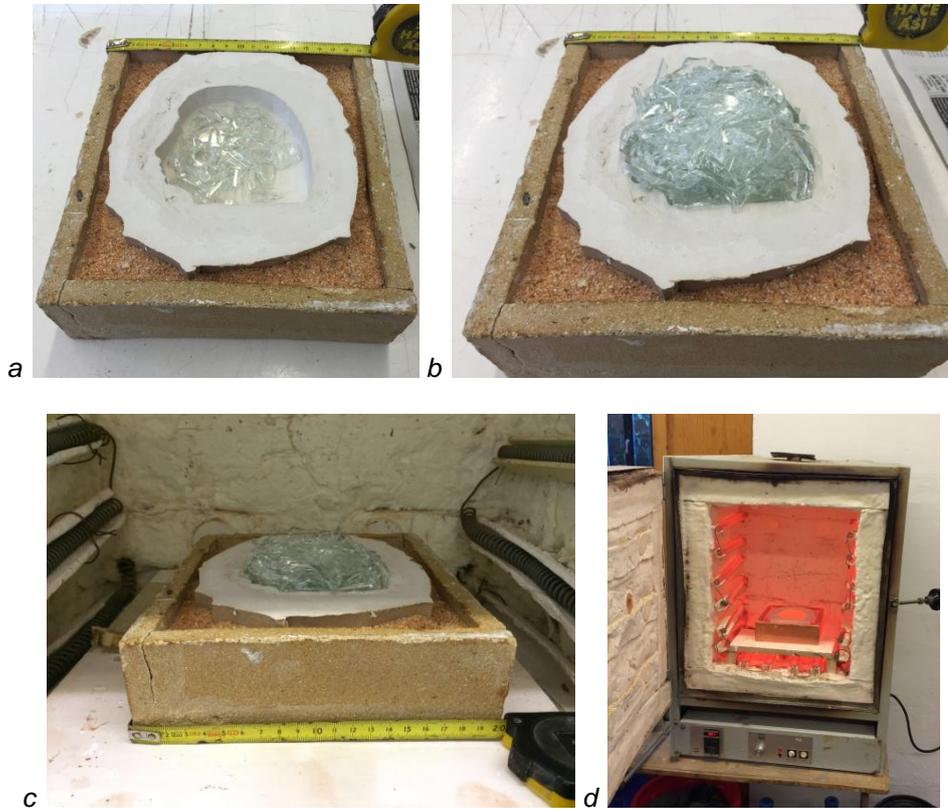


Figura 8.25. Ejecución del relieve Nactanebo mediante termoconformado. a) Rellenado parcial del molde con fragmentos del vidrio Incoloro. b) Rellenado total del molde con dicho vidrio. c) Introducción del molde con los fragmentos de vidrio en el horno. d) Proceso de termoconformado.



Figura 8.26. a) Relieve Nactanebo obtenido tras el termoconformado de fragmentos del vidrio Incoloro. b) Aspecto después de pulido al ácido fluorhídrico durante 20 min. c) Aspecto después de pulido al ácido fluorhídrico durante 80 min.



Figura 8.27. Ensayos de aplicación de tres lustres distintos en pequeños vasos de vidrio y en fragmentos de recortes de los vidrios de este trabajo.

En toda la superficie del relieve *Nactanebo* se aplicó con pincel una fina capa de lustre de tono madreperla, referencia 26.0002 de La Casa del Ceramista Juan (Manises, Valencia) (fig. 8.28 a). El disolvente usado para la dilución del lustre fue el de características comunes para este tipo de lustre del mismo proveedor.

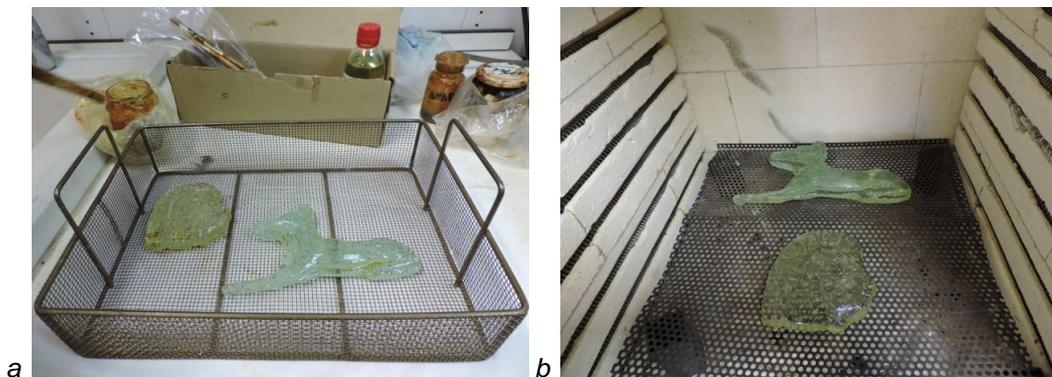


Figura 8.28. Etapas del acabado del relieve *Nactanebo*. a) Aplicación del lustre de tono madreperla para el acabado del relieve. b) El relieve, una vez aplicado el lustre, en el horno donde se llevó a cabo la densificación del mismo. Este tratamiento se realizó de forma conjunta con el relieve *Anubis* lustre (véase 8.2.2).

Tras un secado de 30 min a 60°C en estufa de laboratorio, el lustre se densificó en un horno de mufla a una velocidad de calentamiento de 6° min⁻¹ hasta 300°C y de 12° min⁻¹ hasta 530°C, con estabilización de 60 min a dicha temperatura (fig. 8.28 b). A continuación se dejó enfriar el horno según su caída libre de temperatura. Finalmente el relieve se limpió con un paño suave para

eliminar el polvo y posibles restos sobrantes del lustre en la superficie del vidrio. La fig. 8.29 muestra el aspecto final del relieve.



Figura 8.29. Aspecto final del relieve Nactanebo con lustre (9,5 x 9,5 x 1,8 cm).

8.2.2. Relieve Anubis

El diseño de la obra denominada *Anubis* se extrajo de la fotografía de la fig. 4.6 (véase 4.3.), con la que se realizó un dibujo digitalizado (fig. 8.30) utilizando el programa informático Blender versión 2.75.



Figura 8.30. Dibujo digitalizado de Anubis.

La elaboración del modelo de *Anubis* se llevó a cabo mediante impresión en 3D con un equipo BQ modelo Witbox printer. La fig. 8.31 muestra el aspecto de los modelos obtenidos en material polimérico.

La primera técnica de ejecución para este relieve fue la de termoconformado en molde refractario de fragmentos de vidrio. El molde se

preparó con una mezcla de composición y proporciones idénticas a las utilizadas para el relieve *Nactanebo* (véase 8.2.1). El fondo del molde se espolvoreó con un esmalte de cobre azulado (esmalte comercial para Rakú compuesto de cobre metálico y una frita a base de sílice, alúmina, óxido de plomo y óxido de potasio, como componentes principales). Asimismo, el procedimiento experimental para elaborar el relieve siguió el mismo patrón que el de la ejecución del relieve *Nactanebo* por esta misma técnica (véase 8.2.1). En la fig. 8.32 se muestran algunas imágenes del molde y del proceso de elaboración del relieve *Anubis* con el vidrio Verde.



Figura 8.31. Modelos en material polimérico de Anubis reproducidos a dos tamaños diferentes.

Las rebabas de vidrio que se aprecian en la fig. 8.32 e se eliminaron por corte con una cortadora Fexas modelo DM de 300 mm de diámetro, refrigerada por agua, y posterior pulido con una lijadora de banda Fexas de 2000x150 mm, utilizando bandas de carburo de silicio Carboflex con tamaños de grano de 80 y 120 μm , y finalmente una banda con pómez para el pulido final. Estas operaciones se llevaron a cabo en el Servicio de Soplado de Vidrio de la Universidad de Zaragoza. El acabado del relieve, que también se realizó en el servicio mencionado, consistió en un arenado por el reverso y bordes, mientras que el anverso se preservó tal como se obtuvo tras el termoconformado, puesto que la textura resultó muy fiel al molde y con un aspecto rústico aceptable, acentuado por los granos del esmalte azulado que se adicionó. Con el fin de no afectar dicha textura rústica, el anverso del relieve se cubrió por completo con cinta adhesiva de pintor antes de realizar el acabado en la máquina de arenado, cuyas características técnicas ya han sido descritas anteriormente (véase 8.2.1). La fig. 8.33 presenta el aspecto final del relieve *Anubis* rústico.

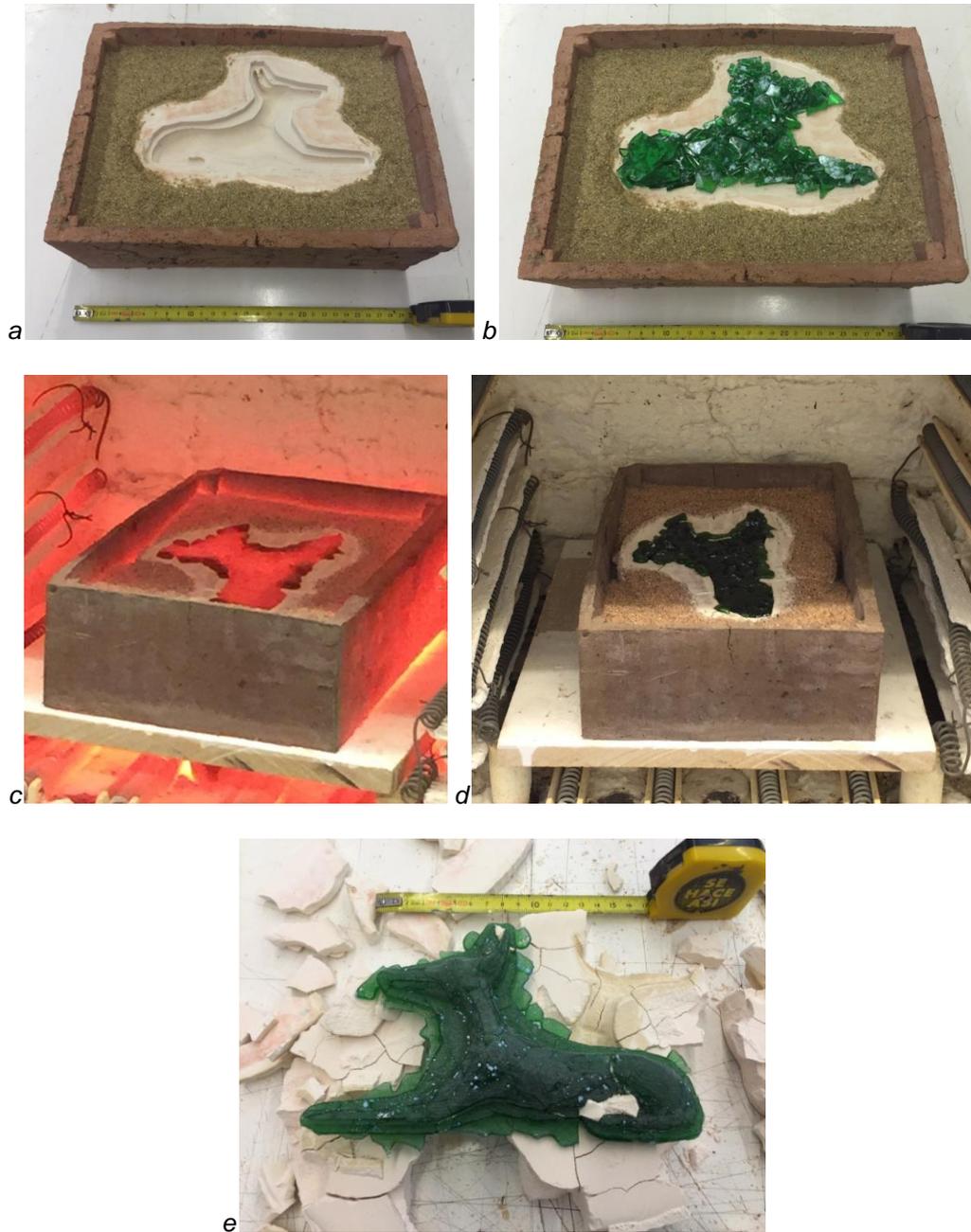


Figura 8.32. Etapas de elaboración del relieve Anubis mediante termoconformado. a) Molde contenido en caja refractaria. b) Molde relleno de fragmentos del vidrio Verde. c) Termoconformado en el horno. d) Tras el enfriamiento en el horno. e) Relieve de vidrio macizo una vez desmoldado.



Figura 8.33. Aspecto final del relieve Anubis rústico (19,3 x 11,8 x 2 cm).

La segunda técnica de ejecución del relieve *Anubis* consistió en colado en molde abierto de arena. La arena utilizada para el molde fue una arenisca silicocalcárea finamente molida y aprestada con agua. En este caso se utilizó vidrio de silicato sódico cálcico, procedente de casco de vidrio común de ventana (fig. 8.5 c, tabla 8.1). El vidrio contenido en un gran crisol se fundió a 1350°C en un horno alimentado con gasóleo y se coló con cuchara de acero directamente sobre el molde abierto de arena. Las imágenes de la fig. 8.34 ilustran las fases del proceso.

Tras el colado, el molde y el relieve se dejan enfriar hasta la pérdida del tono rojo del vidrio incandescente y, posteriormente, el relieve se extrae del molde por volteo con una pala de acero y se introduce rápidamente en un horno de recocido precalentado a 540°C . El recocido se lleva a cabo durante 24h a 540°C seguido de la caída libre de la temperatura del horno hasta la ambiente. La fig. 8.34 d presenta el aspecto del relieve obtenido.

Con el fin de eliminar los restos de la arena del molde y otras impurezas, el relieve se sometió a un mateado suave con ácido fluorhídrico (HF). La concentración del baño fue de 24 % en volumen y el relieve se mantuvo sumergido durante un total de 90 min. El resultado se puede apreciar en la fig. 8.35.

Las pequeñas rebabas de vidrio que se aprecian en la fig. 8.35 se eliminaron en el Servicio de Soplado de Vidrio de la Universidad de Zaragoza, mediante corte y posterior pulido con una cortadora y lijadora, respectivamente, cuyas características han sido indicadas anteriormente (véase 8.2.1) (fig. 8.36).

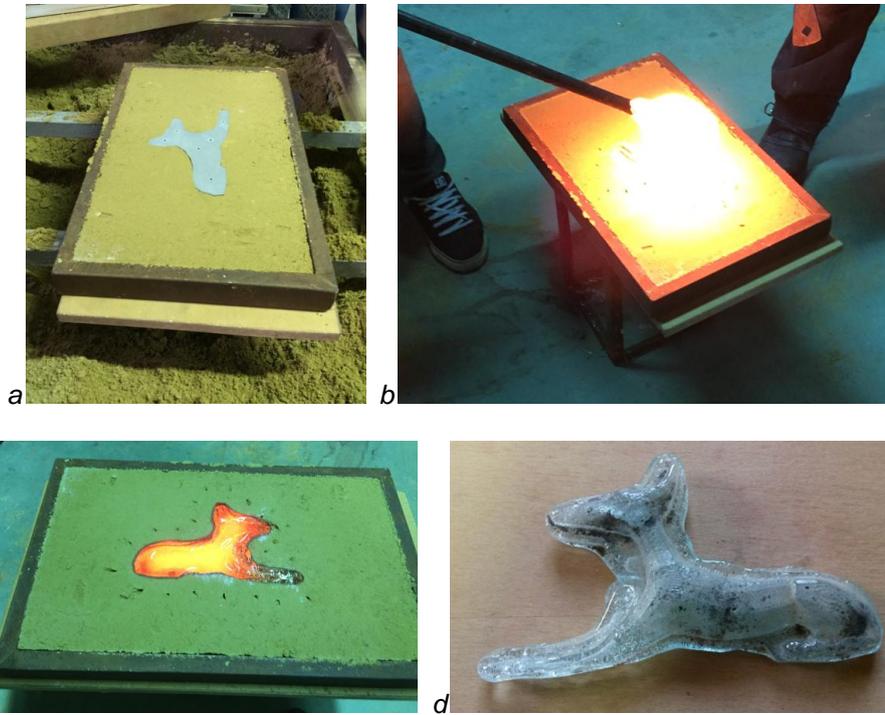


Figura 8.34. Etapas de elaboración del relieve Anubis mediante colado en molde abierto de arena. a) Molde de arena conteniendo el modelo. b) Colado del vidrio sobre el molde con cuchara de acero. c) Inicio del enfriamiento del vidrio en el molde instantes antes de ser introducido en el horno para el recocido. d) Relieve una vez extraído del molde y recocido.

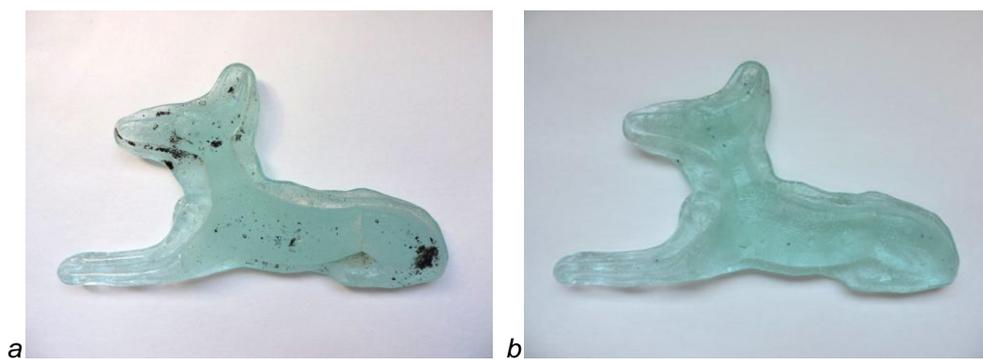


Figura 8.35. Relieve Anubis elaborado por colado del vidrio Incoloro en molde abierto de arena y posteriormente mateado suavemente al ácido. a) Aspecto después del tratamiento con ácido fluorhídrico durante 5 min. b) Aspecto después del tratamiento con ácido fluorhídrico durante 90 min.

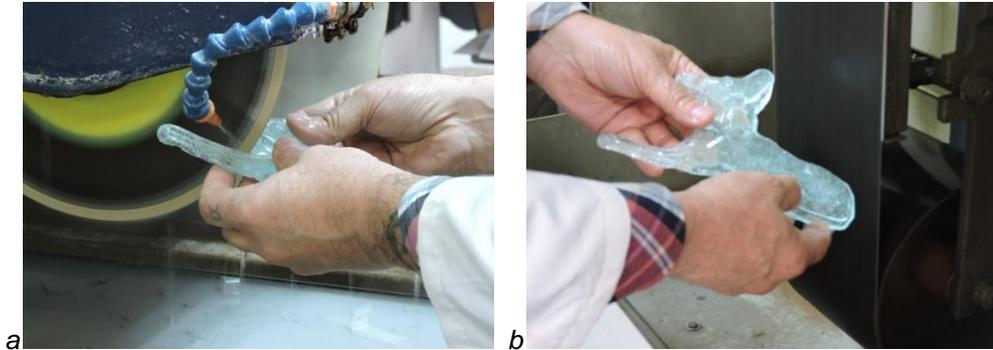


Figura 8.36. Eliminación de rebabas del relieve *Anubis* obtenido por colado en molde abierto de arena. a) Desbastado en la cortadora de diamante. b) Pulido en la lijadora de banda con cinta de pómez.

El acabado de este relieve también se llevó a cabo en el servicio mencionado. Para ello se aplicó en toda su superficie una fina capa de lustre de tono madreperla, según el procedimiento y densificación térmica detallados en el apartado 8.2.1 (fig. 8.28). La fig. 8.37 muestra el aspecto final del relieve *Anubis* con lustre.



Figura 8.37. Aspecto final del relieve *Anubis* con lustre (20 x 12 x 2 cm).

8.2.3. Figura *Babel*

El diseño de la obra denominada *Babel* es original de la autora. A partir de la ideación se realizó un dibujo digitalizado (fig. 8.38) utilizando el programa informático Blender versión 2.75. La elaboración del modelo de *Babel* se llevó a cabo mediante impresión en 3D con un equipo BQ modelo Witbox printer. La fig. 8.39 muestra el aspecto de los modelos obtenidos en material polimérico.

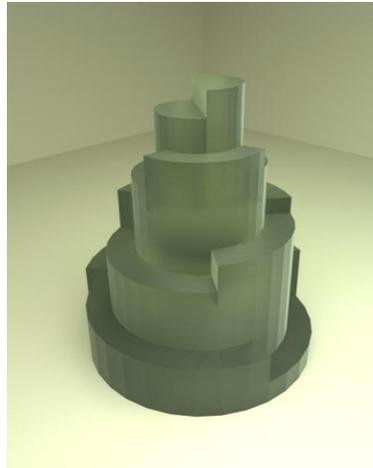


Figura 8.38. Dibujo digitalizado de *Babel*.

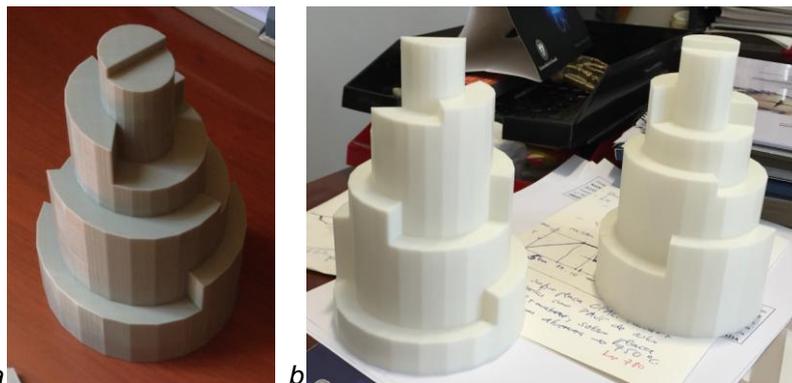


Figura 8.39. Modelos en material polimérico de *Babel*.

La primera técnica de ejecución para la figura *Babel* consistió en un proceso mixto de termoconformado y colado libre a la temperatura de fluidez del vidrio con fragmentos del vidrio Cristal. El procedimiento experimental llevado a cabo fue el mismo que el detallado para los relieves *Nactanebo* ejecutados por las técnicas mencionadas (véase 8.2.1). Debido al volumen de la obra y al tipo de vidrio (vidrio Cristal, fig. 8.3, tabla 8.1) con el que se proyectaba su ejecución, la elaboración del molde de *Babel* requirió tomar diversas precauciones, con el fin de que resultara mecánica y térmicamente resistente. El material del molde se preparó con la misma mezcla refractaria que la utilizada para las obras anteriormente descritas. Además se dispuso una armadura o anillo de acero en el exterior del molde para garantizar la integridad mecánica del mismo frente al peso del vidrio que debía soportar (fig. 8.40).



Figura 8.40. Etapas de elaboración del molde de Babel. a) Introducción del modelo en el anillo de acero. b) Rellenado del molde. c) y d) Sinterización del molde. e) y f) Aspecto del molde una vez eliminado el modelo.

La fig. 8.41 muestra imágenes del proceso de ejecución de *Babel* por termoconformado y colado libre en molde refractario de fragmentos del vidrio Cristal. Se utilizaron 2 kg de fragmentos de vidrio, según el cálculo realizado a partir del volumen del molde. Como la totalidad de los fragmentos que completaban los 2 kg de vidrio no cabían en el molde, se preparó un recipiente cerámico refractario (en esta ocasión en forma de cabeza humana), con perforaciones en su parte superior, que se colocó invertido encima de un soporte cerámico apoyado en la parte superior de molde relleno, como ilustra la fig. 8.41 e.

El calentamiento del horno se realizó a la velocidad de $2^{\circ}\text{C min}^{-1}$ hasta 850°C , seguido de una estabilización de 30 min; subida de temperatura hasta 900°C a la misma velocidad, seguida de una estabilización de 120 min; bajada de temperatura según la caída libre del horno hasta 540°C y estabilización de recocido a dicha temperatura durante 21 días. Posteriormente la temperatura se bajó sucesivamente 50°C cada 24 h, de modo que tras unos 11 días se desconectó el horno y la temperatura bajó según la caída libre del horno hasta la ambiente.

Las etapas de la eliminación del molde refractario se ilustran en la fig. 8.42. Esta operación tuvo que llevarse a cabo muy cuidadosamente para no dañar la figura de vidrio. En primer lugar se realizaron perforaciones en la corona circular visible del molde (fig. 8.42 a), y posteriormente se fue retirando material del molde con un cuchillo y otros instrumentos (fig. 8.42 b y c) hasta que la figura quedó liberada del anillo protector de acero (fig. 8.42 d y e) y de todo el material del molde (fig. 8.42 f).

La fig. 8.43 presenta el aspecto de la obra desde dos perspectivas distintas tal como se obtuvo al liberarla del molde. Las rebabas laterales (fig. 8.43 a) se eliminaron mecánicamente produciendo pequeñas vibraciones con un instrumento metálico que hizo saltar los fragmentos de vidrio.

El acabado de esta figura se llevó a cabo mediante un pulido al ácido, utilizando un baño de ácido fluorhídrico (HF). Puesto que se trata de vidrio Cristal, que es más sensible al ataque ácido que el vidrio común de silicato sódico cálcico, se realizaron algunos ensayos previos variando la concentración y el tiempo de ataque. En función de los resultados obtenidos se seleccionó la misma concentración que en casos anteriores (24 % en volumen) y un tiempo total de 80 min. La fig. 8.44 muestra imágenes antes y después del proceso de pulido químico.

La fig. 8.45 muestra una imagen de la figura *Babel* (*Babel antigua*) iluminada con luz transmitida a través de una mesa de luz, que pone de manifiesto el brillo del vidrio Cristal.



Figura 8.41. Ejecución de la figura Babel mediante termoconformado y colado libre en molde refractario. a), b) y c) Rellenado del molde con fragmentos del vidrio Cristal. d) Colocación de un soporte cerámico en la parte superior del molde. e) Colocación de un recipiente en forma de cabeza conteniendo fragmentos del vidrio Cristal. f) Termoconformado y colado libre del vidrio en el molde. g) Descenso de la temperatura de termoconformado a la temperatura de recocido en el horno. h) Molde frío conteniendo el vidrio y recipiente en forma de cabeza tras el recocido.

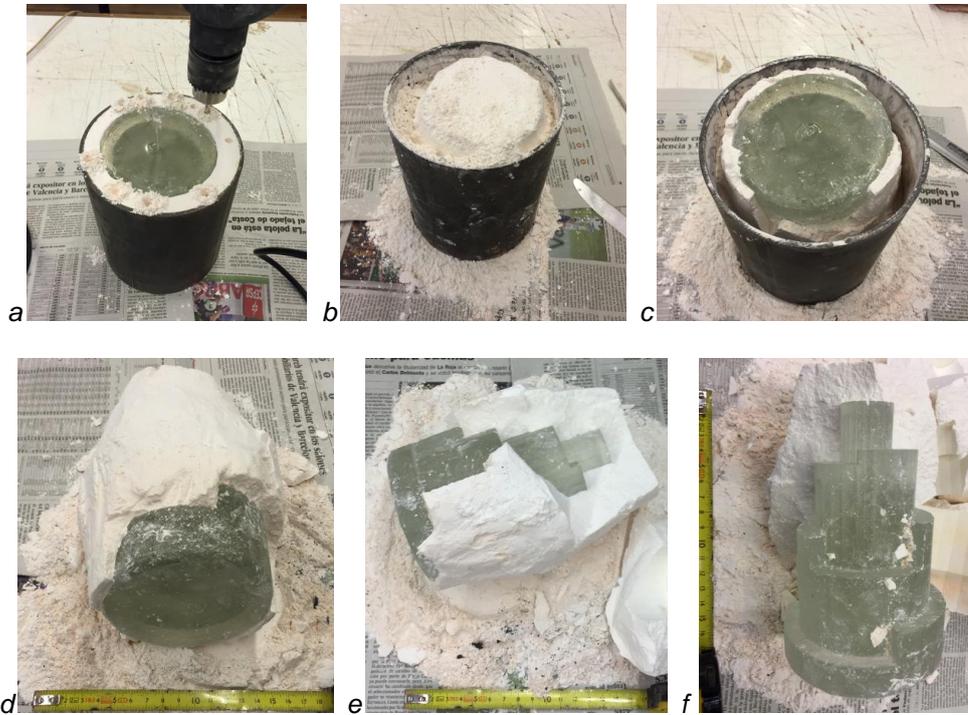


Figura 8.42. Operación de eliminación del molde de la figura Babel. a) Realización de perforaciones en la parte superior del molde. b) y c) Eliminación del material del molde para liberar la figura del anillo protector de acero. d), e) y f) Eliminación del material del molde adherido a la figura.

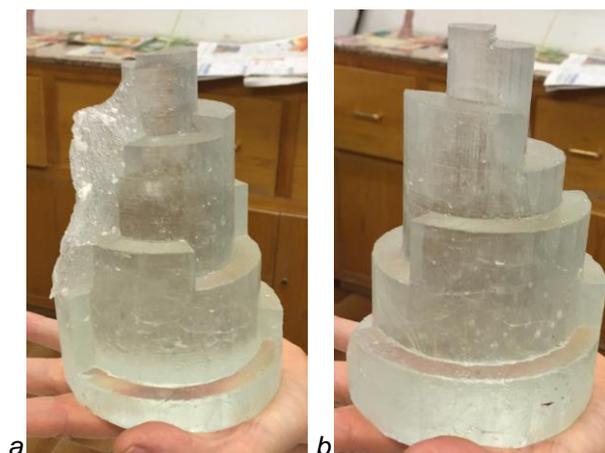


Figura 8.43. Aspecto de la figura Babel obtenida tras el termoconformado y colado libre en molde refractario. a) Lado con rebaba de vidrio. b) Lado sin rebaba.

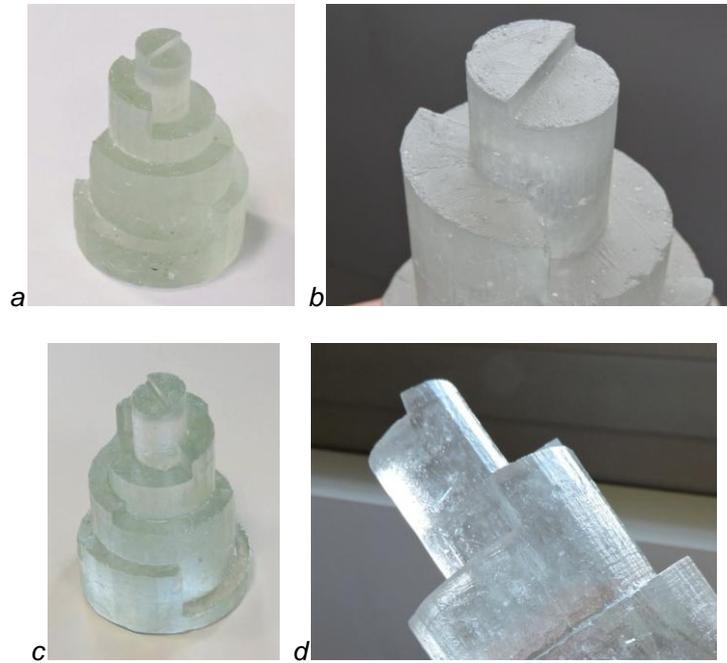


Figura 8.44. Pulido al ácido de la figura Babel realizada con vidrio Cristal. a) Antes del tratamiento con HF. b) Detalle antes del tratamiento con HF. c) Después del tratamiento con HF. d) Detalle después del tratamiento con HF.



Figura 8.45. Aspecto final de la figura Babel antigua. Imagen con luz transmitida (15,3 cm alto, 10 cm diámetro base).

La segunda técnica de ejecución de la obra *Babel* consistió en colado en molde abierto de arena. El procedimiento experimental siguió el mismo proceso descrito en el caso del relieve *Anubis* (véase 8.2.2). La fig. 8.46 resume las etapas del proceso. El interior del molde se espolvoreó con un esmalte azul (esmalte comercial para Rakú, frita a base de sílice, alúmina, óxido de plomo y óxido de potasio como componentes principales).

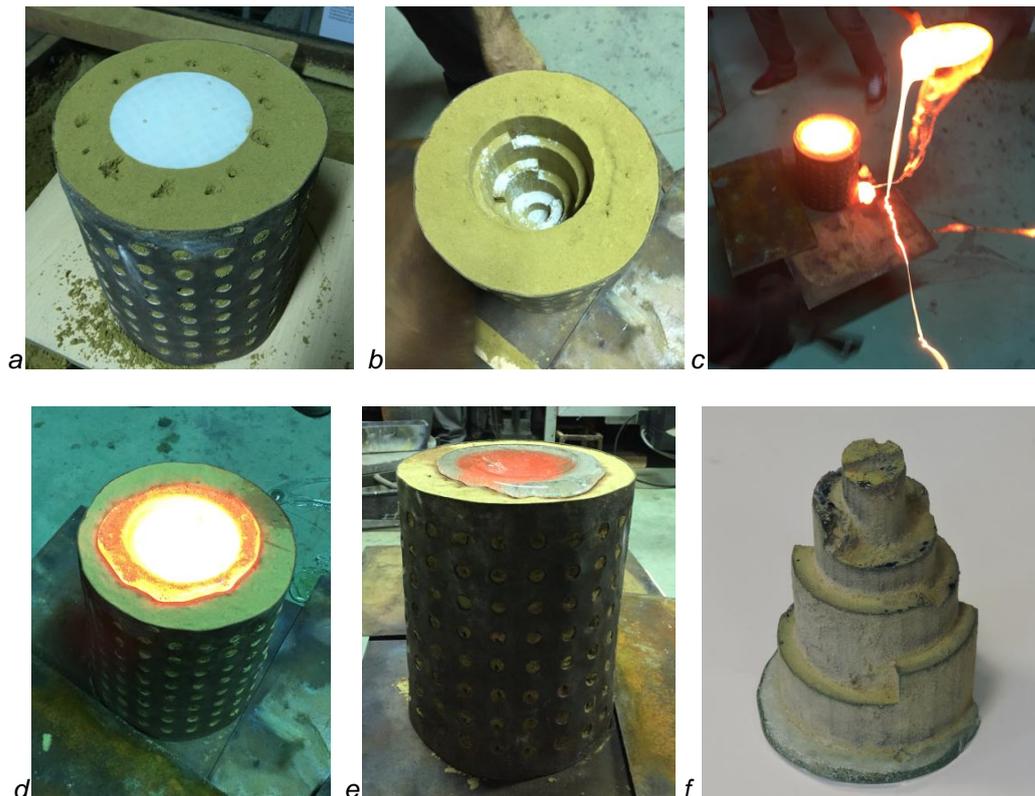


Figura 8.46. Proceso de elaboración de la figura Babel ejecutada con el vidrio Incoloro y la técnica de colado en molde abierto de arena. a) El modelo en el interior del molde de arena. b) Molde de arena con esmalte Rakú espolvoreado. c) Operación de colado con cuchara del vidrio Incoloro en el molde abierto de arena. d) Aspecto de la parte superior del molde relleno de vidrio. e) Imagen del nivel del vidrio aún incandescente en la parte superior del molde. f) Aspecto de la obra recocida y liberada del molde.

El recocido de esta obra se llevó a cabo a 540°C durante 3 días y posterior caída libre de la temperatura del horno hasta la ambiente. La fig. 8.46 f muestra el aspecto de la figura *Babel* tras el recocido. Como puede apreciarse, la superficie es rugosa con restos de arena del molde y numerosos cráteres procedentes de burbujas, mostrando en la base una gran rebaba de vidrio, y a

media altura un hueco originado por una gran burbuja de aire que impidió que dicha zona se rellenara con el vidrio fundido (fig. 8.47).

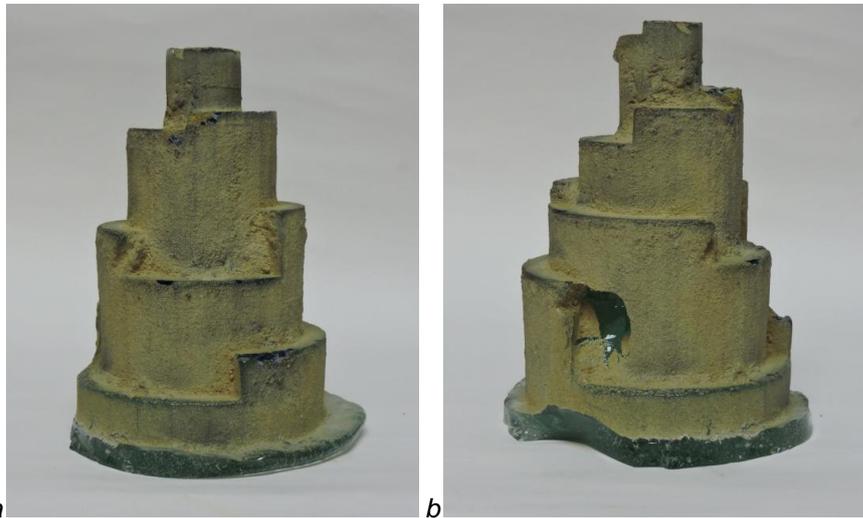


Figura 8.47. Figura Babel obtenida por colado en molde abierto de arena. a) Lado sin huecos. b) Lado con hueco y fractura en la rebaba del pie.

El acabado de esta figura consistió en la eliminación de la rebaba de la base por corte y pulido. Estas operaciones se llevaron a cabo en el Servicio de Soplado de Vidrio de la Universidad de Zaragoza utilizando los instrumentos que se han indicado anteriormente (fig. 8.48).



Figura 8.48. Etapas del acabado de la figura Babel obtenida mediante colado en molde abierto de arena. a) Corte de la rebaba de la base. b) Pulido de la zona recortada.

El resto de la superficie no se modificó ya que su aspecto (fig. 8.49) recuerda el de un material degradado por efecto de la meteorización o del

enterramiento, de modo que puede considerarse como el resultado envejecido de la figura *Babel* realizada con vidrio Cristal. De ahí que la figura realizada con vidrio sódico cálcico se denomine *Babel moderna* y la realizada con vidrio Cristal *Babel antigua*.



Figura 8.49. Aspecto final de la figura *Babel moderna* (15 cm alto, 10 cm diámetro base).

8.2.4. Termofundido *Mariposa*

El diseño de la obra *Mariposa* se basó en un dibujo publicado en internet realizado con un solo tipo de trazo simple (fig. 8.50).



Figura 8.50. Dibujo base del termofundido *Mariposa*.

Esta obra no necesita elaboración de modelo ni de molde. Para la estampación del dibujo en la hoja de vidrio en la que se realizó el termofundido (vidrio Opal, fig. 8.2, tabla 8.1), el dibujo se amplió y estilizó a un tamaño conveniente, adaptado al tamaño y forma de la hoja de vidrio base; y sus contornos se perforaron con pequeñas incisiones cada 2 mm, aproximadamente. A continuación el dibujo se fijó con cinta adhesiva al vidrio base y cada perforación se marcó con un rotulador, de modo que dejara un punto de tinta en el vidrio subyacente a modo de estarcido. Finalmente los puntos se unieron y se retocaron los contornos del dibujo sobre el vidrio. La fig. 8.51 muestra las etapas anteriores.

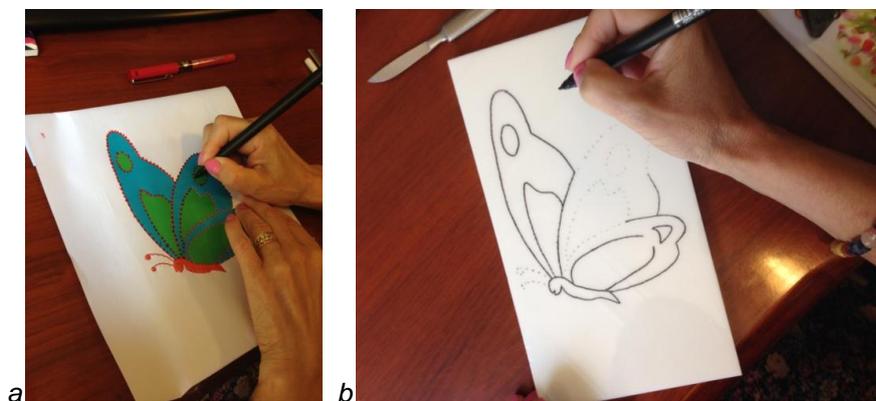


Figura 8.51. Preparación del dibujo Mariposa sobre la base del vidrio Opal. a) Estampación del dibujo en la hoja del vidrio. b) Repaso del trazo del dibujo sobre el vidrio.

Los dominios limitados por los contornos estampados se recubrieron con una fina capa de adhesivo aplicado con un pincel delgado, y se rellenaron con granos (granalla o murrinas) de los vidrios Azul, Verde y Ámbar (fig. 8.52) (véase fig. 8.4 y tabla 8.1).



Figura 8.52. Granos (granalla o murrinas) de los vidrios Azul, Verde y Ámbar.

Los granos se prepararon previamente mediante molienda en mortero de ágata y se separaron diferentes fracciones de tamaño con un tamiz. Se reservó la fracción de tamaño de grano comprendida entre 2 y 5 mm. La fig. 8.53 muestra el rellenado parcial del dibujo con murrinas del vidrio Azul sobre la hoja de vidrio Opal.



Figura 8.53. Rellenado parcial del dibujo estampado en la hoja del vidrio Opal con murrinas del vidrio Azul.

Antes de la ejecución del termofundido *Mariposa* fue necesario realizar algunos ensayos térmicos con las murrinas de vidrios coloreados y el vidrio base Opal. El primer ensayo consistió en colocar murrinas de tres tamaños diferentes sobre un fragmento de vidrio Opal y llevar a cabo un termofundido a 750°C durante 15 min. Esta temperatura se seleccionó en función de las curvas dilatométricas de los vidrios citados (véase 8.1.2). En la fig. 8.54 se pueden observar las etapas y el resultado de este proceso.

Los resultados pusieron de manifiesto que la temperatura de 750°C no es suficiente para realizar un termofundido satisfactorio en el que las murrinas de los vidrios coloreados queden redondeadas y completamente adheridas e integradas en el vidrio base Opal. Por esta razón se repitió el ensayo a una temperatura mayor, 780°C, con la misma duración. La fig. 8.55 presenta los resultados de este ensayo previo, que demuestra que a 780°C las murrinas de los vidrios coloreados quedaron bien adheridas e integradas en el vidrio base Opal.

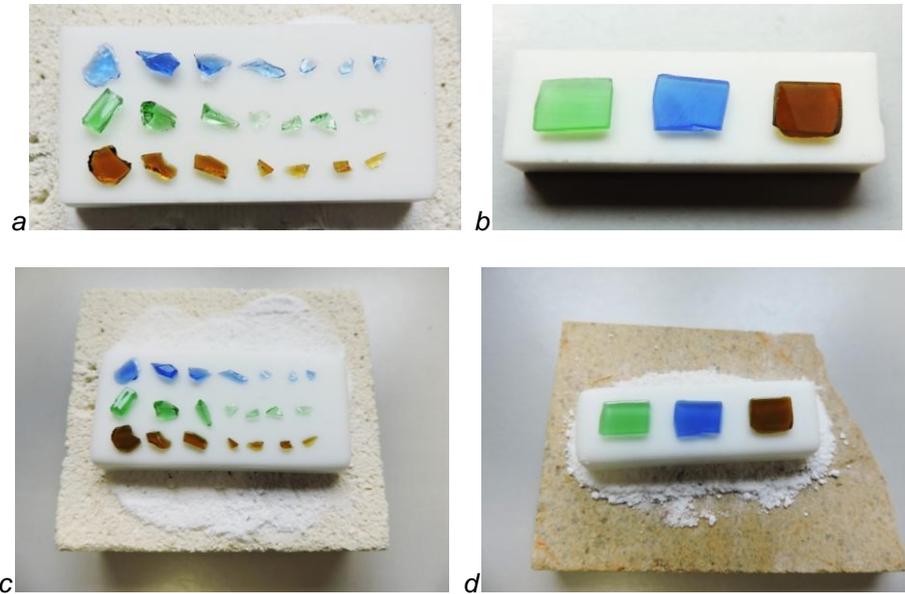


Figura 8.54. Aspecto de las murrinas de los vidrios coloreados sobre el vidrio base Opal. a y b) Antes del termofundido a 750°C . c y d) Después del termofundido a 750°C .

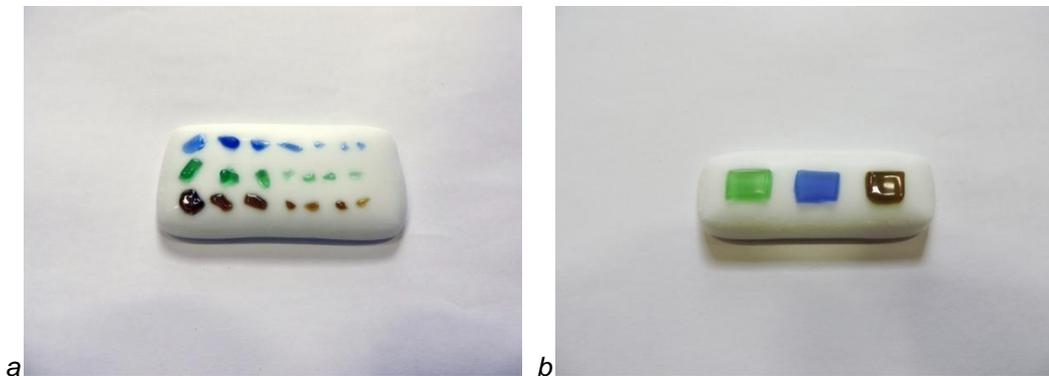


Figura 8.55. a) y b) Aspecto de las murrinas de los vidrios coloreados sobre el vidrio base Opal después del termofundido a 780°C .

A la vista de este resultado se seleccionó la temperatura de 780°C para realizar el termofundido de *Mariposa*. Por consiguiente, a continuación la hoja de vidrio Opal con el dibujo completamente relleno con las murrinas de los vidrios coloreados se introdujo en el horno para realizar el termofundido. La temperatura se subió a $5^{\circ}\text{C min}^{-1}$ hasta 780°C con estabilización de 15 min y caída libre de la temperatura hasta la ambiente. El enfriamiento lento dentro del horno actúa

como tratamiento de recocido de la obra de vidrio termofundido y reduce las posibilidades de fracturas mecánicas debidas a tensiones térmicas. La fig. 8.56 muestra las fases del proceso de termofundido de la obra *Mariposa*.

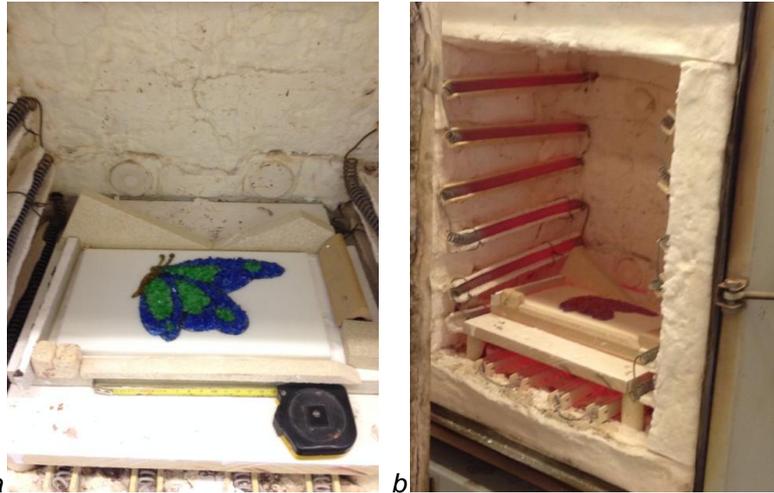


Figura 8.56. Termofundido de la obra *Mariposa*. a) Introducción en el horno en frío. b) Proceso de termofundido en el horno a 780°C.

En la fig. 8.57 se puede observar el aspecto del termofundido *Mariposa* después del recocido. La adherencia de las murrinas de los vidrios coloreados al vidrio base Opal fue excelente. El único defecto que se apreció fue un pequeño desconchado en el ángulo inferior derecho de la hoja de vidrio Opal (fig. 8.57 a).

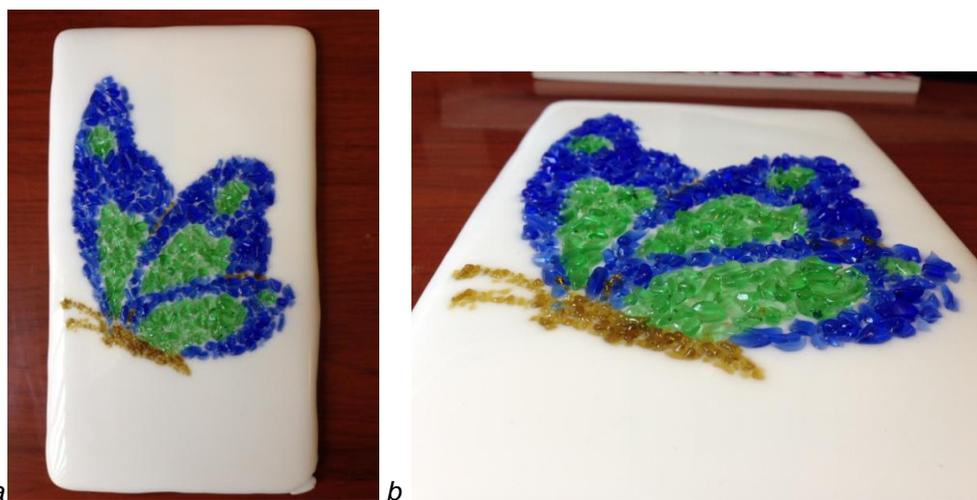


Figura 8.57. Termofundido *Mariposa* tras el recocido. a) Vista frontal. b) Vista rasante.

El acabado de esta obra y la eliminación del desconchado mencionado se llevó a cabo por desbastado y pulido en el Servicio de Soplado de Vidrio de la Universidad de Zaragoza, utilizando los equipos y las condiciones de trabajo que se han indicado anteriormente (véase 8.2.2). La fig. 8.58 muestra el aspecto de la obra terminada.



Figura 8.58. Aspecto final del termofundido Mariposa (25 x 12,5 x 0,7 cm).

8.2.5. Termofundido y descolgado *Pañuelo*

Antes del diseño de la obra *Pañuelo* se llevaron a cabo unos ensayos de termofundido del vidrio Opal sobre el vidrio Rubí y del vidrio Rubí sobre el vidrio Opal, con el fin de decidir qué combinación resultaba más expresiva y satisfactoria artísticamente. Para ello se prepararon fragmentos y murrinas de ambos vidrios según se ha descrito en el apartado 8.2.4. A continuación se llevó a cabo un termofundido a 750⁰C durante 15 min. La fig. 8.59 muestra el aspecto de los fragmentos y murrinas de ambos vidrios antes y después del ensayo de termofundido.

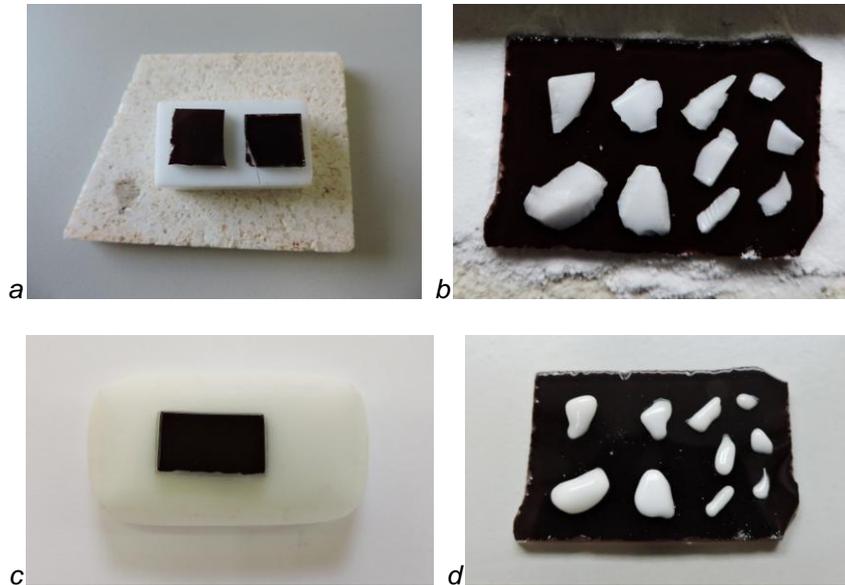


Figura 8.59. Ensayo de termofundido con los vidrios Rubí y Opal. a) Vidrio Rubí sobre vidrio Opal antes del tratamiento térmico. b) Murrinas de vidrio Opal sobre vidrio Rubí antes del tratamiento térmico. c) Termofundido a 750°C del vidrio Rubí sobre el vidrio Opal. d) Termofundido a 750°C de las murrinas de vidrio Opal sobre el vidrio Rubí.

Los resultados obtenidos indicaron, por una parte, que el aspecto del vidrio Rubí sobre el vidrio Opal no era satisfactorio pues el tono rojo muy oscuro destacaba muy poco sobre el blanco opaco, y, por otro lado, que a la temperatura del ensayo (750°C) las murrinas del vidrio Opal se adhieren e integran bien en el vidrio Rubí, mientras que el fragmento de vidrio Rubí, aún adhiriéndose correctamente, no queda integrado en el vidrio Opal. Estos resultados son coherentes con los datos de las propiedades térmicas de ambos vidrios (véase 8.1.2). Por lo tanto, se seleccionó la combinación de murrinas de vidrio Opal sobre la hoja del vidrio Rubí, y para el termofundido la temperatura de 750°C.

Asimismo, se llevó a cabo un ensayo de descolgado térmico o caída (*slumping*) del vidrio Rubí, para seleccionar las condiciones del proceso de termoconformado (temperatura máxima, tiempo de estabilización y recocido). Para ello se tomó un pequeño fragmento de vidrio Rubí, se colocó sobre una pieza cilíndrica maciza de material refractario y se introdujo en un horno de mufla (fig. 8.60 a). La temperatura del horno se subió gradualmente a unos 5°C min⁻¹ hasta 735°C. A dicha temperatura el vidrio Rubí se deforma pero aún no se descuelga (fig. 8.60 b). A continuación la temperatura del horno se elevó hasta 750°C en unos 15 min y a esa temperatura se observó que el vidrio se descuelga

hasta la curvatura máxima posible según la pieza de refractario que se colocó debajo (unos 90°) (fig. 8.60 c).

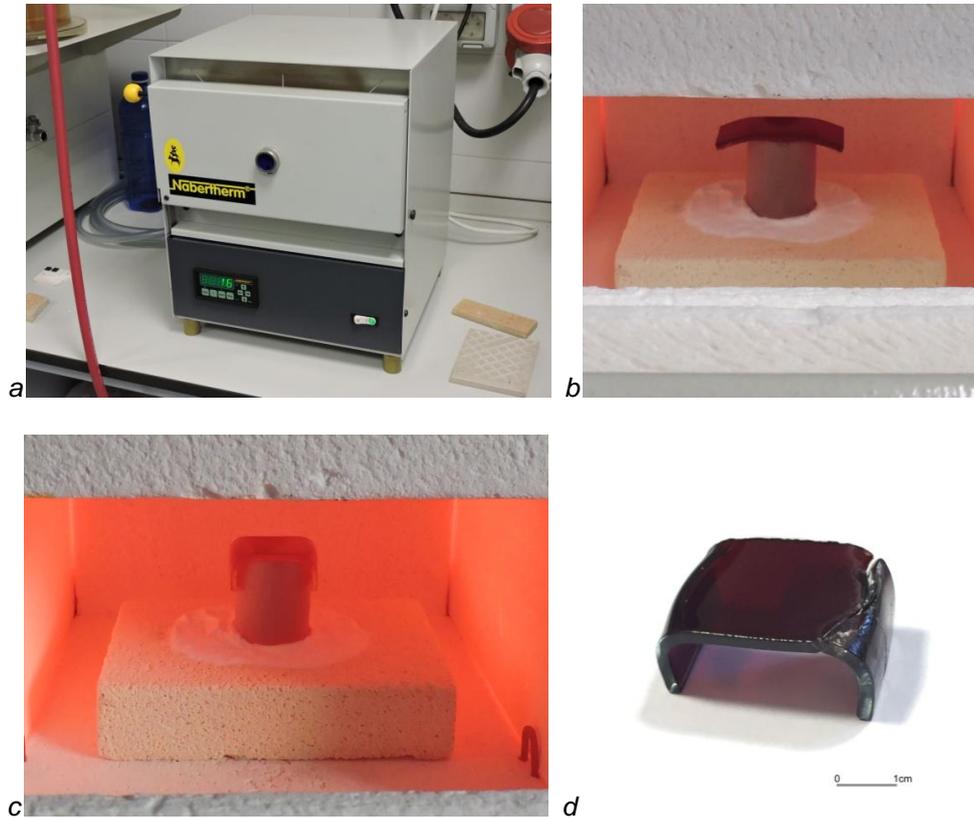


Figura 8.60. Ensayo de descolgado térmico o caída del vidrio Rubí. a) Horno de laboratorio para tratamientos térmicos. b) Fragmento de vidrio Rubí a 735°C . c) Fragmento de vidrio Rubí a 750°C . d) Aspecto del fragmento de vidrio Rubí descolgado.

A la vista de estos resultados se selecciona la temperatura de 750°C y el resto de los parámetros experimentales ensayados con éxito para llevar a cabo el descolgado del vidrio Rubí. Puesto que la temperatura óptima para el termoconformado de las murrinas del vidrio Opal sobre el vidrio Rubí también es 750°C , se opta por realizar en un solo tratamiento térmico ambos procesos, el termoconformado y el descolgado.

El primer paso del proceso de elaboración de la obra *Pañuelo* consistió en una limpieza de la hoja del vidrio Rubí con agua y jabón neutro, secado con papel que no deja fibras y colocación de las murrinas del vidrio Opal fijándolas con cola convencional diluida al 50 % en agua (fig. 8.61).



Figura 8.61. Fijación de las murrinas del vidrio Opal sobre la superficie limpia de la hoja del vidrio Rubí.

A continuación se preparó una base cerámica a partir de arcilla, con dimensiones algo mayores que la hoja del vidrio Rubí y espesor de unos 2,5 cm. La base se secó a 80°C durante 24 h en un horno mufla con unos apoyos en su cara inferior, con el fin de obtener una superficie curva irregular en la cual descansara la hoja de vidrio Rubí una vez descolgada, de modo que adoptara dicha forma curva (fig. 8.62 a). Finalmente la base se predensificó a 180°C durante 2 h seguida de bajada libre de la temperatura hasta la ambiente (fig. 8.62 b).

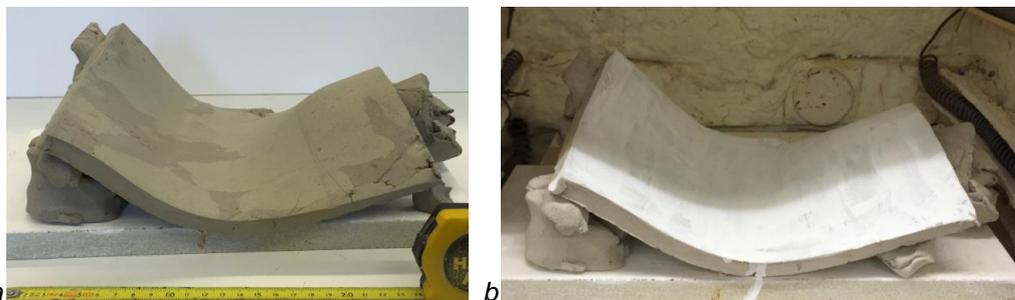


Figura 8.62. Preparación de la base cerámica para el descolgado del vidrio Rubí. a) Base cerámica seca a 80°C. b) Base cerámica predensificada a 180°C.

El proceso de termoconformado y descolgado consistió en las siguientes etapas: colocación en el horno de mufla de la hoja de vidrio Rubí, con las murrinas de vidrio Opal adheridas con cola, sobre la base cerámica; elevación de la temperatura hasta 750°C a una velocidad de unos 5°C min⁻¹; estabilización a dicha temperatura durante 15 min; desconexión del horno y caída libre de la temperatura hasta la ambiente. Al cabo de unas 18 h la obra se retiró del horno a

temperatura ambiente. La fig. 8.63 muestra las etapas de este proceso simultáneo de termoconformado y descolgado.

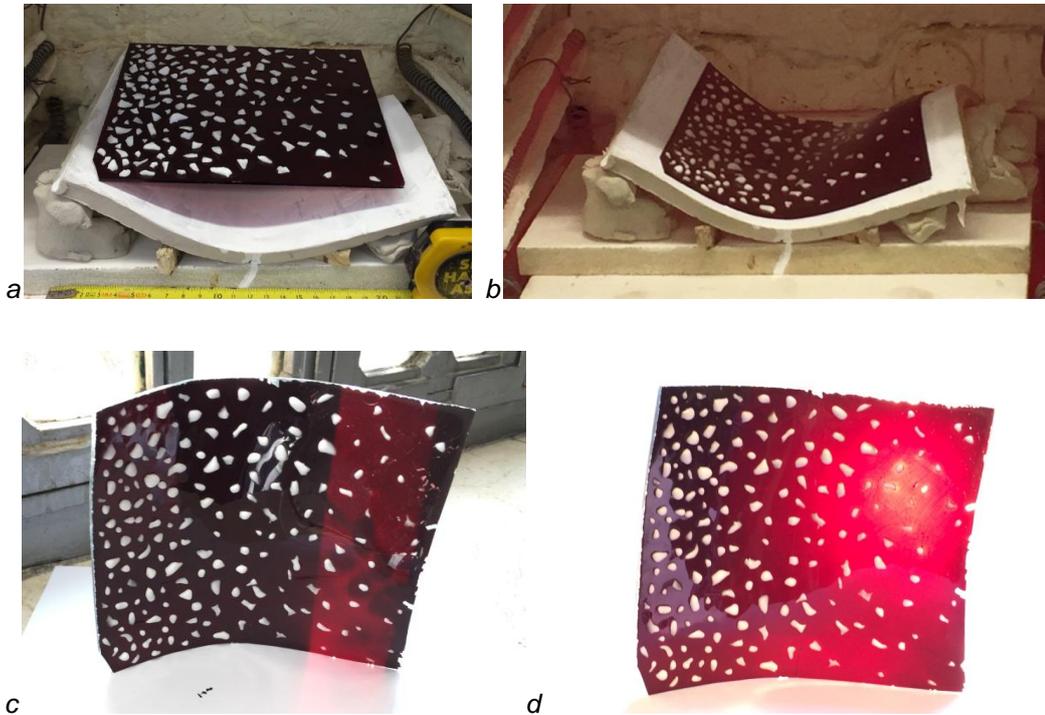


Figura 8.63. Proceso simultáneo de termoconformado y descolgado de la obra Pañuelo. a) Colocación en el horno de la base cerámica y de la hoja de vidrio Rubí con murrinas de vidrio Opal. b) Tratamiento térmico a 750°C. c) Aspecto de la obra a su salida del horno. d) Aspecto de la obra observada con luz transmitida (16 x 16 x 0,2 cm).

El color rojo rubí del vidrio se ha mantenido inalterado tras el proceso de termoconformado y descolgado, y, por otra parte, los granos del vidrio Opal se han adherido y reblandecido adecuadamente sobre el vidrio Rubí. Este resultado era esperable teniendo en cuenta la compatibilidad térmica de los vidrios Rubí y Opal (véase 8.1.2 y tabla 8.3). Sin embargo, a pesar del recocido que se realizó tras el proceso de termofundido y descolgado, que supuestamente debería haber evitado la formación de grietas y roturas por choque térmico o generación de tensiones mecánicas de origen térmico, la superficie del vidrio Rubí quedó agrietada y parcialmente despegada por algunas zonas del vidrio base incoloro. Por algunos bordes de la hoja del vidrio Rubí se desprendieron pequeños fragmentos de la capa roja. Esto puede deberse a una incompatibilidad térmica de los dos vidrios que forman el vidrio Rubí, es decir, el vidrio base incoloro común y la capa de vidrio rojo plaqué, que no han resistido el calentamiento y/o el enfriamiento que conlleva el proceso de termoconformado y descolgado. El

vidrio Rubí que se ha utilizado procede de un vidrio para pantalla de luz roja (tabla 8.1) y, con toda probabilidad, no estaba previsto su uso en aplicaciones que implicaran cambios térmicos de la magnitud y duración como los que se han llevado a cabo en el presente trabajo.

Con el fin de refundir los bordes de la obra y fijar los pequeños fragmentos de la capa roja, se realizó un flambeado en el Servicio de Soplado de Vidrio de la Universidad de Zaragoza. Para ello se introdujo la obra en un horno de mufla cuya temperatura se subió lentamente hasta unos 400°C. Después de una estabilización de 2 h aproximadamente, la puerta del horno se entreabrió y se introdujo un soplete de mano de combustión externa de mezcla de propano, oxígeno y aire comprimido con el que se flambearon los bordes de la hoja del vidrio Rubí. La operación no dio resultados positivos y la obra se alabeó parcialmente y se rajó en un lateral.

8.2.6. Relieve *Atenea*

Para la realización del relieve *Atenea* se utilizó un modelo comercial. La técnica empleada para obtener este relieve en vidrio fue mediante colado de vidrio de silicato sódico cálcico, procedente de casco de vidrio común de ventana (fig. 8.5 c, tabla 8.1), en molde abierto de arena siguiendo el procedimiento descrito en el apartado 8.2.2. La fig. 8.64 muestra las imágenes del proceso.

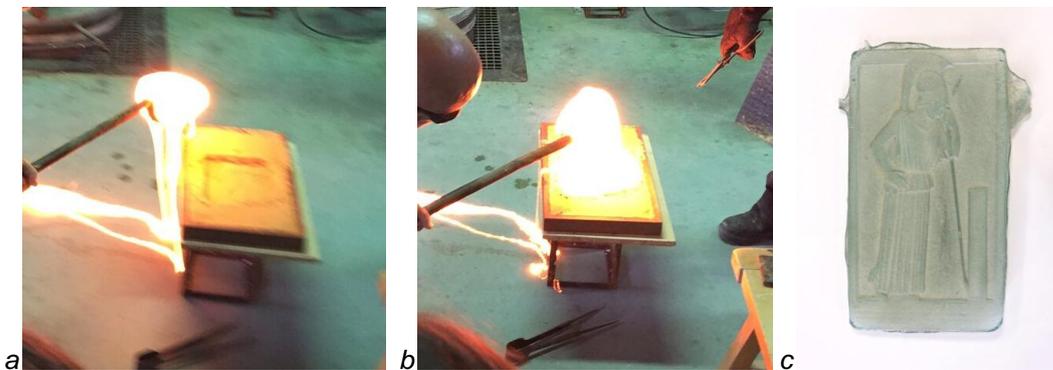


Figura 8.64. Proceso de realización del relieve *Atenea* mediante colado en molde abierto de arena. a) Molde abierto de arena. b) Colado del vidrio sobre el molde con cuchara de acero. c) Relieve una vez extraído del molde y recocido.

Como puede apreciarse en la fig. 8. 64 c la calidad del relieve resultante es excelente y a ello contribuye una ligerísima capa de arena adherida al vidrio que potencia las sombras. Por lo tanto, se decidió no realizar operaciones de pulido, mateado o arenado. Sin embargo, las rebabas laterales residuales del colado se eliminaron por corte, desbastado y pulido en el Servicio de Soplado de

Vidrio de la Universidad de Zaragoza, con los equipos que se han especificado anteriormente (véase 8.2.2). En la fig. 8.65 se pueden observar imágenes del proceso.

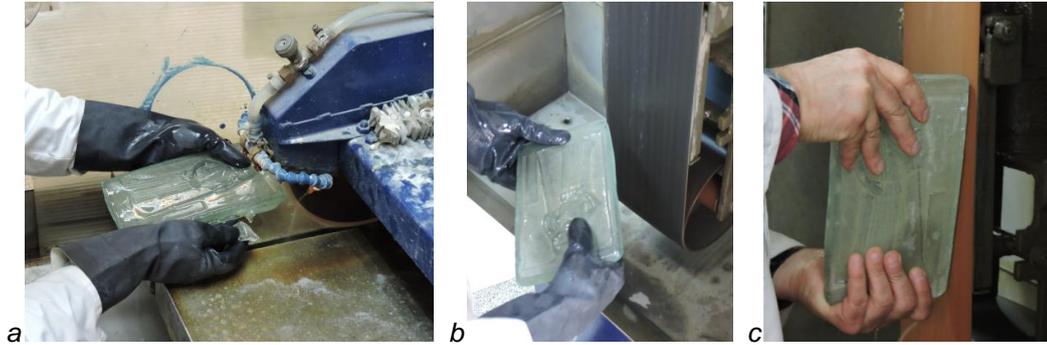


Figura 8.65. Acabado del relieve Atenea. a) Corte y desbastado de las rebabas laterales. b) Lijado con banda de carburo de silicio de los bordes recortados. c) Pulido con banda de pómez.

La fig. 8.66 muestra el aspecto final del relieve *Atenea*.



Figura 8.66. Aspecto final del relieve *Atenea* (23 x 12,5 x 1,8 cm).

8.2.7. Relieve *Músicos*

Al igual que en el caso de *Atenea*, para el relieve *Músicos* se usó un modelo comercial. Asimismo, la técnica empleada fue el colado de vidrio de silicato sódico cálcico, procedente de casco de vidrio común de ventana (fig. 8.5 c, tabla 8.1), en molde abierto de arena según se describe en el apartado 8.2.2. La fig. 8.67 muestra el aspecto del relieve después de su recocido, que se llevó a cabo en las mismas condiciones que en los casos anteriores.



Figura 8.67. Aspecto del relieve *Músicos* una vez extraído del molde y recocido.

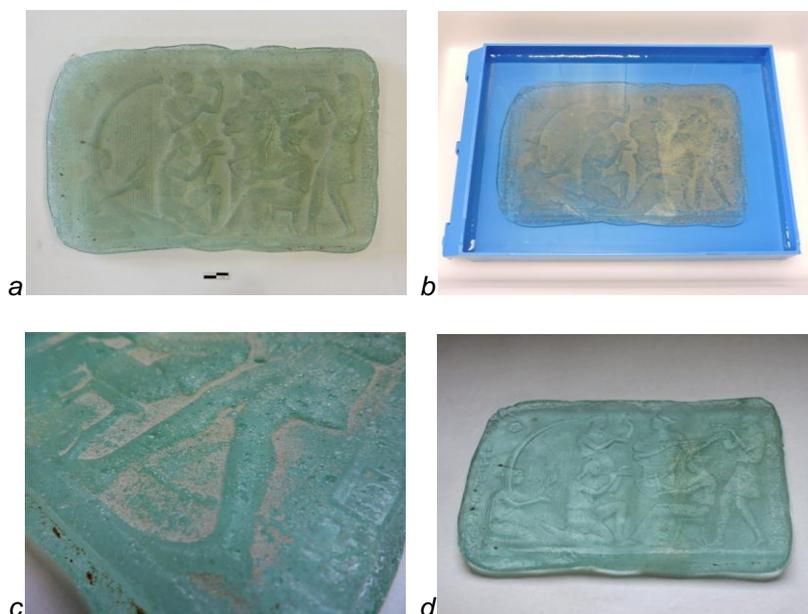


Figura 8.68. Proceso de mateado suave al ácido del relieve *Músicos*. a) Estado inicial. b) Sumergido en el baño de HF. c) Detalle, después de los primeros 20 min de tratamiento. d) Después del tratamiento completo (50 min).

Como se aprecia, la calidad del relieve no es excelente y se observan rugosidades y burbujas abiertas que acumulan restos de arena procedente del molde, además de pequeñas rebabas en los bordes. En consecuencia se decidió realizar un mateado suave al ácido que simultáneamente limpiara la superficie y le confiriera brillo satinado. Se utilizó un baño de ácido fluorhídrico al 24 % en volumen con un tiempo total de inmersión de 50 min. La fig. 8.68 presenta imágenes del proceso de mateado al ácido. En cuanto al acabado de los bordes, se realizó un desbastado y pulido de los mismos en el Servicio de Sopado de Vidrio de la Universidad de Zaragoza con los equipos que se han indicado anteriormente (véase 8.2.2). La fig. 8.69 muestra las imágenes del proceso.

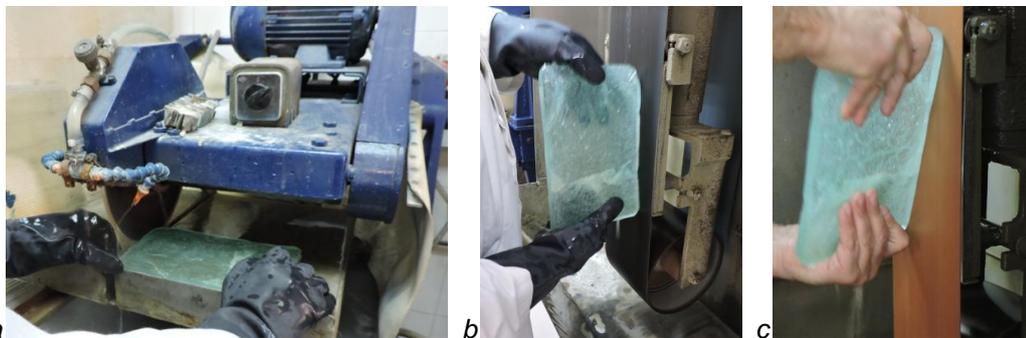


Figura 8.69. Acabado del relieve *Músicos*. a) Corte y desbastado de las rebabas laterales. b) Lijado con banda de carburo de silicio de los bordes recortados. c) Pulido con banda de pómez.

La fig. 8.70 presenta el aspecto final del relieve *Músicos*.



Figura 8.70. Aspecto final del relieve *Músicos* (24,2 x 15 x 1,8 cm).

8.2.8. Talla *Skyline*

La obra denominada *Skyline* se basa en un perfil simplificado de los edificios de una zona de Manhattan (New York), tallado en una hoja de vidrio plano. A partir de una imagen real de Manhattan (fig. 8.71) se realizó un diseño sencillo (fig. 8.72) que se escaló de acuerdo con las dimensiones de las dos hojas de vidrio disponibles de 250 y 325 mm de ancho, respectivamente.



Figura 8.71. Fotografía de los edificios de una zona de Manhattan, New York, EE.UU.

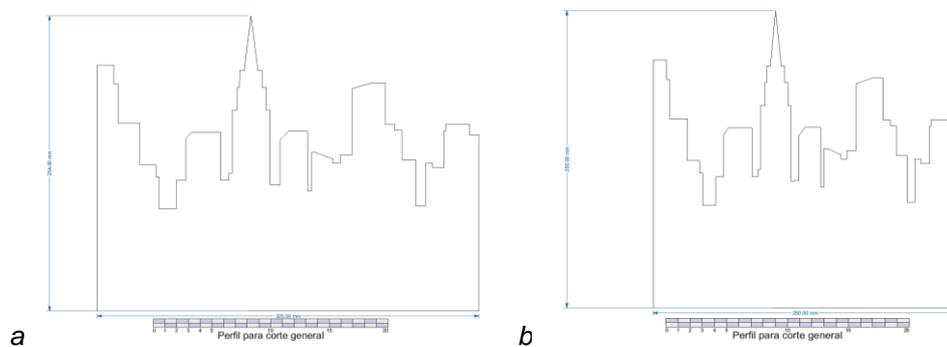


Figura 8.72. Dibujos realizados a partir de la imagen de la fig. 8.71. a) Escalado para la hoja de vidrio de 325 mm de ancho. b) Escalado para la hoja de vidrio de 250 mm de ancho.

Los vidrios para la ejecución de estos perfiles fueron hojas de vidrio industrial plano (*float*) de silicato sódico cálcico común, de dimensiones 325 x 254 x 15 mm (para el dibujo de la fig. 8.72 a) y 250 x 250 x 10 mm (para el dibujo de la fig. 8.72 b). Su color es verde pálido; la hoja más grande presentaba los bordes vivos del corte, numerosas rayas superficiales y algún desconchado,

mientras que la de menor tamaño estaba biselada y redondeada en las esquinas, con una superficie impecable.

El planteamiento de estas obras fue realizar un trabajo de talla en frío, seguido de un acabado que, al menos en el caso de la hoja de vidrio de mayor tamaño, enmascarara las rayas superficiales y desperfectos. Para ello se calcó el perfil del diseño en la hoja de vidrio (fig. 8.73 a y b) y se protegió el contorno de las líneas de corte con cinta de pintor (fig. 8.73 c). A continuación se realizaron los cortes en el Taller de Vidrio de la Facultad de Ciencias de la Universidad Complutense de Madrid, según las líneas del contorno dibujado utilizando una cortadora de disco de diamante de 250 mm de diámetro (fig. 8.73 d).

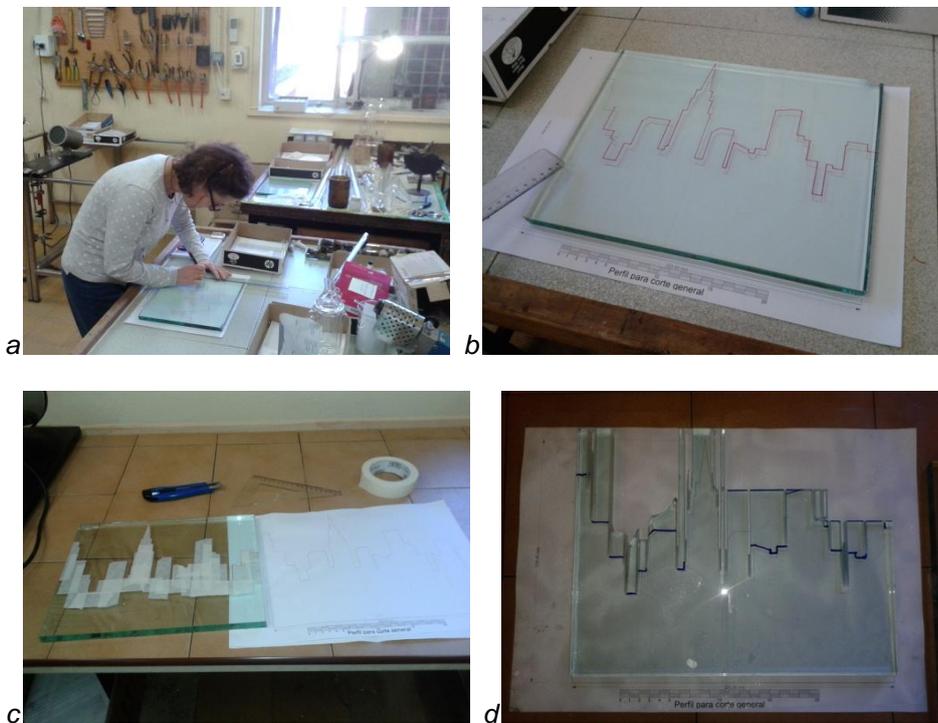


Figura 8.73. Realización de la talla Skyline en la hoja de mayor tamaño. a) y b) Preparación del dibujo en la hoja de vidrio. c) Protección del contorno de corte con cinta de pintor. d) Fase intermedia del proceso de talla.

Tras el proceso de talla, las aristas quedaron vivas y fue necesario pulirlas a mano con papel de carburo de silicio de 130 *grit* de tamaño de grano. Esta operación se realizó tanto por las aristas del anverso como por las del reverso y las del perfil entre anverso y reverso. La fig. 8.74 a muestra el aspecto del *Skyline* después de la talla gruesa, y la fig. 8.74 b después del pulido de

todas las aristas. Como se ha indicado anteriormente, la superficie del vidrio estaba dañada con rayas y otros desperfectos (fig. 8.74 c) y fue necesario realizar un acabado discreto que embelleciera la obra.

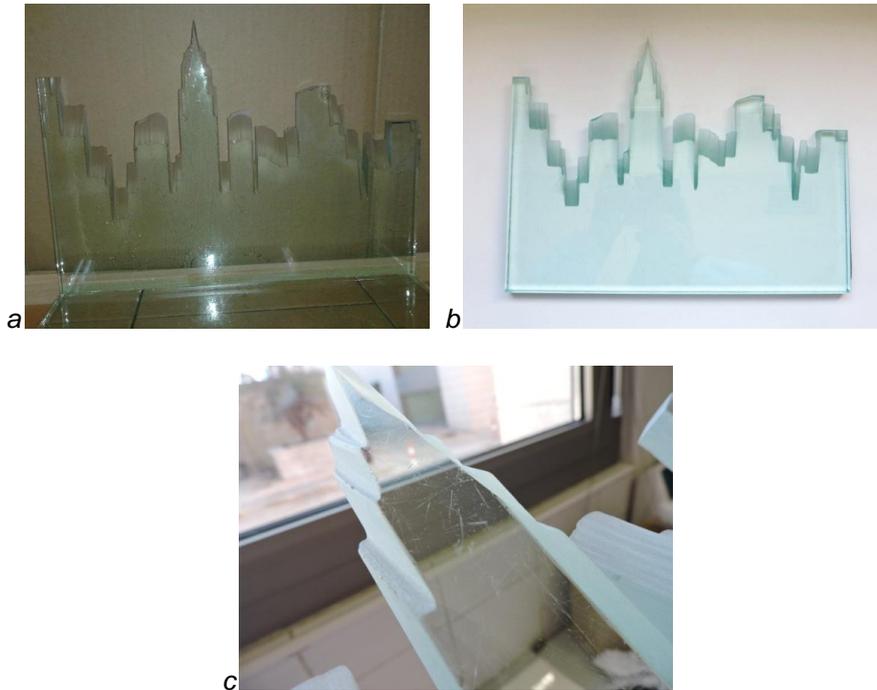


Figura 8.74. Aspecto de Skyline después del proceso de talla y pulido manual. a) Después de la talla gruesa. b) Después del pulido manual de los bordes. c) Detalle donde se aprecian las rayas superficiales de la hoja de vidrio.

El acabado de la obra se llevó a cabo mediante un pulido al ácido, introduciendo la hoja de vidrio tallada y pulida manualmente por las aristas en un baño de ácido fluorhídrico al 24% durante 65 min (fig. 8.75 a). Después del pulido químico el vidrio se lavó repetidas veces con agua y detergente común, y se secó con un paño, quedando una superficie suave y brillante con aspecto de hielo, lo que enmascara adecuadamente las imperfecciones y defectos que presentaba inicialmente la hoja de vidrio.

Como se aprecia en la fig. 8.75 b (óvalo blanco), después del pulido al ácido apareció una grieta que, con toda probabilidad, se generó antes del tratamiento con ácido fluorhídrico y que, debido precisamente al ataque ácido, creció y se propagó hasta las dimensiones que se observan en dicha figura. Efectivamente, como se explica en el apartado 3.3.3, la energía requerida para la propagación de las fisuras en un vidrio puede ser aportada por la aplicación de un esfuerzo mecánico, por la acción agresiva de un agente químico o mediante

la actuación combinada de ambas causas. En este caso lo más probable es que hayan operado ambos factores sucesivamente, primero la formación de una grieta debido al esfuerzo mecánico de la talla, y posteriormente la agresión química del ácido fluorhídrico.

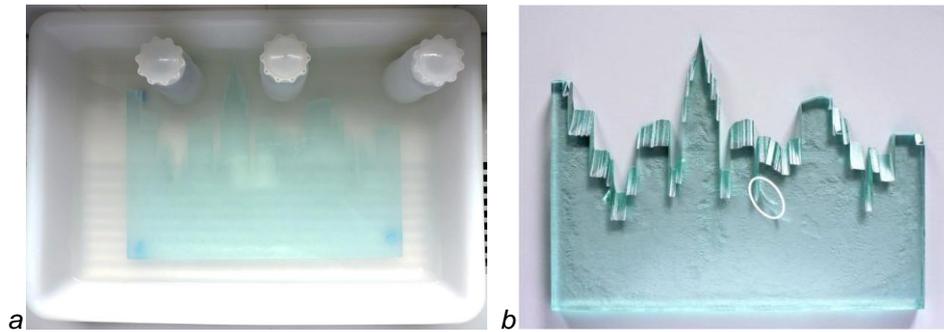


Figura 8.75. Pulido químico de Skyline. a) Inmersión en el baño de ácido fluorhídrico. b) Aspecto de la obra tras el pulido químico. El óvalo blanco señala una grieta.

La imagen de la fig. 8.76 presenta el aspecto final de este Skyline en dos perspectivas distintas. Puesto que su apariencia es a la vez brillante y nebulosa, se denomina *Skyline niebla*.

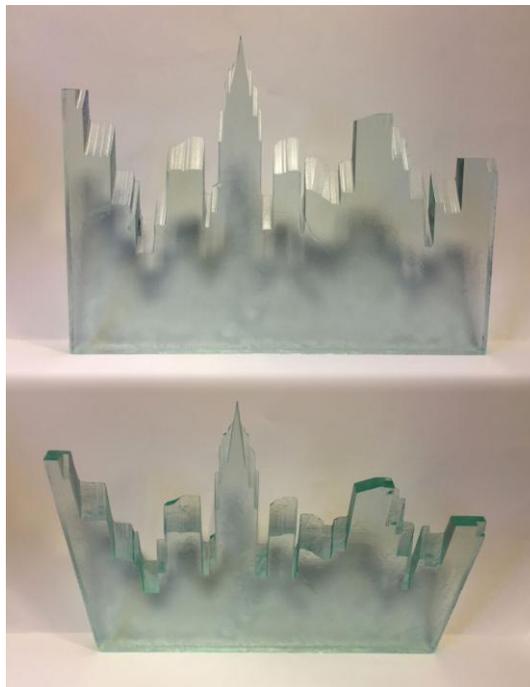


Figura 8.76. Aspecto final de la talla Skyline niebla (32,5 x 25,4 x 1,5 cm)

Con la hoja de vidrio de menores dimensiones también se realizó una talla, según el correspondiente dibujo escalado (fig. 8.71 b), en el Taller de Vidrio de la Facultad de Ciencias de la Universidad Complutense de Madrid. El procedimiento de preparación del dibujo en el vidrio, la protección del contorno de corte (con máscara en vez de cinta de pintor, fig. 8.77 a) y la talla con disco de diamante (fig. 8.77 b) fue, en general, el mismo que el indicado anteriormente.

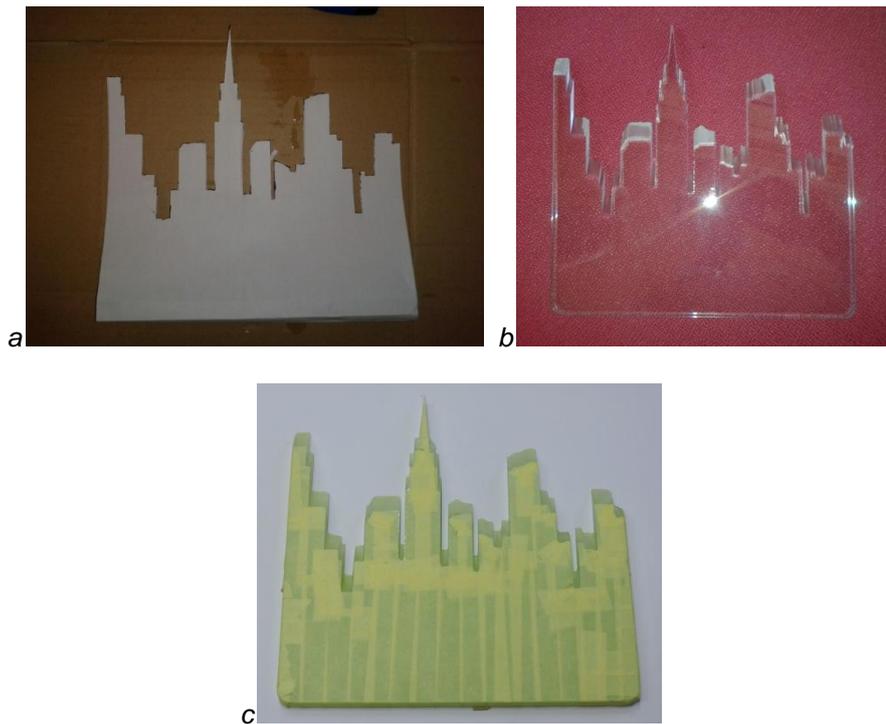


Figura 8.77. Realización de la talla Skyline en la hoja de menor tamaño. a) Máscara para la protección de la superficie del vidrio durante la talla. b) Aspecto de la obra tras la talla gruesa. c) Protección con cinta de pintor durante el pulido de todas las aristas.

Como se observa en la fig. 8.77 b la perfección de la obra es considerable, así como la preservación de la calidad de la superficie del vidrio, por lo que para su acabado se realizó únicamente un ligero pulido manual de todas las aristas del anverso, reverso y entre ambos, utilizando papel de carburo de silicio de 130 *grit* de tamaño de grano. Para esta operación se cubrió toda la superficie del vidrio por ambas caras y por los bordes con cinta de pintor, con el fin de no rayarla mientras se realizaba el pulido de las aristas (fig. 8.77 c).

La fig. 8.78 muestra el aspecto de la obra acabada que, por su transparencia y ausencia de defectos, se denomina *Skyline claro*.



Figura 8.78. Aspecto final de la talla Skyline claro (25 x 25 x 1 cm).

8.2.9. Compactado en resina *Pascua*

La realización de esta figura consistió en una técnica en frío de compactación de granalla de vidrio en resina de poliéster. El diseño de la figura *Pascua* está inspirado en un Moai de la Isla de Pascua (fig. 8.79).



Figura 8.79. Moai de la Isla de Pascua.

El modelo de *Pascua* (fig. 8.80) se realizó en arcilla como una reproducción idealizada a partir de una fotografía de un Moai.



Figura 8.80. Modelo de arcilla de Pascua.

El molde correspondiente se realizó sobre el modelo con la técnica de molde perdido elaborado en varias piezas (tres pisos, cada uno con dos partes) (fig. 8.81). El molde se secó a temperatura ambiente durante 24 h y a continuación durante 72 h a 50°C en una estufa de laboratorio.

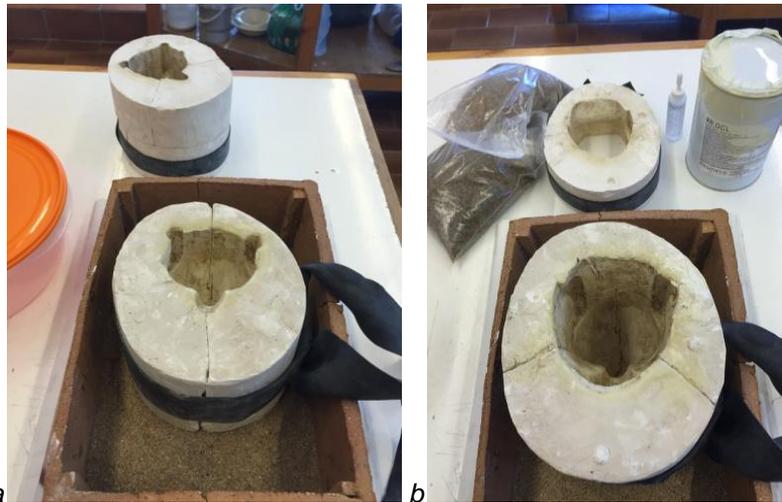


Figura 8.81. a) y b) Molde perdido constituido por varias partes para la realización del compactado en resina Pascua.

El material de vidrio para esta figura fue granalla del vidrio Ámbar (fig. 8.4 d, tabla 8.1) cuyos fragmentos se molieron con un martillo con topes de goma dentro de una manguera de riego gruesa y resistente. Por tamizado se seleccionó la fracción de tamaños de grano de 1-2 mm. La fig. 8.82 muestra imágenes del proceso de preparación de la granalla del vidrio Ámbar (~2 kg).



Figura 8.82. Proceso de preparación de la granalla del vidrio Ámbar. a) Botellas de partida. b) Tamizado tras la molienda de los fragmentos. c) Granalla tamizada.

Se utilizó una resina transparente de poliéster insaturado para coladas OCL, suministrada por la empresa Resineco Green Composites. Previamente se llevó a cabo un ensayo de compactación de la granalla del vidrio Ámbar con la resina de poliéster. En el fondo de un vaso de plástico común se depositaron unos 5 ml de resina y se añadió una cantidad de granalla suficiente para que resultara una mezcla muy espesa. Se dejó secar durante 24 h y se desmoldó. El aspecto del compactado (fig. 8.83) presenta en sus superficies secadas al aire un brillo semejante, aunque menor, al del vidrio pulido al fuego. Sin embargo, la apariencia de la superficie una vez cortada, desbastada o, en general,

manipulada es mate. Por lo tanto, este procedimiento es adecuado para la ejecución de *Pascua* con el fin de que la figura armonice con la idea de una obra en piedra, como es el caso de los Moais originales.

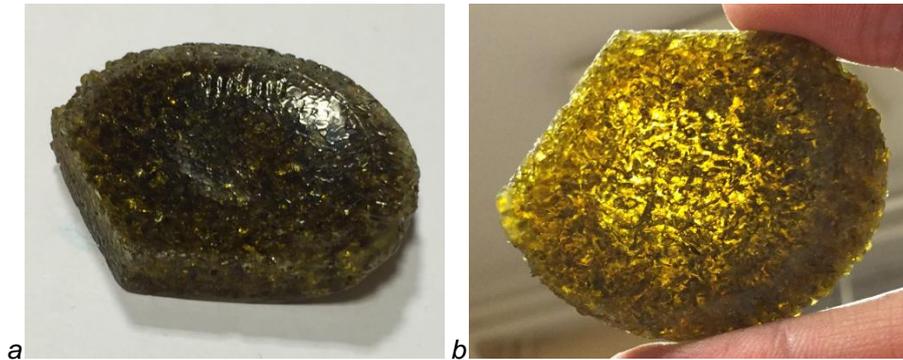


Figura 8.83. Aspecto de una pequeña pieza de compactado de granalla del vidrio Ámbar en resina de poliéster. a) Observación con luz reflejada. b) Observación con luz transmitida.

De acuerdo con este ensayo previo, para la realización de *Pascua* se mezclaron tres partes de granalla del vidrio Ámbar y una parte de resina de poliéster. Una vez homogeneizada mediante agitación manual, la mezcla se vertió en el molde (previamente revestido en su interior con cera de abeja para aislarlo de la resina) hasta completar todo el volumen (fig. 8.84). El secado y compactado se completó tras 48 h.



Figura 8.84. Compactación de la figura *Pascua*. a) Rellenado del fondo del molde con la mezcla de granalla del vidrio Ámbar y resina de poliéster. b) Molde completamente relleno.

La figura se desmoldó destruyendo mecánicamente el molde con ayuda de un martillo y un cincel como se muestra en la fig. 8.85. En primer lugar se eliminó la parte superior, correspondiente al segmento del molde de la base de la figura, y después se provocó una grieta y fractura longitudinal en el resto del molde que permitió liberar la obra.

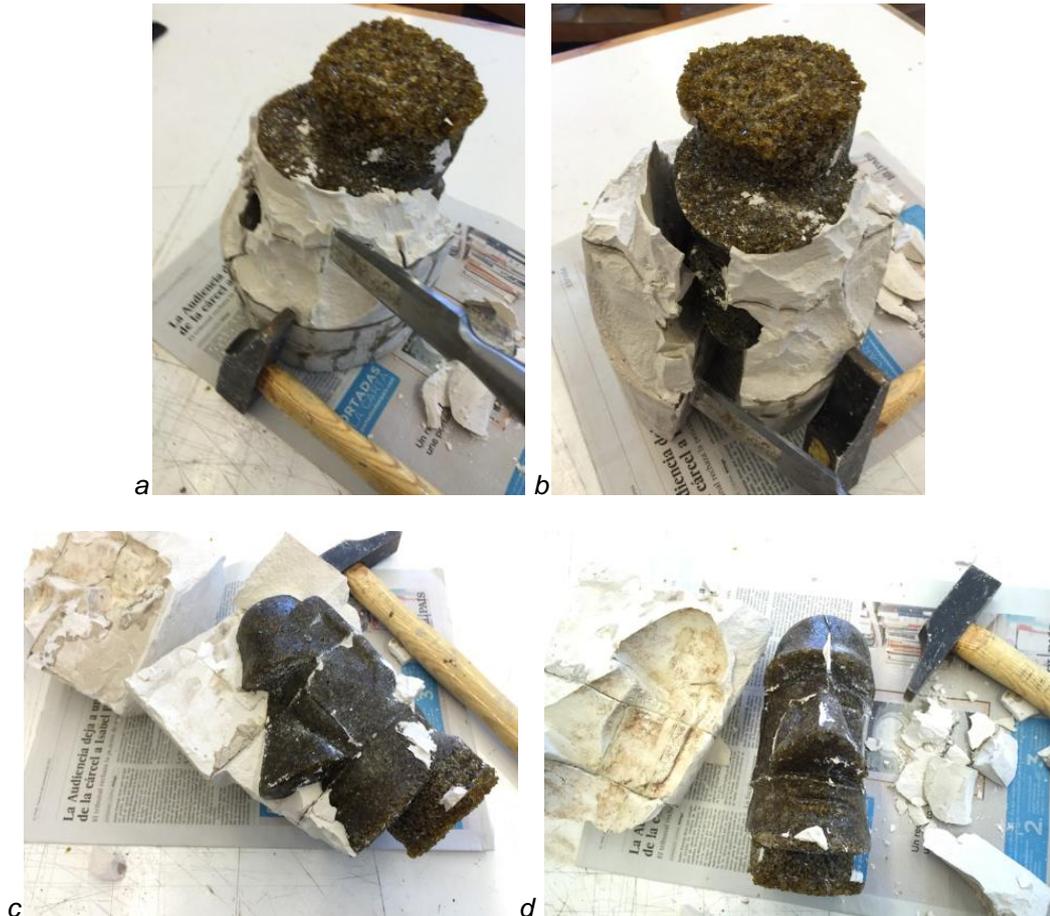


Figura 8.85. Desmoldado de la figura Pascua. a) y b) Fractura de la base del molde. c) y d) Fractura del resto del molde.

Finalmente la figura se limpió de los restos del material del molde y de las rebadas de la resina con una grata circular de acero. En algunas zonas se pulió suavemente con un disco de corindón y cinta lijadora flexible.

La fig. 8.86 presenta el aspecto final del compactado en resina *Pascua*.



Figura 8.86. Aspecto final de la figura compactada en resina Pascua (21 x 11,5 x 8 cm)

9. CONCLUSIONES

9. CONCLUSIONES

9.1. SOBRE LA EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LA ESCULTURA EN VIDRIO

La escultura en vidrio se puede considerar que nació con los relieves egipcios hacia 1400 a.C. aproximadamente. Esta protoescultura, que se extendió hasta el siglo I-II d.C., se caracterizó por su tamaño reducido y la utilización de vidrios parcialmente fundidos (pasta de vidrio, fayenza, etc.), como consecuencia de las limitaciones técnicas existentes. En la época imperial romana se incorporaron las técnicas de ornamentación muy depuradas de camafeo y diatreta.

Los periodos artísticos que comprenden la Edad Media y el Renacimiento no representan épocas de singular importancia en la evolución histórica de la escultura en vidrio. En el primer caso, porque el vidrio constituyó la novedad de cerramiento arquitectónico y se polarizó casi exclusivamente a las vidrieras; y en el segundo, porque los materiales preferidos en escultura fueron otros (los denominados clásicos o tradicionales), además de que el vidrio aún era un material prácticamente desconocido más allá de las vidrieras, tanto desde el punto de vista técnico como artístico.

Durante el Barroco el protagonismo del vidrio se orientó a los objetos suntuarios, ornamentales y de mesa, mientras que las vidrieras comenzaron a perder importancia artística y presencia en las edificaciones. Las técnicas de ornamentación desarrolladas en Venecia para el vidrio funcional fueron más tarde utilizadas como recursos artísticos y expresivos en la escultura contemporánea.

El siglo XIX fue el periodo de recuperación, reconocimiento y primera gran expansión del vidrio como material escultórico. Los movimientos *Art Nouveau* y *Art Déco* propiciaron dicha expansión hasta las primeras décadas del siglo XX.

El desarrollo de la escultura en vidrio se produjo en la primera mitad del siglo XX y estuvo supeditado a dos eventos:

1- la búsqueda e implantación de nuevos materiales en la escultura contemporánea

2- el avance tecnológico y científico de vidrio que previamente había permitido su expansión industrial.

El reconocimiento identitario de la escultura en vidrio como creación artística desarrollado en la segunda mitad del siglo XX fue propiciado e impulsado en EE.UU. por el *Studio Glass Movement* y sus precedentes europeos.

Los precedentes europeos del denominado *Studio Glass Movement* desempeñaron un papel decisivo en cuanto a idea original y conocimientos técnicos necesarios para el desarrollo de la escultura en vidrio contemporánea, sin los cuales el movimiento estadounidense hubiera tenido un desarrollo más tardío.

El desarrollo de la escultura en vidrio, en cuanto se refiere a número de artistas, escultores y obras, alcanza sus máximas cotas en EE.UU. y países de Centroeuropa. España cuenta con muy importantes artistas vidrieros de proyección internacional, si bien representan un porcentaje pequeño del conjunto a nivel mundial. Un recuento aproximado del número de escultores en vidrio indica un 6,2 % de españoles frente a un 30,8 % de estadounidenses, si bien hay que tener en cuenta que, por razones obvias, los españoles se han identificado de modo más exhaustivo.

9.2. SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA ESCULTURA EN VIDRIO

El vidrio por sus características propias como material dependiente de la alta temperatura de procesamiento que requiere, ofrece posibilidades de conformación exclusivas, fundamentalmente el soplado en todas sus variedades. Además, el vidrio se presta a las operaciones tradicionales de “dar forma” desde el punto de vista escultórico: tallado, pulido, moldeado, esculpido, etc.

Las posibilidades cromáticas y ópticas del vidrio (transparencia, opalescencia, reflexión, refracción, difracción, luminiscencia, etc.) superan las que pueden aportar otros materiales, tanto tradicionales (clásicos) como modernos, a la obra escultórica.

La escultura contemporánea en vidrio recupera y utiliza todas las técnicas de trabajo del vidrio, tanto en caliente como en frío, que se inventaron y desarrollaron en épocas anteriores.

La escultura contemporánea en vidrio utiliza recursos técnicos desarrollados previamente en las industrias vidrieras, que engloban asuntos relacionados con las materias primas, los cromóforos, los hornos, los refractarios, las técnicas de conformación y las de transformación y decoración.

El conocimiento de las propiedades del vidrio desde el punto de vista técnico, y la experiencia en su manipulación a nivel de taller o de laboratorio, favorecen el éxito en el desarrollo de obras escultóricas ejecutadas en vidrio, cualesquiera que sean las técnicas y recursos utilizados para su realización y ornamentación.

Aparte de los aspectos relacionados con el diseño y la estética, la realización de esculturas en vidrio depende más de la experiencia del artista en la manipulación del vidrio y de su dominio del procesamiento del vidrio, que del tipo y calidad de los materiales o vidrios de partida utilizados.

El equipamiento técnico disponible para la realización de una obra escultórica en vidrio es un factor importante y frecuentemente indispensable para alcanzar el éxito.

La conjunción del vidrio con otros materiales en una misma obra escultórica (no como elementos externos adicionales, peanas, soportes, ornamentos, etc.) está sujeta a la compatibilidad térmica y químico-física de ambos materiales; de modo que la apariencia final del otro material será el resultado de su interacción con la temperatura máxima alcanzada, si el trabajo

es en caliente, o bien el resultado de la interacción químico-física que experimente con los sellantes, adhesivos, lijas, pulimentos, etc., si el trabajo es en frío.

9.3. SOBRE LA CONSERVACIÓN DE LA ESCULTURA EN VIDRIO

Generalmente los artistas aspiran a la pervivencia de sus obras lo que, en el caso de la escultura en vidrio, exige al creador conocimientos sobre la composición y las propiedades del material, tanto para la realización de sus obras como para prever su estabilidad y evitar las posibles alteraciones futuras en diferentes condiciones ambientales.

Los vidrios de silicato sódico cálcico comúnmente empleados en las esculturas en vidrio son estables y presentan una elevada durabilidad química, a diferencia de los silicato potásico cálcico, producidos en la Edad Media. En todo caso, para garantizar la estabilidad del vidrio, debe evitarse el empleo de elevados porcentajes de óxidos alcalinos en su composición.

El deterioro de un vidrio depende no sólo de su composición química, sino también de las condiciones ambientales a las que esté expuesto, de la agresividad química del medio y del tiempo de su permanencia. El prolongado contacto de los vidrios con sustancias alcalinas (caústicas) puede producir ataques superficiales indelebiles.

Los defectos que más frecuentemente se presentan en las esculturas en vidrio mantenidas en condiciones no excesivamente agresivas, son el empañamiento (en interiores), la alteración química de su superficie y las lesiones mecánicas (grietas, fisuras, desconchados y defectos de abrasión o rayado originados durante su manipulación).

La existencia de microfisuras en el vidrio originadas por lesiones superficiales o por inclusiones de impurezas favorece la iniciación de la corrosión química, y, por otro lado, el ataque químico acelera la propagación de las microfisuras. Es decir, existe un efecto de interrelación sinérgica entre la corrosión química y las lesiones mecánicas que se potencian mutuamente.

Cualquier proceso de alteración de un vidrio se inicia siempre con la formación de una ligera capa de humedad superficial. Por eso, para que el vidrio permanezca inalterable a lo largo del tiempo es necesario conservarlo en un ambiente rigurosamente seco.

Las esculturas en vidrio expuestas largo tiempo a la intemperie en ambientes muy húmedos y umbríos pueden presentar biodeterioro originado por colonias de microorganismos o por la proliferación de líquenes y musgos.

Algunos vidrios que contienen óxido de manganeso pueden adquirir con el tiempo una creciente tonalidad violeta, si han estado prolongadamente expuestos a la luz solar o a una iluminación rica en radiación ultravioleta.

Además del criterio conservador de la mínima intervención, consistente en realizar todas las operaciones necesarias, pero las mínimas imprescindibles, la restauración de las esculturas en vidrio requiere una limpieza previa no agresiva de la superficie sin detergentes alcalinos. Las superficies interiores de las esculturas con huecos deben quedar perfectamente secas para evitar el ataque de las paredes internas del vidrio, que producirían manchas indelebles.

Las fisuras se deben bloquear con un recubrimiento hidrófugo para impedir su crecimiento y propagación. Las lesiones superficiales se pueden eliminar mediante un pulido con óxido de cerio, seguido de un abrillantamiento con discos de fieltro. Las lesiones más profundas se pueden restaurar reponiendo los fragmentos desprendidos y uniéndolos con un pegamento consolidante.

Respecto a la conservación preventiva, en los espacios expositivos de las esculturas en vidrio deberá mantenerse una aireación adecuada y un control de la temperatura y humedad. En cuanto a la iluminación es recomendable el uso de luminarias exentas de componente ultravioleta, cuya iluminancia sea menor de 150 lúmenes por metro cuadrado. Asimismo, es recomendable la instalación de sensores específicos para la detección de contaminantes gaseosos.

10. BIBLIOGRAFÍA

10. BIBLIOGRAFÍA

1. Agua, F., Gálvez Farfán, J.M., Peña, J., Conde, J.F., González Rodrigo, M., García Ramírez, S., García-Heras, M., Villegas, M.A.: La Arqueometría en la conservación preventiva de objetos metálicos del Museo Naval de Madrid. *Actas XI Congreso Ibérico de Arqueometría, (Evora, Portugal, octubre 2015)* (pendiente de publicar).
2. Anón.: Diario Ya, 22 de febrero de 1983.
3. Anón.: Muestra de artistas españoles contemporáneos del Movimiento "Vidrio Estudio". *Museo de Arte en Vidrio de Alcorcón, Madrid 1998.*
4. Anón.: Sensitive touch. The Studio Glass Gallery. London, UK, 2001.
5. Anón.: Vidrio de artista. Art Nouveau y Art Déco. Colección Salvador Riera. Fundación Francisco Godia. Barcelona. Exposición 25 febrero a 30 junio 2004. ISBN 978-84-932824-1-7.
6. Baldoni, D.: Una lucerna romana con raffigurazione di officina vetraria. Alcune considerazioni sulla lavorazione del vetro soffiato nell'antichità. *JGS.29 (1987) 22-29.* En *Stern, E. M.; Schlick-Nolte, B.: Technische Betrachtungen. Glas der alten Welt. Pág. 82. Verlag Gerd Hatje, Stuttgart 1994.*

7. Barrionuevo Dumeynieu, C.: Propuesta de conservación de escultura contemporánea en vidrio. *UCM. Fac. Bellas Artes. Dpto. Pintura y Restauración. 2003-2004.*
8. Baudelaire, C.: Por qué es aburrida la escultura. En *Curiosidades estéticas. Júcar, Madrid, 1988.*
9. Blair, D.: A history of Glass in Japan. *Kodansha Internat. Ltd. New York 1973.*
10. Brill, R.H.; Martin, J. H. (Edit.) Scientific Research in Early Chinese Glass. *The Corning Museum of Glass, 1991.*
11. Bröhan, T.; Eidelberg, M.: Glass of the Avant-Garde. From Vienna Secession to Bauhaus. Colección Torsten Bröhan del Museo Nacional de Artes Decorativas. Prestel Verlag. Munich. London. New York. 2001.
12. Byrne Curtis, E. (Edit.) Pure brightness shines everywhere. The glass of China. *Hants: Ashgate, 2004.*
13. Carmona, N.; Laiz, L.; González, J. M.; Garcia-Heras, M.; Villegas, M. A.; Saiz-Jimenez, C.: Biodeterioration of historic stained glasses from the Cartuja de Miraflores (Spain). *Int. Biodegr. Biodegr. 58(3-4) (2006) 155-161.*
14. Charleston, R. J.: Masterpieces of glass. A world history from the Corning Museum of Glass. *Harry N. Abraham Inc., Publishers New York, 1980.*
15. Chihuly, D.: Chihuly projects. Ensayos de Barbara Rose y Dale Lanzone. Portland Press. Seattle, USA, 2000.
16. Deeg, E.: Zusammenhang zwischen Feinbau und mechanisch-akustischen Eigenschaften einfacher Silikatgläser. *Glastech. Ber. 31, 1-9, 85-93 (1958).*
17. Degkwitz, J. Yue Fe und sein Mythos. Die Entwicklung der Yue-Fei-Saga bis zum, Shuo Yue quan zhuan. Chinathemen 13. Edit. *Helmut Martin, Voiker Klopsch and Martin Krott, Bochum, N Brockmeyer, 1983.*
18. Dietzel, A.; Brückner, R.: Ein Fixpunkt der Zähigkeit im Verarbeitungsbereich der Gläser. Schnellbestimmung des Viskositäts-Temperatur-Verlaufes. *Glastech. Ber. 30, 73-79 (1957).*
19. Dissel, K.: Diatretum glass: A riddle solved. *Schott Information 2, 25-26 (1987).*
20. Drahotová, O.: El arte del vidrio en Europa. *Libsa, Madrid, 1990.*

21. El-Shamy, T. M.; Lewins, J.; Douglas, R. W.: The dependence on the pH of the decomposition of glasses by aqueous solutions. *Glass Technol.* 13, 81-87(1972).
22. Enoch, J.M.; Lakshminarayanan, V. Duplication of unique optical effects of ancient Egyptian lenses from the IV/V Dynasties: lenses fabricated ca 2620-2400 BC or roughly 4600 years ago. *Ophthalmic and Physiological Optics* 20 (2000) 126-130.
23. Fernández Navarro, J. M^a.: El vidrio. Constitución. Fabricación. Propiedades. 3^a edición, CSIC, Madrid 2003.
24. Fernández Navarro, J. M^a.: Villegas, M^a A.: What is Glass? En Modern Methods for Analysing Archaeological and Historical Glass. Edit. Koen Janssens. John Wiley & Sons Ltd. 2011.
25. Finlandia. Vanguardia en vidrio. Fundación Centro Nacional del Vidrio y Suomen Lasimuseo Finlands Glasmuseum, 2001.
26. Fulcher, G. S.: Analysis of recent measurements of the viscosity of glasses. *J. Am. Ceram. Soc.* 8, 339-355; 789-794 (1925).
27. García Heras, M.; Fernández Navarro, J. M^a; Villegas Broncano, M^a A.: Historia del vidrio: desarrollo formal, tecnológico y científico. *Proyecto PIE 200460E594, CSIC, 2012.*
28. Gómez, J.: Vuelos. Museo Municipal de Arte en Vidrio de Alcorcón, 2000.
29. Gómez, J.: Museo Municipal de Arte en Vidrio de Alcorcón, 2007.
30. González Vicario, M^a T.: El vidrio y la forma construida en la escultura de Javier Gómez. *Goya* 258 (1997) 361-368.
31. González Vicario, M^a T.: La práctica artística del escultor contemporáneo y los materiales. *Espacio, tiempo y forma, UNED. Serie VII, Historia del Arte, t. 10, (1997) 287-311.*
32. González Vicario, M^a T.: Torres Esteban, una pasión por el vidrio. *Real Fábrica de Cristales de La Granja, 1998.*
33. Griffith, A. A.: The phenomena of rupture and flow in solids. *Phil. Trans. Roy. Soc. London A221, 163-198 (1920).*
34. Gropius, W.: Manifiesto de la Staatliches Bauhaus, 1919.

35. Gropius, W.: La nueva arquitectura y la Bauhaus. *Editorial Lumen* 1966.
36. Grose, D.F.: The origins and early history of glass. En Klein, D. & Lloyd, W. (eds.): *The history of glass*, Crescent Books, New York, 10 (1989).
37. Hegel, G. W. F.: Lecciones sobre la estética. *Akal, Torrejón de Ardoz*, 1989.
38. Hermann, A.: Die Stelen der thebanischen Felsgräber der 18. Dinastie. *Ägyptologische Forschungen* 11 (1940) 44-45, 59. En Stern, E. M.; Schlick-Nolte, B.: *Glas der alten Welt*. Pág. 82. Verlag Gerd Hatje, Stuttgart 1994.
39. Herrmann, A.; Fibikar, S.; Ehrt, D.: Time-resolved fluorescence measurements on Eu^{3+} - and Eu^{2+} -doped glasses. *J. Non-Cryst. Solids* 355 (43-44) (2009) 2093-2101.
40. Hildebrand, A. von: El problema de la forma en la obra de arte. *Visor, Madrid*, 1988.
41. Hlaves, M.: Czech. glass from the Renaissance to the present. Milan Hlaves. *Museum of Decorative Arts of Prague*. 2003.
42. Inglis, E.: Stresses in a plate due to pressure of cracks and sharp corners. *Trans. Inst. Naval Arch.* 55, 219 (1913).
43. Japón. Vidrio artístico contemporáneo. Fundación Centro Nacional del Vidrio, 1995.
44. Lawn, B. R.; Wilshaw, T. R.: Fracture of brittle solids. Cambridge Solid State Science Series. Cambridge University Press (1975).
45. Leibovitz, E.: Museo Municipal de Arte en Vidrio de Alcorcón. Madrid, 2000.
46. Lessing, G. E.: Laokoon oder über die Grenzen der Malerei und Poesie, 1766.
47. Liefkes, R.: Glass. Victoria & Albert Museum Publications, 1997, Londres.
48. Lillie, H. R.: A method for measuring the flow point of glass, *J. Am. Ceram. Soc.* 35, 149-155 (1952).
49. Lillie, H. R.: Re-evaluation of glass viscosity at annealing and strain point. *J. Am. Ceram. Soc.* 37 (1954) 111-117.

-
50. Lilyquist, C.; Brill, R. H.: Studies in early Egyptian Glass. *The Metropolitan Museum of Art, New York, 1993.*
 51. Ling, D.: Conservación de vidrio hueco en el British Museum de Londres. Jornadas nacionales sobre restauración y conservación de vidrios. *Fundación Centro Nacional del Vidrio, San Ildefonso 1999.*
 52. Littleton, J. T.; Roberts, E. H.: A method for determining the annealing temperature of glass. *J. Opt. Soc. Amer.* 4, 224-229 (1920).
 53. Littleton, J.T.: A method for measuring the softening temperature of glasses, *J. Am. Ceram. Soc.* 10, 259-263 (1927).
 54. Littleton, J.T.: The softening point of glasses, *J. Soc. Glass Technol.* 24, 176-185 (1940).
 55. Maderuelo, J.: El espacio raptado. Interferencias entre Arquitectura y Escultura. *Biblioteca Mondadori España, 1990.*
 56. Maderuelo, J.: La pérdida del pedestal. Círculo de Bellas Artes. Visor Dis. Madrid, 1994.
 57. Maderuelo, J.: Caminos de la escultura contemporánea. Ediciones Universidad de Salamanca. Colección Metamorfosis, 2012.
 58. Madigan, M. J.: Steuben glass, an American tradition in crystal. *Harry N. Abrams Inc. New York, 2003.*
 59. Morel, J. ; Amrein, H. ; Meylan, M.-F. ; Chavalley, F. : Un atelier de verrier du melieu du 1^{er} siècle après J. C. à Avenches. *Archâeologie der Schweiz.* 15 (1992) 2-17. En *Stern, E. M.; Schlick-Nolte, B.: Technische Betrachtungen. Glas der alten Welt. Pág. 82. Verlag Gerd Hatje, Stuttgart 1994.*
 60. Newton, R.: Davison, S.: Conservation of glass. *Edit. Butterworth-Heinemann, Ltd., Oxford 1989.*
 61. Orgaz Orgaz, F.; Jiménez Calvo, I.: El proceso del mateado del vidrio. *Bol. Soc. Esp. Ceram. Vidr.* 21 (3) (1984) 163-173.
 62. Orowan, E.: Fatigue of glass under stress. *Nature* 154, 341-343 (1944).
 63. Ortiz Palomar, E.; Paz Peralta, J. A.: Propuesta para la conservación y exposición de vidrio arqueológico. Proyecto experimental promovido desde el Museo de Zaragoza. Jornadas nacionales sobre restauración y

- conservación de vidrios. *Fundación Centro Nacional del Vidrio, San Ildefonso 1999.*
64. Palacios, J.: Física General. *Espasa-Calpe. Madrid 1949.*
65. Palomar Sanz, T.: La interacción de los vidrios históricos con medios atmosféricos, acuáticos y enterramientos. *Tesis doctoral, Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de Madrid, abril 2013.*
66. Pareyson, L.: Estetica: Teoria della formatività (Turín, 1954), *Bompiani, Milán, 1988.*
67. Peña Poza, J.: Optimización, comportamiento y preindustrialización de sensores ambientales basados en la tecnología sol-gel. *Tesis doctoral, Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de Madrid, diciembre 2014.*
68. Peña Poza, J., Lasmarías López, J.M., González Amador, J., Tolosana Mateo, J.A., García Ferreras, H., Villegas, M.A.: Tasación mediante sensores ambientales de las condiciones de conservación de los bienes culturales del museo y biblioteca histórica de la Academia General Militar de Zaragoza. *Actas de EMERGE 2014. Jornadas de Investigación Emergente, En Conservación y Restauración de Patrimonio (2014) 373-381. Editorial Universitat Politècnica de València.*
69. Picazo, G.: Las actitudes se convierten en formas. En AA.VV. "Actitudes. Diez proyectos de jóvenes creadores". Madrid. Ministerio de Cultura, 1986.
70. Polanyi, M.: Die Natur des Zerzeissvorganges. *Z. Phys. 7. 323-327 (1921).*
71. Rana, M. A.; Douglas, R. W.: The reaction between glass and water. Part 2. Discussion of the results. *Phys. Chem. Glasses 2, 196-205 (1961).*
72. Ricke, H.: Glass art reflections of the centuries. *Ed. Prestel, Munich, 2002.*
73. Roubícková, M.; Roubíček, R.: Glass. *The Studio Glass Gallery. London, 1999.*
74. Ruano Ruiz, E.: Las cuentas de vidrio prerromanas del Museo Arqueológico de Ibiza y Formentera. *Govern Balear, 1996.*
75. Scholze, H.; Helmreich, D.; Bakardiev, I.: Untersuchungen über das Verhalten von Kalk-Natrongläsern in verdünnten Säuren. *Glastech. Ber. 48, 237-247 (1975).*

-
76. Schultes, R. E.; Davis, W. A.; Hillel Burger, H.: The Glass Flowers at Harvard. *Dutton, New York, 1982.*
 77. Seguso, L.: Sculture. Enzo Di Martino (textos). *Diego Lazzarini Design-Venice, 2003.*
 78. Seguso, L.: Escultura de 1978 a hoy. *Museo Municipal de Arte en Vidrio de Alcorcón, 2004.*
 79. Seligman, C. G.; Ritchie, P. C.; Beck, H. C.: Early Chinese glass from pre-Han to Tang times. *Nature, 138-721 (1936).*
 80. Stern, E. M.; Schlick-Nolte, B.: Glas der alten Welt. Technische Betrachtungen. *Pág. 82. Verlag Gerd Hatje, Stuttgart 1994.*
 81. Steuben Glass. 50 Years on 5th: A Retrospective Exhibition of Steuben Glass. *New York: Steuben Glass, Inc. 1984.*
 82. Stong, G. E.: The modulus of elasticity of glasses. *J. Am. Ceram. Soc. 20, 16-22 (1937).*
 83. Tammann, G., Hesse, W.: Die Abhängigkeit der Viskosität von der Temperatur bei unterkühlten Flüssigkeiten. *Z. anorg. allg. Chem. 156, 245-257 (1926).*
 84. Tuchman, P: Reflexiones sobre Minimal Art. *Minimal Art, Madrid, Fundación Juan March, 1981.*
 85. UNE 43-603-79. Vidrio. Nomenclatura y terminología. *Cristal. Vidrio sonoro. 1979.*
 86. Villegas Broncano, M. A.; García Heras, M.; Peña Poza, J. *et al.*: Sistema para la determinación de la acidez ambiental y método que hace uso del mismo. *Pat. española P201031071, concedida el 22 de noviembre de 2012.*
 87. Villegas, M.A.; Durán-Suárez, J.A.; Sorroche-Cruz, A.: Antecedentes de la escultura del Studio Glass Movement en el vidrio artístico soplado del periodo 1800-1950. *Arte, Individuo y Sociedad* (pendiente de publicación).
 88. Vistosi, L.: Sculture. *Fundación Centro Nacional del Vidrio. Istituto Italiano di Cultura. Madrid, 1992.*
 89. Vogel, H.: Das Temperaturabhängigkeitsgesetz der Viskosität von Flüssigkeiten. *Phys. Z. 22, 645-646 (1921).*

90. Welzel, J.: https://de.wikipedia.org/wiki/Josef_Welzel.
91. Winckelmann, J. J.: Reflexiones sobre la imitación del arte griego en la pintura y la escultura, 1755. *Península, Barcelona 1987*.
92. Yamasaki, K.: Introduction notes of the ancient glass of Japan. *J. Glass Studies Corning 1 (1959) 87-88*.

Páginas web

<http://albamartinglass.com/>

<http://www.artecristal.org/>

<http://carloscalabria.blogspot.com.es/>

<http://estrellalba.blogspot.com.es/>

<http://www.glaswerk-atelier.de/>

<http://www.javiergomezescultor.com/>

<http://www.pedrogarciaescultor.com/>

<http://www.susanamartin.es/>

<http://www.vitrodonna.com/>

ANEXOS

ANEXO 1. OBRAS Y ARTISTAS

ANEXO 1. OBRAS Y ARTISTAS

En este apartado se ha realizado una selección de esculturas y obras en vidrio de artistas y fábricas de vidrio de diversa procedencia. Las obras son muy variadas en dimensiones, técnicas de ejecución y estética. Sin embargo, la mayoría de ellas pertenecen al mismo periodo cronológico, lo que se explica por el crecimiento espectacular que el arte en vidrio ha experimentado a lo largo de los últimos 50 años. Con esta selección se pretende dar a conocer la gran cantidad de artistas y la gran variedad de obras escultóricas en vidrio que son una realidad hoy en día.

Como criterio de selección se han incluido exclusivamente los artistas cuyas obras no se han mostrado en las figuras de los capítulos precedentes. Las obras aparecen por orden alfabético de los países de origen de los artistas correspondientes. Cuando ha sido posible se ha consignado el título, fecha de ejecución y dimensiones de las obras. Las obras en las que falta uno o más de estos datos, se han incluido por considerarse suficientemente representativas del autor o de la fábrica en cuestión.



Fábrica Josephinenhutte (Alemania). Jarrón Silverina, c 1900 (30,5 x 17,8 cm).



Sergio Redegalli (Australia). Cascade, 500 elementos de hoja de vidrio de 6 mm de espesor. Adelaide Botanic Gardens, South Australia.



Richard Whiteley (Australia). Light funnel, 2010 (57,2 x 57,5 x 16,2 cm).



Kevin Gordon (Australia). Chemistry II, 2006.



Fábrica Lötzt (Austria). Silberiris, diseñado por Koloman Moser, c 1902 (17,5 cm alto, 13,5 cm diámetro).



Fábrica Ludwig Moser (Bohemia). Jarrón tallado facetado, c 1980 (20,3 x 11,2 x 11,2 cm).



Gundi Viviani-Finch (Canadá). Twilight, c 2013 (76,2 x 27,9 x 27,9 cm).



Cathy Strokowsky (Canadá). Red bubble coral (c 19 cm diámetro).



Lenka Cermáková (Chequia). Yellow vase, 2000 (68 x 45 x 24 cm).



Jan Fisar (Chequia). Jinney, 2001 (36,5 cm alto).



Martin Rosol (Chequia). Nautilus (31,8 x 31,8 x 14,0 cm).



Bretislav Novak (Chequia). Sr Object, 1974-1975 (70,0 x 29,6 x 20,6 cm).



Pavel Jezek (Chequia). Object, 1967 (30 x 40 x 42 cm).



Ivan Mares (Chequia). Plastika vejce, 1987 (c 60 cm alto).



Josef Marek (Chequia). Founded pylon from temple of love (c 50 cm alto).



Alex Gabriel Bernstein (EE.UU.). Electric blue spring (66,0 x 22,9 x 7,6 cm).



Benjamin Moore (EE.UU.). Red chandelier, 2000.



Carol Milne (EE.UU.). Green with envy, 2009 (25,4 x 20,3 x 26,7 cm).



Charles Miner (EE.UU.). Shapeshifter (71,1 x 38,1 x 12,7 cm).



Daniel Arsham (EE.UU.). Seated figure, década 1990 (tamaño natural).



Daniel Clayman (EE.UU.). Pale blue circular object, 2009 (73,7 x 73,7 x 7,0 cm).



David Patchen (EE.UU.). Sphere murrine (30,5 x 27,9 x 27,9 cm).



David Schwarz (EE.UU.). Untitled (c 60 cm).



Debora Moore (EE.UU.). Yellow lady slipper tree set, 2008 (64,8 x 33,0 x 30,5 cm).



Dorothy Hafner (EE.UU.). Flamenco (53,3 x 40,6 x 12,7 cm).



Erwin Timmers (EE.UU.). Recycled glass art, c 2013.



Ginny Ruffner (EE.UU.). Visual fragrance (104,1 x 114,3 x 121,9 cm).



John Littleton & Kate Vogel (EE.UU.). Seed 5-07-4 (52,1 x 24,1 x 8,9 cm).



Fábrica Steuben (EE.UU.). Arctic fisherman, diseñado por James Houston, 1970 (16,5 cm alto).



John Kiley (EE.UU.). Orange clear (c 40 cm diámetro).



Jon Kuhn (EE.UU.). Forgive and forget (40,6 x 61,0 x 30,5 cm).



José Chardiet (EE.UU.). Apple green and leather (39,4 cm diámetro).



Josh Simpson (EE.UU.). Megaplanet (c 10 cm diámetro).



Kait Rhoads (EE.UU.). Red polyp (114,3 x 116,8 x 48,3 cm).



Karen LaMonte (EE.UU.). Undine, 2009 (149,9 x 61,0 x 52,1 cm).



Luke Jerram (EE.UU.). Swine flu 2 (18 x 26 cm).



Krista Israel (EE.UU.). Taking my coat off, 2013 (80 x 50 x 50 cm).



Lisabeth Stirling (EE.UU.). Grasping for pearls of wisdom (c 60 cm alto).



Nancy Callan (EE.UU.). Chartreuse murini top (c 45 cm alto).



Eric Markow & Thom Norris (EE.UU.). Autumn sunset kimono (1,524 m alto).



Martin Blank (EE.UU.). Fluent steps, 2008. Instalación con 754 elementos de vidrio en el Museum of Glass, Tacoma, WA, EE.UU .



Michael Taylor (EE.UU.). Duchamp-Villon (61 cm alto).



Fábrica Steuben (EE.UU.). Passage an interval of time, diseñado por Peter Aldridge, 1980 (27,3 cm alto).



Preston Singletary (EE.UU.). Eagle crest (24,1 x 14,0 x 19,1 cm).



Richard Marquis (EE.UU.). Crazy quilt teapot, 1988 (c 10 cm alto).



Richard Royal (EE.UU.). Rose de Geometric series (c 53 cm diámetro).



Robert Mickelsen (EE.UU.). Network parasol, 2009 (83,8 x 86,4 x 86,4 cm).



Sidney Hutter (EE.UU.). Shifting transmission 6, 2014 (36,8 x 19,7 x 26,7 cm).



Stacey Kalmanovsky (EE.UU.). Rain installation (2005).



Stephen Powell (EE.UU.). Floppy flippant teaser (26,7 x 62,9 x 55,2 cm).



Steven Weinberg (EE.UU.). Large Mandala (reverso) (36,8 cm diámetro).



Tom McGlauchlin (EE.UU.). Escultura abstracta, 1986 (58,5 x 49,5 x 26,7 cm).



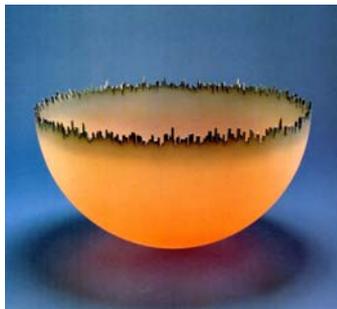
Toots Zynsky (EE.UU.). Sognare, 2007 (41,3 x 42,5 cm).



William Morris (EE.UU.). Medicine jar, 2006 (40,6 x 15,2 x 15,2 cm).



Paul Seide (EE.UU.). Frosted radio light de Spiral series, 1986 (48,4 x 53,5 cm).



Jay Musler (EE.UU.). Cityscape, 1981 (23,2 cm alto, 45,6 cm diámetro).



Bonnie M. Hinz (EE.UU.). Medley, Navy Tan (137 cm alto).



David Goldhagen (EE.UU.). Large loop (45,7 x 35,6 cm).



Richard Ritter (EE.UU.). Untitled, 1984 (15,2 x 25,4 x 25,4 cm).



Karen Ehart (EE.UU.). Torso (73,7 x 43,1 cm).



Buzz Blodgett (EE.UU.). Island sunset (22,9 x 20,3 x 10,8 cm).



Ed Schmid Salmon (EE.UU.). Helix (35,6 x 17,8 x 17,8 cm).



Dan Bergsma (EE.UU.). Jarrón pañuelo (30,5 x 40,6 cm).



James Watkins (EE.UU.). Urn, 1998 (68,6 x 48,3 x 17,8 cm).



Jamie Harris (EE.UU.). Reflection incalmo orb, 2004 (48,3 x 45,7 x 20,3 cm).



Donald Carlson (EE.UU.). Red cherries (cereza c 5 cm alto).



Kevin Russell (EE.UU.). Obra realizada con tubos neón (45,7 cm alto).



Ron Fleming (EE.UU.). Debona pink (35,6 x 30,5 cm).



Brian Russell (EE.UU.). Cygnet in repose, 2009 (41 x 51 x 23 cm).



Richard Satava (EE.UU.). Moon jellyfish (c 9 cm alto).



Mary Beth Bliss (EE.UU.). Optic sculpture (c 45 cm alto).



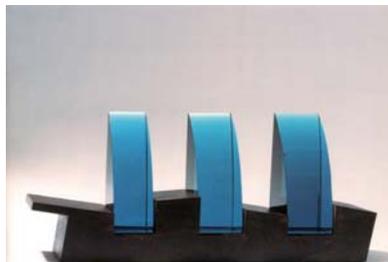
Gary Beecham (EE.UU.). Citadel of the prism IV (22,9 x 27,9 x 27,9 cm).



Pere Ignasi Bisquerra (España). Viento (20 x 10 x 10 cm).



María Isabel Martínez Ronda (España). Torso, 2007 (tamaño natural).



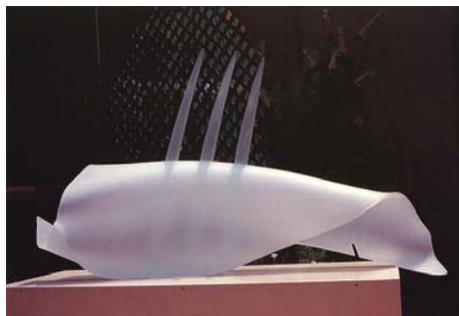
Lluís Ventós (España). Proa I, 1991.



Anna Marco (España). Reproducción, 1999 (155 x 22 x 70 cm).



David Magán (España). Exenta II, 2011 (58 x 58 x 58 cm).



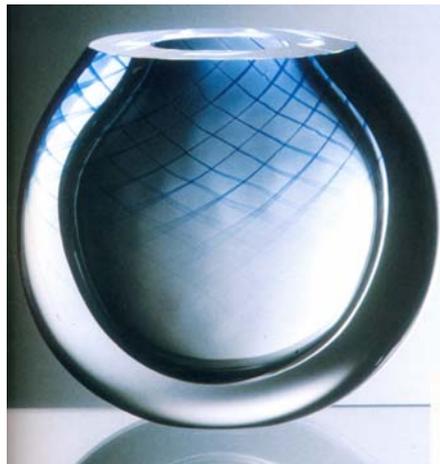
José Fernández Castrillo (España). Pour Q.K., 1997 (60 x 110 x 35 cm).



Pilar Aldana (España). Tragedia, 1995.



Rosa María Picó y Agustí (España). Cáliz Thaul (18 cm alto, 19 cm diámetro).



Markus Eerola (Finlandia). Blue 003137, Pro Arte-serie, 1995 (30 cm).



Vesa Varrela (Finlandia). Cebra, 2001 (38 cm).



Tyra Lundgren (Finlandia). Figura de vidrio traslúcido iridiscente de oro, 1930-40 (17,8 x 27,9 cm).



Fábrica Notsjö Glassworks, Nuutajärvi (Finlandia), diseño de Gunnel Lyman, Maljakko (16,5 cm alto).



Gabriel Argy-Rousseau (Francia). Bailarina en pasta vidrio, c 1925 (30 cm alto).



Fábrica Stevens & Williams (Gran Bretaña). Cuenco Rose, c 1880 (9,1 cm alto, 10,8 cm diámetro).



Chris Wood (Gran Bretaña). Spyra (115 cm²).



Fábrica Monart Ware (Gran Bretaña). Jarrón de gres con inclusiones millefiori, c 1924 (c 20 cm alto).



Fábrica Thomas Webb & Sons (Gran Bretaña). Jarrón con ondas, c 1920 (c 20 cm alto).



Graham Muir (Gran Bretaña). Twilight storm wave, c 2010, (44 x 42 cm).



Ronald Stennett-Willson (Gran Bretaña). Jarrón Ariel, c 1966.



Peter Layton (GranBretaña). Mirage (c 24 cm alto).



Flavio Poli (Italia). Pájaros sujetalibros (16,2 cm).



Egidio Costantini (Italia). Relieve diseñado por Pablo Ruiz Picasso, c 1960 (34,3 x 53,3 cm).



Ercole Barovier (Italia). Jarrón, c 1960 (c 25 cm alto).



Fratelli Tosso (Italia). Jarrón millefiori, c 1920 (c 30 cm alto).



Marina & Susanna Sent (Italia). Murano dream (tamaño natural).



Dafna Kaffeman (Países Bajos). Tactual stimulation pink, 2007 (16,5 x 21,0 x 21,0 cm).



Han de Kluijver (Países Bajos). Mesocosm I, 2010 (27 cm alto).



Fábrica Kosta Boda (Suecia). Mirage (c 20 cm alto).



Fábrica Kosta Boda (Suecia). Cuenco camafeo diseñado por Ann Warff (8,3 x 13,3 cm).



Ardan Özmenoglu (Turquía). Platanus Orientalis, 2008 (67 x 72 x 53 cm).

**ANEXO 2. ÍNDICE ALFABÉTICO
ONOMÁSTICO**

ANEXO 2. ÍNDICE ALFABÉTICO ONOMÁSTICO

Adensamová, Blanka 3.4.4.

Alba, Estrella 6.2.6.

Aldana, Pilar Anexo 1.

Argy-Rousseau, Gabriel 4.12.2, Anexo 1.

Arp, Jean 1.2.4, 1.3.

Arsham, Daniel Anexo 1.

Awashima, Masakishi 5.7.

Bang Espersen, Maria 3.4.3.

Barovier, Ercole Anexo 1.

- Bauer, Leopold 4.12.2.
- Baxter, Geoffrey 5.5.
- Beckert, Adolf 4.12.2.
- Beecham, Gary 5.2, Anexo 1.
- Behrens, Peter 4.12.2, 4.12.4.
- Bell, Larry 1.5.3
- Bennet, David 3.4.5.
- Bergqvist, Knut 3.4.2, 5.8.
- Bergsma, Dan Anexo 1.
- Bernstein, Alex Anexo 1.
- Berlage, H.P. 5.8.
- Bernardini, Carlo 3.4.4.
- Beuys, Joseph 1.5.3.
- Biemann, Dominik 4.10, 4.12.
- Blank, Martin Anexo 1.
- Blaschka, Leopold 4.12.7.
- Blaschka, Rudolf 4.12.7.
- Bliss, Mary Beth Anexo 1.
- Blodgett, Bob Anexo 1.
- Bolek, Hans 4.12.3.
- Boyadjiev, Latchezar 5.8.
- Boysen, Bill H. 5.2, 5.8.
- Broodthaers, Marcel 1.5.3.

Brummer, Arttu 5.4.

Brychtová, Jaroslava 5.3.

Buren, Daniel 1.5.3.

Cage, John 1.5.4.

Calabria Zapata, Juan Carlos 6.2.2.

Callan, Nancy Anexo 1.

Carder, Frederick C. 4.12.2, 5.2.

Carlson, Donald Anexo 1.

Caro, Anthony 1.2.2

Cermáková, Lenka Anexo 1.

Chang Yi 5.8.

Chardiet, José Anexo 1.

Chihuly, Dale 5.2, 7.8.

Chillida, Eduardo 1.3.

Cigler, Václav 5.3.

Clayman, Daniel Anexo 1.

Cline, Mary Van 3.4.5.

Colotte, Aristide 4.12.6.

Copier, Andries Dirk 5.1.1.

Corvart, Jack 5.2.

Costantini, Egidio Anexo 1.

Cross, Henri 4.12.2.

- Czeresko, Deborah 5.2.
- Daum, Antonin 4.12.2.
- Daum, Auguste 4.12.2.
- David, Michael 3.4.4.
- Davies, Iestyn 6.2.4.
- Day, Stephen Paul 5.2.
- Decorchemont, François Émile 3.4.2, 4.12.2.
- Degas, Edgar 1.3.
- Delatte, André 4.12.6.
- Dorn, Alfred 4.12.10.
- Dreisbach, Fritz 5.2.
- Duchamp, Marcel 1.2.3, 1.2.4., 1.5.3
- Dumoulin, Georges 4.12.6.
- Eerola, Markus Anexo 1.
- Ehart, Karen Anexo 1.
- Eiff, Wilhelm von 4.12.2, 4.12.9, 4.12.10.
- Eisch, Erwin 5.1.1, 5.2, 5.8.
- Eliás, Bohumil 5.3.
- Elorriaga, Jabier 1.2.4.
- Ernst, Max 1.2.3, 1.2.4, 1.3.
- Etling, Edmond 4.12.6.

Fernandes, Jean M. 3.4.4.

Fernández Castrillo, José 6.2.1, Anexo 1.

Fernández, Gala 3.4.5.

Fink, Lotte 4.12.10.

Firman, Daniel 3.4.4.

Fisar, Jan Anexo 1.

Fischer, Ronald 7.8.

Flander, Brita 5.4.

Flavin, Dan 1.3., 1.5.3.

Fleming, Ron Anexo 1.

Fletcher, Stuart 6.2.4.

Flögl, Mathilde 4.12.3.

Franck, Kaj 5.4.

Fratelli Tosso Anexo 1.

Fritz, Robert C. 5.2.

Fujita, Kyohei 5.7.

Fukunishi, Takeshi 5.7.

Fulton, Hamish 1.2.4.

Funakoshi, Saburo 5.7.

Furihata, Masao 5.7.

Gallé, Émile 4.11.1, 4.12.2.

García García, Pedro 3.4.5, 6.2.1, 6.2.2, 7.4.

Gate, Simon 3.4.2, 4.12.8.

Gates, John 5.1.1.

Gauguin, Paul 1.3.

Goldhagen, David Anexo 1.

Gómez Gómez, Javier 6.2.3, 7.7.

González, Julio 1.3.

Gordon, Kevin Anexo 1.

Greer, Tony 3.4.4.

Gundi, Vivian-Finch Anexo 1.

Hafner, Dorothy Anexo 1.

Hakatie, Annaleena 5.4.

Hald, Edward 4.12.8, 5.8.

Hanowski, Jörg 3.4.4.

Harris, Jamie Anexo 1.

Hausmann, Raoul 1.2.3.

Heckert, Fritz 4.12.2.

Heesen, Willem 5.1.1, 5.8.

Herman, Sam 5.2.

Hildebrand, Adolf von 1.3.

Hinz, Bonnie M. Anexo 1.

Hirano, Kosuke 4.12.9.

- Hlava, Pavel 5.3.
- Hoffmann, Heinrich 3.4.4.
- Hoffmann, Josef 4.12.2, 4.12.3.
- Hofstötter, Franz 4.12.2.
- Höglund, Erik 5.1.1.
- Höglund, Ola 5.8.
- Hough, Catherine 5.5.
- Houghton, Arthur 5.1.1.
- Hui-shang Yang, Loretta 5.8.
- Hutter, Sidney Anexo 1.
-
- Iezumi, Toshio 5.7.
- Ignasi Bisquerra, Pere Anexo 1.
- Ikuta, Niyogo 5.7.
- Israel, Krista Anexo 1.
- Ito, Makoto 5.7.
- Iwata, Toshichi 5.7.
-
- Jekyll, Gertude 3.4.4.
- Jerram, Luke Anexo 1.
- Jesser, Hilda 4.12.3.
- Jezeq, Pavel Anexo 1.
- Judd, Donad 1.2.3.

Kaffeman, Dafna Anexo 1.

Kagami, Kozo 4.12.9, 5.7

Kallio, Heikki 5.4.

Kalmanovsky, Stacey Anexo 1.

Kandinsky, Wassily 4.12.10.

Kaplický, Josef 5.3.

Karbler, Kit 3.4.4.

Kard, Marian 5.3.

Kekäläinen, Päivi 5.4.

Kiley, John Anexo 1.

Kirchner, Ernst Ludwig 4.12.10

Kirili, Alain 1.2.4.

Kirkeby, Per 1.2.3.

Kirschner, Marie 4.12.2.

Klein, Hans 4.12.10.

Klimt, Gustav 4.12.2, 4.12.3.

Klinger, Miroslav 5.3.

Klonowska, Marta 3.4.3.

Kluijver, Han de Anexo 1.

Kluver, Billy 5.2.

Knowles, Colin 3.4.4.

Koepping, Karl 4.12.2.

- Kojima, Yukako 5.7.
- Kojin-Sha 4.12.9.
- Kopecký, Vladimír 5.3.
- Kosta Boda Anexo 1.
- Kotani, Shinzo 5.7.
- Kounellis, Jannis 1.2.3.
- Kovacsy, Peter 5.8.
- Kuhn, Jon Anexo 1.
-
- Labino, Dominick 5.1.1, 5.2.
- Laguarta Grasa, Arturo 6.2.6.
- Lalique, René Jules 3.4.4, 4.12.5, 4.12.6, 4.12.9
- LaMonte, Karen Anexo 1.
- Landberg, Nils 5.1.1.
- Lane, Danny 3.4.5, 5.2, 7.8.
- Latva-Somppi, Riikka 5.4.
- Layton, Peter Anexo 1.
- Légras & Cie 4.12.2
- Lehmann, Caspar 4.10.
- Leibovitz, Edward 5.8.
- Levenson, Silvia 6.2.5.
- Libenský, Stanislav 5.3.
- Liebold, Susan 3.4.4.

- Lindstrand, Vicke 3.4.2, 4.12.8, 5.8.
- Lipman, Beth 5.2.
- Lipofsky, Marvin 5.2.
- Lisková, Vera 3.4.2.
- Littleton, Harvey K. 3.4.5, 5.1.1, 5.2, 5.8.
- Littleton, John Anexo 1.
- Long, Richard 1.2.4.
- Lugossy, Maria 5.8.
- Lukácsi, László 3.4.4.
- Lundgren, Tyra 5.4, Anexo 1.
-
- Magán, David Anexo 1.
- Malevich, Kasimir 1.2.4.
- Mander, Bruno 4.12.10.
- Manzoni, Piero 1.2.2.
- Marco, Anna Anexo 1.
- Marek, Josef Anexo 1.
- Mares, Ivan Anexo 1.
- Maria, Walter de 1.3.
- Marinot, Maurice 4.12.5, 4.12.6, 4.12.8.
- Marioni, Dante 3.4.2.
- Markow , Eric Anexo 1.
- Marquis, Richard Anexo 1.

Martín, Alba 6.2.4.
Martín Martínez, Susana 6.2.5.
Martínez Ronda, María Isabel Anexo1.
Massanetz, Karl 4.12.10.
Massanetz, Paul 4.12.10.
Matisse, Henri 1.2.4, 1.3, 4.12.10, 5.2.
Matousková, Anna 5.3.
McGlauchlin, Tom 5.2, Anexo 1.
Meech, Annette 5.5.
Merikallio, Mikko 5.4.
Meydam, Floris 5.1.1.
Meyr, 4.12.10.
Michel, Eugène 4.12.2.
Mickelsen, Robert Anexo 1.
Milne, Carol Anexo 1.
Miner, Charles Anexo 1.
Miró, Joan 1.2.4, 1.3.
Miseu, Chris 5.8.
Miss, Mary 1.2.3, 1.2.4.
Moore, Benjamin Anexo 1.
Moore, Debora Anexo 1.
Moore, Simon 5.5.
Morris, Robert 1.3.

Morris, William 5.2, Anexo 1.

Moser, Koloman 4.12.2, 4.12.3

Moser, Ludwig 3.4.3.

Muir, Graham Anexo 1.

Muller Frères 4.12.2.

Muntadas, Antoni 1.5.3.

Musler, Jay Anexo 1.

Myers, Joel Philip 5.7.

Myodo, Chojiro 4.12.9.

Nauman, Bruce 1.5.3.

Navarre, Henry Edouard 4.12.6.

Navarro, Miquel 1.2.4.

Newell, Steven 5.5.

Newman, Barnett 1.3.

Nievaldová, Miloslava 5.3.

Noda, Osamu 5.7.

Noda, Yumiko 5.7

Nolde, Emil 4.12.10.

Norris, Thom Anexo 1.

Novak, Bretislav Anexo 1.

Novaro, Jean Claude 3.4.4.

Novotný, Petr 5.3.

Oertel, Johann 4.12.3.

Ohira, Yoichi 5.7.

Öhrström, Edvin 3.4.2, 4.12.8, 5.8.

Oiticica, Helio 1.5.3.

Olbrich, Joseph Maria 4.12.3.

Oldenburg, Claes 1.2.4.

Ortlieb, Nora 4.12.10.

Özmenoglu, Ardan Anexo 1.

Paik, Nam June 1.5.3.

Patchen, David Anexo 1.

Paukner, Magdalena 7.8.

Paulin, Ida 4.12.10.

Pazaurek, Gustav 4.12.10

Peche, Dagobert 4.12.3.

Perdrize, Paul 4.12.2.

Pérez Valero, Javier 6.2.6.

Pertegaz y Hernández 6.2.1.

Picó y Agustí, Rossa María 6.2.1, Anexo 1.

Poli, Flavio Anexo 1.

Polo, Miguel Ángel 6.2.1.

Pollard, Donald 5.2.

Pollitt, Harry 3.4.3

Pollock, Jackson 1.3, 5.2

Poschinger, Ferdinand von 4.12.2.

Powell, Stephen Anexo 1.

Powers, Angus 5.2.

Powolny, Michael 4.12.3, 4.12.10.

Precht, Volkhard 5.1.1

Prutsche, Otto 4.12.2, 4.12.3.

Puni, Ivan 1.3.

Rantainen, Auli 5.4.

Rausbeek, Bert van 3.4.3.

Rauschenberg, Robert 5.2.

Rawlism, Tim 3.4.4.

Redegalli, Sergio Anexo 1.

Reyen, Alphonse-Georges 4.12.2.

Reyntiens, Patrick 5.2.

Rhoads, Kait 5.2, Anexo 1.

Richardson, Henry 7.8.

Riemerschmid, Richard 4.12.3.

Ries, Christopher 5.2.

Ritter, Richard Anexo 1.

Roberts, Mark Raynes 3.4.3, 5.5.

- Rodin, Auguste 1.3.
- Rogers, Michael A. 5.7.
- Rosin, Dino 3.4.2.
- Rosol, Martin Anexo 1.
- Rottenberg, Ena 4.12.10.
- Roubícek, René 3.4.2, 5.3.
- Roubícková, Miluse 5.3.
- Royal, Richard Anexo 1.
- Rozinek, Josef 5.3.
- Ruffner, Ginny Anexo 1.
- Ruiz Picasso, Pablo 1.2.4, 1.3.
- Russell, Brian Anexo 1.
- Russell, Kevin Anexo 1.
- Rybák, Jaromír 5.3.
-
- Sabino, Marius Ernest 4.12.6.
- Sabóková, Gizela 5.3.
- Sala, Benvingut 4.12.6.
- Sala, Jean 4.12.6.
- Salmon, Ed Schmid Anexo 1.
- Salo, Markku 5.4.
- Sánchez, María Luisa 6.2.6.
- Sarpaneva, Timo 5.4.

- Satava, Richard Anexo 1.
- Sato, Junshiro 5.7.
- Scarpa, Carlo 3.4.2.
- Schneckendorf, Josef Emil 4.12.2.
- Schneider, Charles 4.12.6.
- Schneider, Ernest 4.12.6.
- Schroderus, Anna 5.4.
- Schwarz, David Anexo 1.
- Schwitters, Kurt 1.2.3, 1.3.
- Seager, Harry 5.1.2, 5.5.
- Seguso, Archimede 3.4.2, 5.6.
- Seguso, Livio 3.4.5, 5.6, 7.8.
- Seide, Paul Anexo 1.
- Sent, Marina Anexo 1.
- Sent, Susanna Anexo 1.
- Serra, Richard 1.2.2, 1.3.
- Shaffer, Mary 3.4.2.
- Shibuya, Ryoji 5.7.
- Shizumu, Tomoe 5.7.
- Simberg-Höglund, Marie 5.8.
- Simpson, Josh Anexo 1.
- Singletery, Preston Anexo 1.
- Smithson, Robert 1.2.4.

- Spiller, Gottfried 4.10.
- Stankard, Paul 3.4.2, 5.2.
- Stennett-Willson, Ronald Anexo 1.
- Still, Nanny 5.4.
- Stirling, Lisabeth Anexo 1.
- Storrs, John 1.2.4.
- Strokowsky, Cathy Anexo 1.
- Suhájek, Jirí 5.3.
- Süssmuth, Richard 4.12.10
- Suvero, Mark di 1.3.
-
- Tagliapietra, Lino 3.4.2, 5.2, 5.6.
- Takagi, Shigeru 4.12.9.
- Takahashi, Yoshihiko 5.7.
- Tatlin, Vladímír 1.3.
- Taylor, Michael Anexo 1.
- Thelin, Roseline De 3.4.4.
- Theys, Daniël 5.8.
- Thomas Webb & Sons 4.12, 4.12.10
- Thorsoe, Lotte 3.4.4.
- Tiffany, Louis Comfort 3.4.2, 4.12.2, 5.1.1, 5.2.
- Timmers, Erwin Anexo 1.
- Tinguely, Jean 1.2.3.

Toikka, Oiva 5.4.

Torres Esteban, Joaquín 6.1, 6.2, 6.2.1, 6.2.2, 6.2.3

Torres García, Joaquín 1.3.

Toshichi, Iwata 4.12.9.

Trakas, George 1.2.3.

Turrel, James 1.3.

Tynell, Helena 5.4.

Vachtová, Dana 3.4.5, 5.3.

Valkema, Sybren 5.1.1, 5.8.

Vallien, Bertil 3.4.2, 5.8.

Van Gogh, Vincent 4.12.10.

Varrela, Vesa 5.4, Anexo 1.

Ventós, Lluís Anexo 1.

Vistosi, Luciano 3.4.3, 5.6.

Vízner, Frantisek 3.4.4, 5.3.

Vlcková, Eva 5.3.

Vogel, Kate Anexo 1.

Vostell, Wolf 1.5.3.

Voukos, Peter 5.1.1.

Walter, Victor Amalric 4.12.2.

Watkins, James Anexo 1.

- Waugh, Sydney 5.1.1.
- Weber, Hans 4.12.10.
- Weiland, Julia 3.4.3.
- Weinberg, Steven Anexo 1.
- Wexler, Allan 1.2.4.
- Whiteley, Richard Anexo 1.
- Whitman, Walt 5.2.
- Wieselthier, Vally 4.12.3, 4.12.10
- Wirkkala, Tapio 5.4.
- Wollmann, Heinrich 3.4.2.
- Wood, Chris Anexo 1.
- Wright, Frank Lloyd 5.1.1, 5.2
-
- Yamano, Hiroshi 5.7.
- Young, Ben 3.4.3, 3.4.5.
- Young, Brent Kee 5.7.
-
- Zámecníková, Dana 5.3
- Zertová, Jirina 5.3.
- Zynsky, Toots 6.2.5, Anexo 1.

ANEXO 3. GALERÍA DE OBRAS REALIZADAS



Nactanebo arenado, 2016 (9,5 x 9,5 x 1,8 cm).



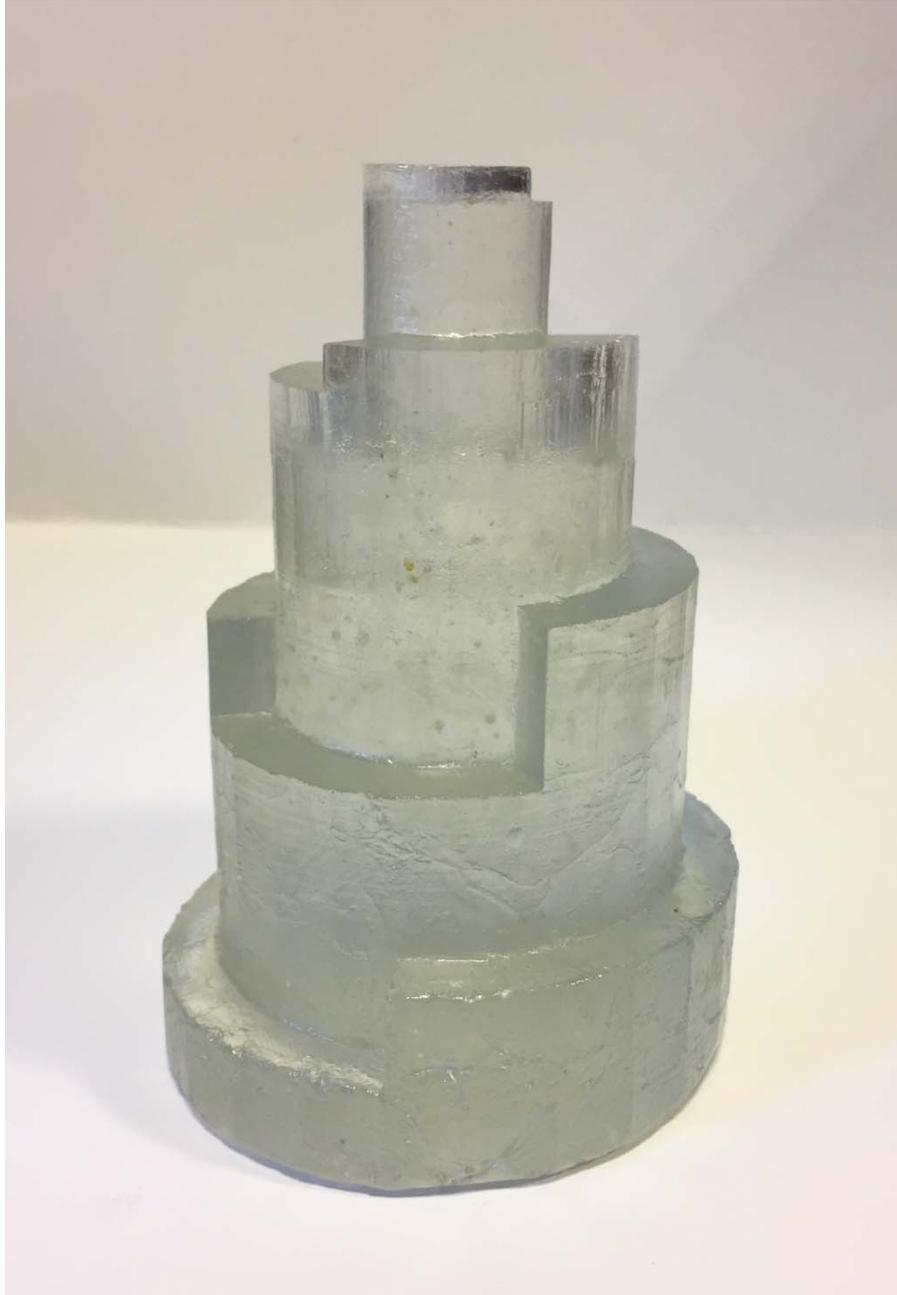
Nactanebo lustre, 2016 (9,5 x 9,5 x 1,8 cm).



Anubis rústico, 2016 (19,3 x 11,8 x 2 cm).



Anubis lustre, 2016 (20 x 12 x 2 cm).



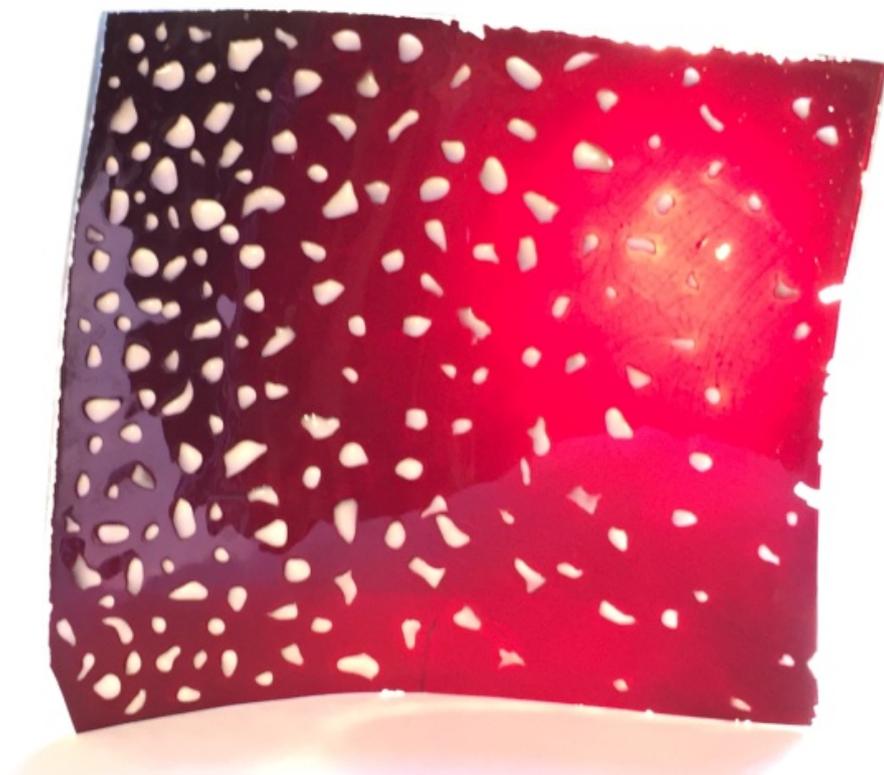
Babel antigua, 2016 (15,3 cm alto, 10 cm diámetro base).



Babel moderna, 2016 (15,3 cm alto, 10 cm diámetro base).



Mariposa, 2016 (25 x 12,5 x 0,7 cm).



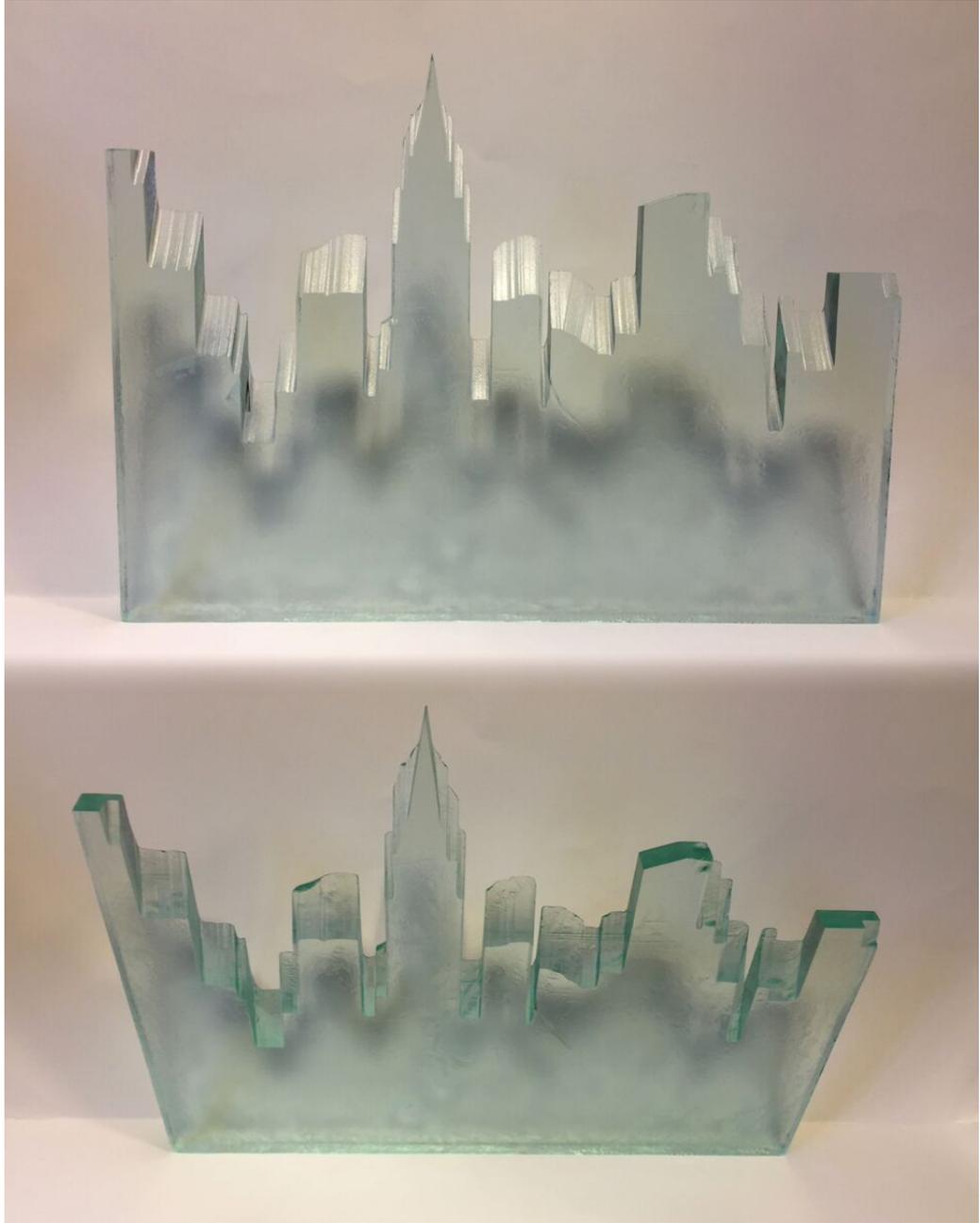
Pañuelo, 2016 (16 x 16 x 0,2 cm).



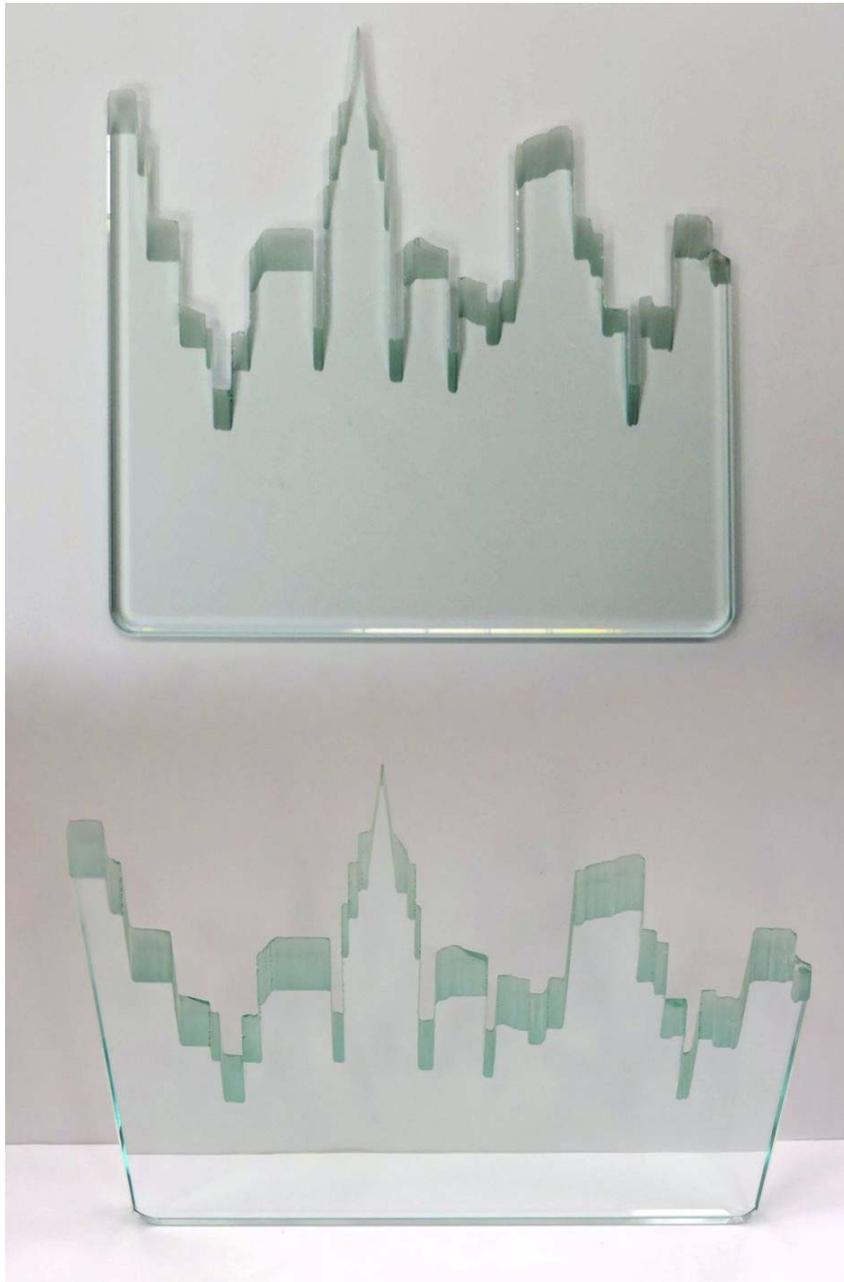
Atenea, 2016 (23 x 12,5 x 1,8 cm).



Músicos, 2016 (24,2 x 15 x 1,8 cm).



Skyline niebla, 2016 (32,5 x 25,4 x 1,5 cm).



Skyline claro, 2016 (25 x 25 x 1 cm).



Pascua, 2016 (21 x 11,5 x 8 cm).

