

UNIVERSIDAD DE GRANADA

TESIS DOCTORAL

PROCESOS DE MODIFICACIÓN QUÍMICA Y ESTRUCTURAL DEL  
ALGINATO Y SU INTRODUCCIÓN COMO MODIFICADOR DE PESO  
Y FRAGUADO DE LA ESCAYOLA EN TÉCNICAS DE  
REPRODUCCIÓN ESCULTÓRICA



PRESENTADA POR D. JOSE JAVIER ÁNGELES ALEJO

DIRECTOR: DR. D. RICARDO MARÍN VIADEL

TUTOR: DR. D. ALFONSO DEL RIO ALMAGRO

PROGRAMA DE DOCTORADO EN HISTORIA Y ARTES

2019

Editor: Universidad de Granada. Tesis Doctorales  
Autor: José Javier Ángeles Alejo  
ISBN: 978-84-1306-195-5  
URI: <http://hdl.handle.net/10481/55757>



## *Agradecimientos*

Como es habitual, toda investigación que se prolonga en el tiempo posee elementos que la circundan; factores, situaciones y sobre todo, personas. Estas personas, han cargado esta tesis tanto de valor técnico y profesional, como de valor emocional. Por ello, permítanme mencionarlas para mostrar mi más sincero agradecimiento.

*A mi director,*

*D. Ricardo Marín Viadel*

Que desde el primer momento me inculcaste el grandísimo valor de la enseñanza y la pedagogía, grabándome a fuego en la mente que tenía que ser algo totalmente vocacional. Tus investigaciones acerca de la educación artística han nutrido esta investigación de elementos clave para poder acercar los resultados obtenidos a las aulas. Por mostrarme distintos caminos en el mundo de la investigación, por dirigir esta tesis, por animarme, tranquilizarme, por enseñarme tanto y porque pasar un rato contigo, es aprender. Eternamente agradecido.

*Al Departamento de Escultura*

Entre ellos, a *D. Antonio Martínez Villa*, que desde el año 2010 me has acompañado en este largo camino. A ti te debo prácticamente todos mis conocimientos acerca de materiales de reproducción escultórica. Muchos de los proyectos escultóricos que he llevado a cabo no hubieran sido posibles sin ti. Por la dirección de mi PFC, la dirección de mi TFM y ahora, por ayudarme a cumplir muchos de los objetivos planteados en esta investigación. Por todos aquellos madrugones que te has dado para ayudarme a avanzar; y por ocho años dándome buenos consejos y momentos, te estoy y estaré eternamente agradecido. También, a *D. Jorge Alberto Duran Suarez*, que desde 2011 me has inculcado el valor de la buena praxis en el trabajo. Que la ciencia y el arte van de la mano. Que siendo verdaderamente rigurosos en nuestras investigaciones, obtendremos resultados verdaderos y exactos. Gracias a ti, he asentado firmemente mis conocimientos científicos. Por toda la ayuda y el ánimo recibido, eternamente agradecido.

### *A mis compañeros*

Es un error habitual pensar que todos los doctorandos están becados. Este es uno de los factores, que como he mencionado anteriormente, dan valor a esta investigación, sobre todo cuando se es doctorando y autónomo al mismo tiempo. Estas cosas curten. De modo que tengo que agradecer a *D. Miguel Ángel Moliné* y a todos los trabajadores de su fundición, darme un empujón para poder desarrollar mi actividad como escultor en los duros inicios. También, a *D. Vicente Fernández Salmerón*, por formarme como perito y mostrarme el mundo del arte aún más de cerca. No olvidar mencionar a todos aquellos profesionales que sin darse cuenta me han ayudado de manera indirecta. Gracias de corazón.

### *A mis amigos*

Que siempre han aguantado de manera estoica mis charlas acerca de investigaciones, teorías y el cosmos. No hace falta mencionarlos, pues son muy pocos y ellos saben quiénes son. A ellos, por todos estos años y los que quedan, gracias de corazón.

Por último, quiero mencionar a las personas más importantes en mi vida, porque sin ellas, nada de esto tendría sentido:

### *A mi familia*

A mis padres, *María del Carmen Alejo* y *Jose Javier Ángeles* y mi hermana mayor *Ana Ángeles Alejo*, que por su fuerza, arrojo y valor en la vida, siempre ha sido un ejemplo a seguir. Porque siempre, pasara lo que pasara, han creído en mí de manera incondicional. Porque han estado siempre, viviendo conmigo los mejores momentos de mi vida y por supuesto, los peores. Cuando ya no quedaba aliento, ahí estaban ellos para recomponerme y poder continuar. Por ser un grandísimo apoyo, grandes padres y personas ejemplares, gracias de corazón. Siempre y por siempre, gracias.

*Y a los que ya no están, gracias por todo.*



# Índice

<b>Hipótesis de la investigación, objetivos y metodología.</b> -----	<b>13</b>
Introducción. -----	14
Hipótesis -----	17
Objetivos. -----	19
Metodología. -----	21
<b>1. Procedencia, definición, composición y comportamiento del alginato.</b> -----	<b>22</b>
1.1. Ácido algínico. Descubrimiento, desarrollo y resultado de los primeros estudios.-----	23
1.2. El alginato. -----	26
1.3. Algas marinas pardas. Principal fuente de obtención de alginatos. -----	28
1.3.1. Géneros de algas destinados a la producción de alginato. -----	29
1.4. Procesos de extracción del alginato. -----	36
1.4.1. Primeras extracciones. -----	36
1.4.2. Fases de extracción. -----	39
1.4.3. Transformación del ácido algínico en una sal de alginato. -----	42
1.5. Formaciones coloidales y sus propiedades. -----	44
1.6. Alginatos comerciales. -----	47
1.7. Principales propiedades de los alginatos.-----	50
1.8. Proceso de gelificación del alginato. -----	52
1.8.1. Factores influyentes en el proceso de gelificación del alginato. -----	54
1.9. Toxicidad de la materia. -----	56
<b>2. Introducción, usos y aplicaciones del alginato en la industria.</b> -----	<b>58</b>
2.1. Antecedentes. -----	59

2.2. El uso del alginato en la industria alimentaria. -----	61
2.3. El uso del alginato en medicina. -----	64
2.4. El uso del alginato en odontología. -----	66
2.5. Introducción y uso del alginato en otras industrias. -----	68
<b>3. Estudio físico del alginato dental. Observaciones de los distintos ciclos y estados de la materia. -----</b>	<b>69</b>
3.1. Alginato dental en estado comercial. -----	71
3.2. Alginato dental en estado gel. -----	72
3.3. Alginato dental en estado líquido. -----	73
3.4. Alginato dental fraguado. -----	75
3.5. Alginato dental en estado sólido. -----	77
3.6. Características y peculiaridades del alginato dental. -----	78
3.6.1. Variaciones dimensionales. -----	78
3.6.2. Evaporación de agua. -----	82
3.6.3. Aparición de colonias de moho. -----	84
3.6.4. Transmisión de humedad. -----	86
3.6.5. Elementos añadidos. Colorantes, aromas y agentes saporíferos. -----	87
<b>4. El uso del alginato en la producción artística. -----</b>	<b>89</b>
4.1. El uso del alginato en la producción escultórica de artistas de proyección internacional. -----	90
4.1.1. “Life-casting”. Antecedentes históricos. -----	92
4.1.2. El vaciado del natural como medio de producción en la obra de artistas internacionales. -----	99
4.2. Realización de un molde de alginato dental. -----	116
4.2.1. Consideraciones previas al uso del alginato como agente de moldeo. -----	116
4.2.2. Fases de moldeo con alginato dental sobre un modelo del natural. -----	122
4.2.3. Limpieza y adecuación estética de la reproducción. -----	133

4.3. Fase de intervención en las reproducciones escultóricas para la adaptación a procesos de adecuación estética.-----	141
4.3.1. Uso y adaptación artística de las características inherentes del alginato dental aplicadas a la producción escultórica. Cambios dimensionales producidos por el proceso de sinéresis.-----	148
4.4. Reproducciones escultóricas realizadas a partir de fases de moldeo con alginato dental sobre modelos del natural. Proyectos artísticos expositivos. -----	151
4.5. Reproducciones escultóricas a pequeña escala mediante fases de moldeo con alginato dental.-----	193
4.5.1. Reproducciones escultóricas a pequeña escala. Introducción de madre-forma cilíndrica. -----	194
4.5.1.1. Reproducciones escultóricas a pequeña escala. Incorporación de objetos. -----	201
4.6. El uso del alginato en la pedagogía de las artes plásticas.-----	220
4.6.1. Contenidos teórico-prácticos para la realización de obra escultórica a partir de moldes de alginato dental. -----	223
<b>5. Reciclaje del hidrocoloide irreversible. Transformación de los residuos en árido para su reutilización. -----</b>	<b>237</b>
5.1. Antecedentes en el uso de los desechos.-----	238
5.2. Procesos de obtención de árido algínico.-----	240
5.2.1. Método empleado.-----	240
5.2.2. Fases de transformación, procesado y obtención.-----	242
5.3. Características y peculiaridades del árido algínico.-----	249
5.4. Observación y estudio superficial para la comparativa visual de la materia. -----	257
<b>6. Ensayos empíricos.</b>	
<b>Ensayo empírico 1.</b>	
<b>Estudio de la naturaleza de los materiales y su comportamiento ante agentes externos. -----</b>	<b>264</b>
6.1. Consideraciones previas. -----	265

6.2. Estudio de probetas. Comportamiento natural de la materia. -----	267
6.2.1. Método empleado.-----	267
6.2.2. Variedades de alginatos dentales utilizados en las pruebas. Características, datos técnicos y normativas según el fabricante.-----	272
6.3. Estudio de probetas. Alginatos dentales. -----	291
6.3.1. Alginato dental <i>Phase Plus</i> de la compañía <i>Zhermack</i> como variedad de alginato asignado para la realización de ensayos empíricos. -----	313
6.3.2. Vista al microscopio metalográfico trinocular de la superficie del alginato dental durante el proceso de gelificación.-----	315
6.3.3. Análisis químico por espectroscopía fotoelectrónica de rayos X de la variedad de alginato dental <i>Phase Plus</i> de la compañía <i>Zhermack</i> . -----	317
6.3.3.1. Método empleado. -----	317
6.3.4. Prueba de ultrasonidos. Mediciones realizadas a la variedad de alginato dental <i>Phase Plus</i> .-----	322
6.3.4.1. Método empleado. -----	322
6.4. Árido algínico. Razonamiento previo de la reacción y comportamiento de la materia.-----	329
6.5. Estudio de probetas. Árido algínico. -----	330
6.6. Estudio de probetas. Árido algínico reutilizado.-----	340
6.7. Estudio de probetas. Árido algínico + escayola <i>E 35</i> . -----	349
6.8. Conclusiones parciales obtenidas en el estudio de probetas. -----	365

## **Ensayos empíricos 2.**

<b>Pruebas de inmersión. -----</b>	<b>370</b>
6.9. Método empleado.-----	371
6.10. Observaciones previas. Capacidad higroscópica, disgregación y solubilización. -----	373
6.11. Pruebas de inmersión. Probetas de árido algínico.-----	377
6.12. Pruebas de inmersión. Probetas de árido algínico reutilizado. -----	389
6.13. Pruebas de inmersión. Probetas de árido algínico + escayola <i>E-35</i> .-----	401

6.14. Conclusiones obtenidas en las pruebas de inmersión.-----	425
--	-----

### **Ensayos empíricos 3.**

<b>Pruebas de resistencia térmica y combustión. -----</b>	<b>427</b>
---	------------

6.15. Método empleado. -----	428
------------------------------	-----

6.16. Prueba de combustión y resistencia térmica del árido algínico. -----	430
--	-----

6.16.1. Inmersión de la probeta carbonizada. Nivel de disgregación de los residuos.-----	436
---	-----

6.17. Conclusiones obtenidas en la prueba de combustión de la probeta e inmersión de los residuos carbonizados. -----	441
--	-----

<b>7. Introducción del árido algínico como materia de moldeo para técnicas de reproducción escultórica. -----</b>	<b>442</b>
---	------------

7.1. Esquema de las fases de reutilización del alginato como árido.-----	444
--	-----

7.2. La técnica escultórica de molde perdido. Antecedente del uso del árido algínico como materia de moldeo disgregante. -----	445
---	-----

7.2.1. Justificación de uso de la técnica escultórica de molde perdido para la fase de moldeo con árido algínico.-----	455
---	-----

7.3. Método empleado.-----	456
----------------------------	-----

7.4. Examen nº1. Estudio de proporciones, comportamiento y valoración de resultados. -----	457
---	-----

7.5. Examen nº2. Corrección de la fase de retracción. -----	463
---	-----

7.6. El árido algínico como materia de moldeo. Fase de moldeo a la cera perdida.-----	469
---	-----

7.7. Fase de moldeo 1. Comprobación de la capacidad de registro de la materia sometida a altas temperaturas y reacción al recibir la materia de relleno. -----	472
---	-----

7.7.1. Fase de moldeo 1. Inmersión del molde para la extracción de la pieza y comprobación de la reproducción.-----	477
--	-----

7.8. Fase de moldeo 2. Corrección de la retracción y ajuste de los niveles de temperatura.-----	483
--	-----

7.8.1. Fase de moldeo 2. Inmersión del molde para la observación de los resultados en la corrección de proporciones. Extracción de la pieza. -----	487
7.9. Fase de molde perdido a partir de mortero compuesto por árido algínico y escayola <i>E-35</i> . -----	492
7.9.1. Método empleado.-----	496
7.10. Fase de moldeo. -----	497
7.10.1. Razonamiento del fenómeno de apertura durante la inmersión. -----	514
7.10.2. Observación de los resultados. -----	515
7.10.3. Adecuación estética de la reproducción.-----	518
7.10.4. Medición de los residuos producidos en el proceso de moldeo. -----	521
7.11. Fase de deshidratación por horneado de moldes de alginato dental. -----	524
7.11.1. Prueba de ultrasonidos. Mediciones realizadas a la variedad de alginato dental <i>Phase Plus</i> después de un proceso de deshidratación por horneado. ----	527
7.11.2. Prueba de fundición en zamak a partir de un molde confeccionado con alginato dental <i>Phase Plus</i> de <i>Zhermack</i> .-----	533
7.12. Reproducción de una mano en zamak mediante procesos de moldeo con alginato dental <i>Phase Plus</i> de <i>Zhermack</i> .-----	540
7.12.1. Resultados obtenidos. -----	546
7.13. Prueba de fundición en bronce a partir de un molde confeccionado con alginato dental <i>Phase Plus</i> de <i>Zhermack</i> .-----	551
7.13.1. Resultados obtenidos. -----	555
8. Conclusiones.-----	558
9. Bibliografía. -----	566
10. Anexo I. Medios técnicos empleados. -----	582
11. Anexo II. <i>Algipedia. Guía completa de alginatos clínicos</i> ofrecida por la compañía <i>Zhermack</i> . -----	588
12. Anexo III. Entidades colaboradoras.-----	590

**Hipótesis de la investigación,  
objetivos y metodología.**

## **Introducción.**

El estudio, uso y aplicación de nuevos materiales y tecnologías aplicadas al mundo del arte han ofrecido un sinnúmero de posibilidades que han dado lugar a la innovación de muchas de sus técnicas.

Esta investigación se basa en un estudio de materiales para la reproducción escultórica, que nos ha llevado a utilizar el alginato dental como materia esencial. En escultura, el alginato, es un material en auge para la realización de moldes y actualmente, es empleado en diversas industrias gracias a sus múltiples propiedades. Partimos del planteamiento de introducir materias procedentes de otros campos, como es el alginato dental y adaptarlas para la reproducción escultórica. El uso del alginato dental como material de copia o registro escultórico puede darnos muchas posibilidades a la hora de moldear partes determinadas de un modelo del natural, objetos concretos o texturas sugerentes para añadirlas a la composición de determinados proyectos artísticos.

Hemos observado y trabajado este compuesto como materia de reproducción escultórica, y aunque químicamente se trata de un material muy poco estudiada dentro del ámbito artístico, es muy utilizado para la confección de moldes, ya que rescata a la perfección los minuciosos detalles del objeto a moldear. Asimismo, hemos profundizado en la técnica de moldeo por alginato dando claves para emplearlo en distintos procedimientos y realizar una materia de alta duración para que el breve tiempo de secado no sea un inconveniente.

Para llegar a este punto, ha sido fundamental estudiar la procedencia de este compuesto, haciendo un análisis de las algas marinas productoras de ácido algínico tanto de aguas frías como de aguas tropicales, sus procesos y condiciones de elaboración, aparataje de laboratorio y cualquier contraindicación de uso que expide cada compañía de los alginatos dentales que hemos utilizado.

Es primordial conocer los distintos usos y aplicaciones que esta materia ofrece en industrias, como en medicina, para la fabricación de apósitos estériles para quemaduras, la odontológica para el moldeo y reproducción de prótesis dentales o la alimentaria, a modo de espesante, conservante o complemento alimenticio.

En esta investigación introducimos el alginato dental como material complementario para creaciones escultóricas, cumpliendo la función específica de materia de moldeo de modelos del natural. Del mismo modo, es introducido como material de positivado para estudiar sus procesos de retracción. Al proceder de algas marinas y ser rico en ácido algínico, necesita gran cantidad de agua para poder catalizar las materias que lo conforman. Pero al deshidratar, su retracción por pérdida de agua es muy elevada. Hemos llevado a procedimientos para reutilizar los desechos del alginato dental, corrigiendo además dicha reducción y poder obtener un positivado de alginato, conservando su tamaño original, de gran dureza y prácticamente carente de peso. Gracias a las propiedades de sus materias primas, el alginato ofrece distintas disposiciones de uso, ya sea en su estado natural de registro o en estado deshidratado. Esta variedad de uso nos ha permitido desarrollar un método de reciclaje del hidrocoloide, obteniendo un *árido algínico*, cuya procedencia se encuentra en los cascotes de desecho procedentes de las fases de moldeo con alginato sobre modelos del natural.

El *árido algínico*, además de un complemento para la conformación de un mortero para relleno de moldes o su confección, es un excelente modificador de fraguado de la escayola impidiendo, retardando o acelerando su secado. Este tipo de ensayos nos han permitido introducir el alginato dental como aditivo para la escayola u otras materias fraguantes. La introducción del *árido algínico* en el ámbito artístico, puede ampliar el gran compendio de técnicas que actualmente se utilizan en procesos de moldeo y positivado, al igual que de aditivo para regular los tiempos de fraguado de la materia. Todos los componentes que posee el *árido algínico* son los mismos que conforman el alginato, por lo que su introducción en el ámbito escultórico nos ha ayudado a comprender mejor cómo actúan sus mecanismos de gelificación.

Ha sido necesario llevar a cabo procesos de experimentación para la obtención de resultados tangibles y cuantificables. Para poder aglutinar el *árido algínico*, se han empleado distintos tipos de materiales, poniendo especial atención a la dureza y porosidades que presenta cada uno de ellos. La escayola y el alginato dental son ricos en sulfato de cálcico, por lo que la combinación de ambos no ha supuesto ningún problema. En estudios anteriores, pudimos comprobar como el *árido algínico* hace una perfecta unión con la escayola cerámica en determinadas proporciones. Esta escayola, es menos porosa y más liviana que la escayola convencional. Como resultado, obtuvimos una pieza

escultórica cuyo peso se redujo en un 43,63% conservando su corporeidad estructural y la dureza propia de la escayola (Ángeles, 2015).

El hecho de poder estudiar un método de reutilización del alginato dental y su comportamiento en combinación con otros materiales puede repercutir en la aportación de nuevas técnicas de producción escultórica. La unión de estos dos materiales también se debe a la búsqueda de un compuesto inalterable bajo ciertos efectos externos como la humedad, analizando sus mecanismos de obtención para proporcionar una fácil manipulación en pos de obtener reproducciones escultóricas más resistentes y ligeras.

En esta investigación se han llevado a cabo diferentes procedimientos empíricos que han servido para testar la fiabilidad de las nuevas materias. Gracias a estas pruebas, hemos obtenido datos exactos de las proporciones de áridos y crear un material idóneo para procedimientos de moldeo y reproducción escultórica.

De manera resumida, podemos concluir esta introducción añadiendo que estos ensayos nos han dado como resultado distintos usos para este compuesto en combinación con otro tipo de materiales como la escayola. Esta unión de materias nos ofrece productos que además de modificar el fraguado de la escayola (retardándolo o acelerándolo) puede utilizarse como relleno para moldes, siendo un producto con las mismas características que la escayola y más ligero. El resultado de los ensayos empíricos aplicado a estas materias tendrá su aplicación práctica con el positivado de obras escultóricas.

## **Hipótesis.**

Esta investigación está centrada en el estudio físico y químico del alginato, una materia con aplicación diversos campos, que ha sido introducida en los últimos tiempos como material de registro para reproducciones escultóricas dentro del ámbito artístico. El alginato ha sido y es, una de las principales herramientas odontológicas para la reproducción de piezas dentales. La efectividad de este compuesto registrando diminutos e imperceptibles detalles de la boca del paciente ha sido analizada por artistas plásticos que tiempo atrás, extendieron su utilización como material para técnicas artísticas de moldeo.

Este producto muestra una amplia versatilidad de usos, desde el momento en que es extraído de su envase hasta que es aplicado en alguna superficie. Posee unas características muy peculiares que permiten compatibilizar sus componentes con otras materias de uso común en procedimientos escultóricos. Estas características fueron las que abrieron el estudio de la naturaleza de este compuesto, frente a un problema común en la reproducción de piezas escultóricas: la costosa trabajabilidad, el peso de los materiales y la toxicidad.

El peso físico en las reproducciones escultóricas se presenta como una dificultad añadida a la ejecución de la obra, que en algunas circunstancias, ralentiza los procesos de trabajo requiriendo la colaboración de operarios. Todas las reproducciones escultóricas confeccionadas con este tipo de materias de uso industrial presentan dificultades como el riesgo de fractura debido a su peso. Añadiendo que, el riesgo de rotura es mayor si se trata de una reproducción llevada a cabo con el procedimiento de molde perdido, en el cual, hay que romper el molde de escayola con el positivado en su interior, provocando que la obra absorba grandes cantidades de vibraciones producidas por las herramientas al impactar sobre la superficie del molde. El transporte es otro factor añadido a la problemática del peso. La tensión de fuerzas que una pieza escultórica puede soportar durante un transporte o cualquier tipo de manipulación, es mayor a medida que el peso de la obra aumenta. Una manipulación errónea de una pieza cuyo peso se eleve en relación a su masa, puede derivar en rotura o fractura.

De este modo surge la necesidad de llevar a cabo procedimientos en los que la pieza no esté sometida a ningún riesgo, con la introducción de otro tipo de materiales de bajo coste

o ciertas innovaciones en los procesos tradicionales de moldeo. Partiendo de estos problemas, nuestra atención se centró en los cascotes de alginato dental utilizados en otro tipo de procesos de moldeo. Este material elástico, que absorbe grandes cantidades de agua, quedaba completamente petrificado trascurridos dos días a temperatura ambiente, debido a que se produce en él un proceso denominado sinéresis<sup>1</sup>. Tras analizar este proceso exhaustivamente, contemplamos la posibilidad de utilizar el alginato dental, tanto de materia de moldeo como de material de relleno para moldes, ya que aunque más frágil que la escayola, es mucho más resistente en relación a su peso. Ha sido la naturaleza de sus elementos la que nos ha permitido estudiar cómo actúa en ciertas circunstancias, pudiendo hacer combinaciones de componentes hasta obtener un producto adecuado.

**En esta investigación se plantea el uso del alginato dental como una materia que, presentada en distintos estados, puede introducirse como árido para modificar el normal fraguado de la escayola, obteniendo un mortero destinado tanto a procesos de moldeo como al positivado de las piezas.**

El estudio del reciclaje de este compuesto como aditivo para materiales fraguantes como la escayola, ofrece cinco ventajas fundamentales en los procesos de creación escultórica:

- Reducción de peso de las materias de trabajo para procedimientos escultóricos.
- La utilización de este producto no ocasiona riesgos a nuestra salud.
- Su introducción como agente modificador del fraguado en procesos de moldes perdidos, evita los riesgos de fractura a los que la obra es sometida durante el procedimiento normal de rotura del molde.
- La obtención de los subproductos del alginato dental derivan del reciclaje de este, minimizando los costes al máximo.
- Su fácil obtención y manipulación lo hacen gran interés para introducirlo como material polivalente en la creación escultórica.

Habiendo analizado todos y cada uno de los estados que presenta en sus procesos de uso, hemos podido obtener respuestas concluyentes que han derivado en la introducción de otras materias para poder optimizar el uso del alginato dental y aplicarlo como agente regulador del fraguado de distintos materiales.

---

<sup>1</sup> En los alginatos, la sinéresis es un proceso irreversible descrito como una abundante pérdida de agua acompañada de la retracción de la materia (Ayaviri y Bustamante, 2013, p. 1494).

## **Objetivos.**

Para el desarrollo de la hipótesis de esta investigación, se han planteado los siguientes objetivos. El uso de métodos tanto analíticos como de ensayo y error, nos lleva a plantear objetivos generales, que enmarcan gran parte del marco teórico necesario para la resolución de los objetivos específicos por medio de una metodología empírica.

### **Objetivos generales.**

- 1 Realizar un estudio de algas productoras de alginato para determinar cuáles son las principales especies productoras de ácido algínico.
- 2 Conocer los métodos de extracción del ácido algínico y su conversión a alginato.
- 3 Estudiar cada uno de los componentes que conforman el alginato dental y su función específica dentro de la composición comercial.
- 4 Evaluar las características de distintos tipos de alginatos dentales para determinar cuál es apto como objeto de estudio.
- 5 Clasificar distintos tipos de materias susceptibles de combinar para realizar pruebas empíricas a partir del reciclaje del alginato dental utilizado en procesos de moldeo.
- 6 Realizar distintas probetas a partir de la combinación de materias procedentes de la escayola y el alginato dental para obtener una clasificación de datos aplicable a los procesos de reciclaje y reutilización del alginato.
- 7 Obtener proporciones exactas de las materias sometidas a ensayos para optimizar los procedimientos empíricos y aplicar los resultados a técnicas escultóricas.

### **Objetivos específicos.**

- 1 Llevar a cabo un método de reciclaje del hidrocoloide irreversible.
- 2 Obtener un subproducto partiendo de la composición del alginato dental que actúe como árido en presencia de conglomerantes y que ejerza como agente modificador de peso, fraguado y endurecimiento.
- 3 Idear una materia de moldeo destinada a la reproducción escultórica obtenida a partir de alginato dental y escayola.
- 4 Reducir el porcentaje de retracción del alginato dental o su árido durante el proceso de sinéresis.
- 5 Realizar un estudio químico de una variedad de alginato dental específico para la confección de moldes destinados a reproducción escultórica.
- 6 Partiendo del análisis químico, idear una reutilización factible para el uso de los desechos de las fases de moldeo en el uso de técnicas de fundición artística.
- 7 Hallar el excipiente matérico que corrija el porcentaje de reducción de los moldes confeccionados a partir de alginato dental o su árido.
- 8 Confeccionar moldes por medio del procedimiento de molde perdido a partir del subproducto obtenido del reciclaje del alginato dental, que en contacto con una fuente de agua continua se disuelva por completo, minimizando el trabajo del escultor y el riesgo de fractura de la pieza.
- 9 Aplicar los resultados obtenidos en los ensayos empíricos a obra escultórica.

## **Metodología.**

Es fundamental establecer una base de razonamiento que estructure los distintos capítulos de esta tesis, siendo esencial, la creación de un plan de trabajo que se adecúe a los distintos parámetros concernientes a la investigación artística. La metodología de esta investigación sigue los parámetros específicos de *Art-Based research practice* (Leavy, 2015), *The Routledge Companion to Research in the Arts* (Biggs and Karlsson, 2011) o *Art Practice as Research: inquiry in the visual arts* (Sullivan, 2010).

Esta metodología nos dará una conclusión razonada partiendo de principios teóricos y prácticos preestablecidos. Han sido muy útiles y necesarios los recursos bibliográficos, tanto en temática general como en el contexto de investigación a cerca de diversos materiales y sus aplicaciones como la escayola, el ácido algínico y distintos tipos de agentes químicos que condicionan la estructura molecular de los materiales. Además, los estudios y experiencias aportadas por otros autores, investigadores, profesionales y especialistas, cuya información ha sido puesta a nuestro alcance por medio de sus publicaciones, han servido para nutrir este trabajo. Toda la información recopilada que ha ayudado a posicionar esta investigación en un contexto químico-artístico es mencionada en notas a pie de página y en el correspondiente apartado de bibliografía.

Para proceder a la introducción y optimización de un producto derivado del alginato dental, es fundamental la práctica empírica, para la obtención de resultados tangibles y cuantificables partiendo de la experimentación de los materiales y examen de los resultados obtenidos, que hoy día, siguen dado lugar a respuestas satisfactorias.

**1. Procedencia, definición, composición  
y comportamiento del alginato.**

## **1.1. Ácido algínico. Descubrimiento, desarrollo y resultado de los primeros estudios.**

La atracción por el medio natural marino y su estudio ficológico nos hace retroceder al año 1883, cuando el químico escocés E.C.C. Stanford, pionero en la investigación de algas marinas, observó que la disolución de estas algas en carbonato sódico formaba una sustancia gelatinosa (Nussinovich, 1997). En ese momento Stanford estudiaba las posibles utilidades de ciertos componentes procedentes de las algas marinas de las costas británicas. Para ello, desarrolló un procedimiento de extracción alcalina que aplicado a esta materia viscosa procedente del alga actuó obteniendo una sustancia gelatinosa a la que llamó Algina.

Gracias a E.C.C. Stanford, los estudios relacionados con alginatos se han desarrollado y a día de hoy el gel coloidal se extrae a escala mundial generando múltiples beneficios económicos. Sin embargo, desde el año 1883 hasta la fecha, se han acometido incontables investigaciones para mejorar la calidad del producto y sobre todo, para conocer la composición química del ácido algínico, componente fundamental del alginato. En 1896, el científico Krefting, en uno de sus experimentos consiguió aislar por primera vez una molécula de ácido algínico y patentar el primer proceso de extracción del producto en estado puro (Domb, Kumar y Ezra, 2011). Fue en esta misma época, cuando se empezó a extender el uso de las algas marinas a todo tipo de ámbitos. Uno de sus usos a finales del siglo XIX fue como abono de cultivo debido al incremento de la población mundial.

Desde el descubrimiento del ácido algínico, se pensó que su composición principal se basaba en una unión de polímeros de ácido manurónico, aislado por primera vez en 1931 por los investigadores americanos William L. Nelson y Leonard H. Chester, demostrando además, la presencia de sulfatos en agrupaciones de éter mediante experimentos de extracción de fucoídina, otro tipo de polisacárido procedente de las algas pardas (Ale y Mayer, 2013, p. 8135).

La fórmula del ácido algínico tal y como hoy se conoce, fue propuesta en 1933 por los investigadores E. Schoffel y K. P. Link. Aunque hubo ciertas discusiones acerca de la veracidad de la fórmula, finalmente, J. B. Speakman y N. H. Chamberlain, determinaron en 1944 que la fórmula correcta era la propuesta por Schoffel y Link (*figura 1*), hecho que fue confirmado mediante una prueba de rayos X. La fórmula se aceptó

definitivamente en 1955, definiendo al ácido algínico como un polisacárido formado por ácido manurónico y la unión de ciertos residuos que forman cadenas lineales de 1-4 (Chapman y Chapman, 1980).

En ese mismo año, los investigadores alemanes F. G Fischer y H. Dorfel, demostraron la presencia de ácido gulurónico obtenido de la especie de alga marina *Laminaria* por medio de técnicas cromatográficas<sup>2</sup>. Esta sucesión de estudios reiteró, que el ácido algínico estaba constituido por dos monómeros, el ácido manurónico y el ácido gulurónico. Estos dos ácidos, pudieron ser separados mediante electroforesis<sup>3</sup>, demostrándose que estaban unidos a una misma cadena polimérica.

Entre los años 1966 y 1968, el científico noruego Arne Haug y sus colaboradores, expusieron que las moléculas de alginato contenían partes de homopolímeros separados en bloques de ácido gulurónico y bloques de ácido manurónico, y al mismo tiempo, porciones que alternaban residuos de estos dos ácidos que formaban otro tipo de cadena. Gracias a la interpretación molecular del ácido algínico, se pudo demostrar que la tercera cadena es una alternancia de ácido gulurónico y ácido manurónico. (Haug, Larsen y Smidsrod, 1966, p. 187).



*Figura 1.* Formula molecular del ácido algínico, propuesta por E. Schoffel y K. P. Link

Un alcohol es un compuesto donde el grupo (OH) va unido a un átomo de carbono. El grupo carboxilo (COOH) es una agrupación de compuestos funcionales dentro de la estructura molecular en la que todos convergen sobre el mismo carbono (C) (*figura 2*).

El Éter (-O-) es cada uno de los orgánicos, ya sean sólidos, líquidos o gaseosos, que contiene un átomo de oxígeno. En este caso, se trata de un éter cíclico (que se repite), ya que el átomo de oxígeno se une a dos átomos de carbono de una misma cadena (CO) (Química Orgánica, 2007).

---

<sup>2</sup> Método físico de análisis y separación de mezclas químicas complejas.

<sup>3</sup> Técnica empleada para la separación de macromoléculas.

<b>OH</b>	Grupo alcohol
<b>COOH</b>	Grupo carboxilo. (Ácido)
<b>-O-</b>	Éter

Tabla 1: Elementos presentes en la estructura molecular del ácido alginico.

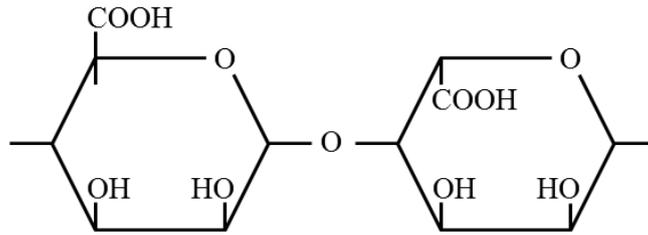


Figura 2. Estructura molecular del ácido alginico (Cajar *et al.* 2005, p. 44).

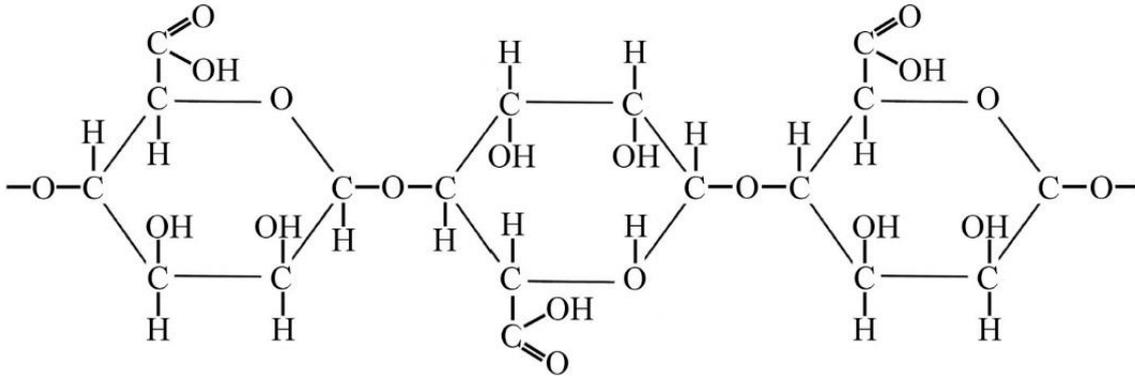


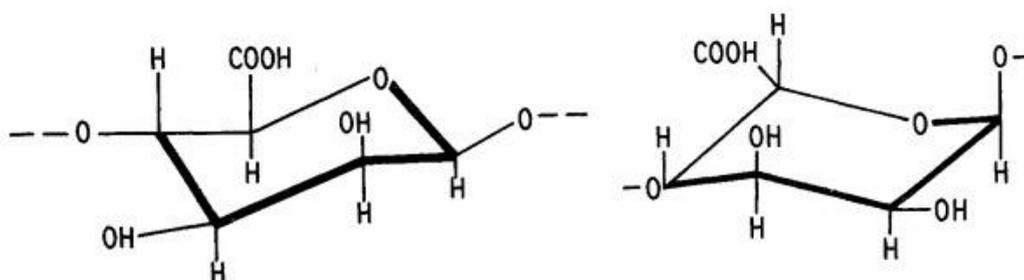
Figura 3: Formula desarrollada del ácido alginico. Esquema realizado a partir del modelo de desarrollo de Anusavice, Kennet J. (1996) *Philips Science of Dental Materials*. Saunders Elsevier: Missouri. p. 240

## 1.2. El alginato.

Los alginatos son sales derivadas del ácido algínico, obtenidas mediante extracción alcalina. En la actualidad, la composición del alginato se estudia y describe como un polímero constituido por cadenas monoméricas de ácido gulurónico y ácido manurónico en distintas proporciones (*figura 4*), según la especie de la que proceda el alga, definiéndose, como uno de los componentes elementales de las algas marinas pardas. Se trata de un polisacárido de cadena lineal  $\beta$ , 1-4. Posee estructura polimérica que en contacto con agua crea soluciones coloidales con distintas propiedades como la gelificación, viscosidad elevada o poder espesante. Estas características, junto con la adición de otros componentes químicos, lo convierten en un producto muy útil para diversas industrias como la alimentaria, farmacéutica, o textil (Molina, 1992). En su estado natural, se muestra como una mezcla de las sales de los cationes de calcio y magnesio, existentes en el interior del alga. En su composición se muestran el ácido manurónico y ácido gulurónico como componentes fundamentales (*tabla 2*).

<b>Ácido gulurónico</b>	<b>(-G-G-G-G-G-)</b>
<b>Ácido manurónico</b>	<b>(-M-M-M-M-M-)</b>
<b>Alternancia</b>	<b>(-G-M-G-M-G-M-)</b>

*Tabla 2:* Interpretación de las cadenas de ácidos gulurónico, manurónico y su alternancia.<sup>4</sup>



*Figura 4:* Representación en forma de silla<sup>5</sup>. Estructura de las unidades monoméricas del ácido algínico. Ácido manurónico y ácido gulurónico (Chapman y Chapman, 1980).

<sup>4</sup> La alternancia se define como una cadena que combina ambos ácidos.

<sup>5</sup> Nos referimos a “forma de silla” cuando se representa una estructura de conformación estable.



*Figura 5.* Esquemas de las estructuras monosacáridas de ácido manurónico y glucurónico propuestas por Dennis J. McHugh (McHugh, 1987).

Cada una de las esquinas de las estructuras hexagonales (hidrocarburo cíclico) es un carbono. El ácido manurónico y el ácido glucurónico coinciden en el mismo número de carbonos. Al unirse con un oxígeno, forman éter. Al ser un polisacárido, la unidad mínima se repite “n” veces. El hecho de que estas estructuras químicas presenten la misma forma y distinto orden, se debe a la estereoisomería. Los estereoisómeros, tienen la misma fórmula molecular y la misma secuencia atómica, pero diferente posición tridimensional de los átomos en el espacio (Acuña Arias, 2006).

### **1.3. Algas marinas pardas. Principal fuente de obtención de alginatos.**

Las algas marinas son la principal fuente de obtención de alginato. Aunque son muchas las especies de algas de donde se pueden extraer las sales de alginato, las más comunes son las algas de la clase Feofídeas (*Phaeophyceae*), más conocidas como algas marinas pardas. Estas algas pueden encontrarse en prácticamente la mayoría de costas y lechos marinos, abundando fundamentalmente en las costas de Estados Unidos, Reino Unido, Portugal o Nueva Zelanda (Inaturalist, 2016). Este tipo de algas pueden llegar a los 20 metros de longitud, formando grandes cantidades de bosques submarinos. Las algas marinas pardas deben su color a la ficofeína, un pigmento que se encuentra en este tipo de algas, resultado de la oxidación de distintos elementos que la componen (Vian, 1994, p. 694). Existen aproximadamente unas 1500 especies de algas marinas pardas descritas como macroalgas de gran tamaño que pueden habitar en zonas agitadas de los mares polares, Sudamérica y otras costas subantárticas. (Osorio, 2009, p. 3). Estas macroalgas también pueden encontrarse en las profundidades oceánicas.

Uno de los motivos del auge del estudio y extracción de estas algas, viene dado por su introducción en distintos ámbitos industriales, como la industria alimentaria, siendo Japón el primer país en utilizarla como complemento alimenticio, poseyendo además un gran valor medicinal (Peña Salamanca *et al*, 2005, p. 41). Estas algas también forman parte de ciertos ámbitos medicinales, ya que muchas de ellas son ricas en yodo. Aunque existe gran variedad de géneros de algas marinas pardas, las que se utilizan de forma más común para la extracción de ácido algínico son las del género *Ascophyllum*, *Fucus*, *Laminaria*, *Ecklonia* y *Macrocystis* (Molina, 1992, p. 2).

Las más importantes, con las que la industria de la extracción se ha desarrollado desde finales del siglo XX, son la *Laminaria*, *Macrocystis* y *Ascophyllum* (McHugh, 1987). Son muchas las investigaciones que demuestran que las algas marinas pardas son una fuente rica en alginato y que las propiedades del hidrocoloide varían en función de la especie del alga de la que se realice la extracción. La composición química de las algas puede variar según la especie y su actividad biológica. Del mismo modo, también influye el fondo marino, el oleaje y la temperatura del agua donde nacen y se desarrollan. Todos estos factores fundamentan la composición polisacárida de las paredes celulares del alga (Rabanal, 2015, p. 3).

### 1.3.1. Géneros de algas destinados a la producción de alginato.

#### *Laminaria.*

La *laminaria* (figura 6), es un género de macroalga de uso extendido en los países asiáticos como complemento alimenticio. Poseen un tallo largo con hojas grandes y planas. Son una fuente abundante de yodo, mucílago y bromuro. Además de ácido algínico, esta especie es rica en carragenina y agar. La *laminaria* procede principalmente de Japón, aunque su cultivo se ha extendido por todo el mundo. Hoy día las especies de laminarias son recolectadas en las costas de Escocia, Irlanda, Noruega, Francia, China, y Corea. Japón fue uno de los primeros países en utilizar las algas marinas como alimento, disparándose su demanda tanto en el propio territorio como en otros países a partir de la Segunda Guerra Mundial (FAO, 2004, p. 114). En Corea y Japón, su alto precio la convierte en una materia de sostenibilidad discutible para la producción de alginatos. Concretamente en Japón, las algas que no son apropiadas como alimento, son destinadas a la extracción de alginato. Desde que se dio esta situación, las industrias han estudiado distintos recursos para poder sostener esta práctica de manera satisfactoria.

Al contrario que Japón, China cultiva grandes cantidades de *laminaria* de la variedad Japónica, llegando a alcanzar el millón de toneladas anual. Dos tercios de esta cantidad se utilizan como alimento y el excedente para la extracción de alginato. La *laminaria hyperborea* es otra variedad de *laminaria* que crece en los lechos rocosos de las aguas en profundidades comprendidas entre 2 y 15 metros. Los estipes<sup>6</sup> que son arrastrados por las tormentas son recolectados en las costas de Francia, Noruega y Escocia. La *laminaria digitata* es una variedad que habitualmente es recolectada a mano cuando estas se muestran al bajar la marea. Esta práctica de recolección se da en Francia, Noruega y Escocia, pero las cantidades son muy inferiores en comparación con las recolecciones de *laminaria hyperborea*. En Francia, esta modalidad de cosecha se lleva a cabo utilizando pequeñas embarcaciones y maquinaria específica basada en sistemas de brazos neumáticos con ganchos que se introducen en el agua y arrastran las algas hasta la superficie (McHugh, 2003, p. 34).

---

<sup>6</sup> En botánica, más concretamente en ficología se refiere a la estructura de las algas. Es un soporte que contiene parte del alga y sus hojas.



Figura 6: Mandy Lindeberg. (2005) Isla de Kodiak, Alaska. *Macroalga del género laminaria*. Recuperada de <http://www.seaweedsfalaska.com/species.asp?SeaweedID=39> Fecha de consulta: 20/06/17 [En línea].

### ***Macrocystis.***

Otro género de alga importante para la extracción de ácido algínico es la *macrocystis* (figura 7), considerada por su magnitud, un alga gigante que puede alcanzar los 60 metros de longitud. Generalmente puede encontrarse en las costas del Pacífico de Norte América y en Central y Baja California, donde es cosechada para su uso. Estas algas pueden llegar a formar inmensos bosques frondosos en la superficie donde llevan a cabo la fotosíntesis. (Evangelista *et al.* 2007, p. 368). Esta alga nace a unos 25 metros de profundidad, bajo el manto boscoso del resto de algas que están en la superficie. La *macrocystis* posee un cuerpo ramificado con apariencia de raíz. Una de las variedades más comunes dentro de este género es la *macrocystis pyrifera*. Se estima que la cosecha de este género de alga puede producir alrededor de unas 150.000 toneladas anuales. La *macrocystis* no es un alga comestible. Las algas desprendidas de las rocas por fuerte oleaje son recogidas de la costa y usadas como abono para cultivos (McHugh, 2003, p. 35).

En el ámbito nutricional, la *macrocystis* es un alimento de pocas calorías y rico en sales minerales. Generalmente, la *macrocystis*, más concretamente de la variedad *pyrifera*, se utiliza para la extracción de alginato, siendo escasa su introducción como complemento alimentario. Estudios han demostrado que la *macrocystis* y la *ascophyllum*, mediante el tratamiento correspondiente para su extracción, pueden formar geles con una alta capacidad elástica y poca tendencia a la sinéresis y deformaciones (Cajar *et al.* 2005, p. 44).



Figura 7: Daniel Mosquin. (s.f.) California, USA Alga del género *macrocystis*. Recuperada de [http://cfb.unh.edu/phycokey/Choices/Fucophyceae/MACROCYSTIS/MacroCystis\\_Image\\_page.htm](http://cfb.unh.edu/phycokey/Choices/Fucophyceae/MACROCYSTIS/MacroCystis_Image_page.htm) Fecha de consulta: 20/06/17 [En línea].

### ***Ascophyllum.***

Dentro del género de las *ascophyllum*, es muy utilizada la variedad *ascophyllum nodosum* (figura 8). Nacen en zonas intermareales (nivel comprendido entre niveles de máximas y mínimas mareas), donde el agua tiene una baja temperatura. Al igual que la *laminaria* y la *macrocystis*, también posee gran tamaño. Esta variedad es un recurso económico muy importante para determinados países con costas en latitudes boreales. Como valor añadido, además de fuente de ácido algínico, tiene un gran poder fertilizante basado en un alto contenido en fósforo, potasio y nitrógeno. Este tipo de componentes acondicionan

el suelo para el crecimiento de vegetales, elevando los índices de germinación y haciendo la cosecha más resistente a las plagas (McHugh, 1991).

Estudios recientes han demostrado de la *ascophyllum nodosum* puede introducirse como herramienta para la absorción de metales pesados en el agua. Este hecho se debe a la composición bioquímica de sus paredes celulares (Pereira y Magalhaes, 2014, p. 214).

Han sido recolectadas a mano durante más de un siglo por Escocia e Irlanda. Habiéndose producido varios intentos de mecanización de recolecta, la mejor propuesta fue desarrollada por la productora *Protan*, en Noruega. Se trata de un mecanismo que consta de un apéndice a modo de tubo o manguera cuyo interior está compuesto por cuchillas que cortan las algas de gran diámetro. Las algas son bombeadas y acumuladas en una red. Este procedimiento también se lleva a cabo en determinadas zonas del sur de Nueva Escocia.



Figura 8: Malcolm Storey. (s.f.) Alga marina del género *Ascophyllum nodosum*. Recuperada de [http://www.inaturalist.org/guide\\_taxa/293100](http://www.inaturalist.org/guide_taxa/293100) Fecha de consulta: 20/06/17 [En línea].

## ***Fucus.***

La *fucus vesiculosus* (figura 9), posee hojas muy ramificadas que muestran pequeñas vesículas en las que se alojan pequeñas cantidades de nitrógeno, que hacen que el alga flote. Estas vesículas están a cada lado del nervio central de la planta y en el inicio de las ramificaciones. Estas algas se desarrollan en costas del Océano Atlántico, Groenlandia y Noruega hasta las Islas Azores, Gibraltar y el Mar Báltico. Es un alga perenne, llegando a medir un metro de longitud. La coloración de este género puede variar de amarillo a marrón o verde oscuro. En su composición química puede haber un 12% de algina o alginatos. Tiene un alto contenido en yodo en forma de sales minerales unido a proteínas y lípidos (Fonegra y Jiménez, 2007. p33).

Pueden hallarse adheridas a las rocas litorales o flotando en la superficie del mar. Estos tipos de algas pueden contener hasta un 40% de ácido algínico. Guarda una estrecha relación con la *ascopyllun*, siendo también un buen elemento de absorción de metales pesados. Además de ácido algínico, puede contener otros ácidos como el ascórbico, araquinódico, fucínico, láurico, mirístico, oleico y esteárico.



Figura 9: Anónima. (s.f.) Alga marina *Fucus vesiculosus*. Imagen recuperada de <http://www.biopharmacia.es/blog/fucus-un-alga-con-magnificas-propiedades/> Fecha de consulta: 25/06/17 [En línea].

### ***Lessonia.***

Otra de las especies que también son proclives a su recolección para la producción de alginatos son la *lessonia* (figura 10), cosechada en las costas de Chile después de ser desprendida a causa de las tormentas y los fuertes oleajes. Al igual que la *macrocystis*, los bosques intermareales que la *lessonia* genera, sirven de hábitat para diversas especies, gracias al ecosistema que generan. Los productores de alginato de Norte América las utilizan como suplemento para el alga *macrocystis*. La industria japonesa depende en parte de la importación del alga *lessonia*, siendo una de sus principales materias primas en cuanto a su uso en agricultura, extracción de alginatos y alimentación (Mchugh, 1987). Este tipo de alga es muy explotada gracias a que muestra una abundante cantidad de ácido algínico en su tallo (Cajar *et al*, 2004, pp. 9).



Figura 10: Luis Rivera. (2008) La Pampilla, Chile. Alga *Lessonia nigrescens*. Recuperada de <https://www.flickr.com/photos/luisriverav/3319814891/in/photostream/> Fecha de consulta: 25/06/17 [En línea].

## **Ecklonia.**

Otro ejemplo es la *ecklonia* (figura 11), recolectada por Japón y Corea a más de 20 metros de profundidad. Gran parte de los bosques frondosos formados por la *ecklonia*, están constituidos por pequeños tallos esponjosos y flexibles. Por su composición, presentan mayor actividad biológica que otras algas, siendo muy utilizada en la medicina tradicional. Además de un recurso de extracción de alginato, es una fuente muy rica de florotanino<sup>7</sup> (Jung *et al.* 2009, p. 411).



Figura 11: Anónima. (s.f.) Alga *Ecklonia cava*. Recuperada de <https://www.drosophila.es/especie-del-dia/algas/> Fecha de consulta: 28/06/17 [En línea].

---

<sup>7</sup> Los florotaninos son compuestos orgánicos secundarios producidos en las paredes de las algas marinas pardas, generalmente utilizados en la industria médica, farmacéutica y alimentaria. Esta producción de compuestos orgánicos puede ocupar hasta un 15% del peso total del alga (Cebib, 2015).

## **1.4. Procesos de extracción del alginato.**

### **1.4.1. Primeras extracciones.**

Cuando Stanford describió por primera vez el ácido algínico, se iniciaron grandes avances científicos para idear métodos de extracción eficientes. Las características de este producto estimularon ciertos progresos tecnológicos de extracción de flora marina, que continuaron perfeccionándose por medio de transformaciones procesuales para la obtención de materias primas de más pureza.

Dentro del ámbito nacional, en la década de 1920, el laboratorio de química del IEO (Instituto Español de Oceanografía) era responsable en España del estudio de los componentes químicos de las macroalgas para su uso industrial. El químico José Girar Pereira estuvo al cargo de estas investigaciones, como jefe de sección en el laboratorio químico del IEO entre 1921 y 1927. Estos estudios se centraban en el análisis de estas sustancias y en sus procedimientos de extracción. (Dosil, 2007). Girar continuó remarcando en diversos artículos la utilidad de las algas marinas para la obtención de yodo, sales de potasio, ácido algínico o kombú, productos que empresas extranjeras ya explotaban. En su artículo *Estudios sobre las algas españolas. La algina*, expuso los resultados más importantes acerca de sus análisis sobre la composición y extracción del ácido algínico, llevando a cabo una variación del método original que E.C.C. Stanford ideó en el año 1883. Este artículo se sumó a otros importantes estudios y descubrimientos de esta sustancia, pues la composición química del ácido algínico aún estaba oculta para la ciencia. La dificultad del estudio de esta sustancia estaba en la imposibilidad de poder obtenerla en estado puro. El método de Girar consistía en un ablandamiento del alga sumergida en ácido clorhídrico; después se procedía a la eliminación de los elementos solubles del precipitado. Como resultado se obtenía una materia pulverulenta a la que se le añadía un álcali, consiguiendo una sustancia espesa cuyo principal constituyente era el alginato de sodio. Este proceso es invertido al de Stanford, que partía del resultado de la reacción del ácido algínico con una base. El resultado se filtraba para separarlo de los elementos celulósicos para después, ser precipitado con un ácido. (Dosil, 2007).

Dennis J. McHugh (1987), describió un proceso en el que la dificultad residía en la clasificación física de filtrado para la separación de sustancias precipitadas (*figura 12*).

De este modo, la extracción de alginato de sodio procedente de las algas pardas se clasificaba en dos categorías. En la primera, las principales sustancias que intervenían en el proceso eran el alginato de calcio y el ácido algínico. En la segunda únicamente intervenía el ácido algínico sin formación alguna de alginato de calcio.

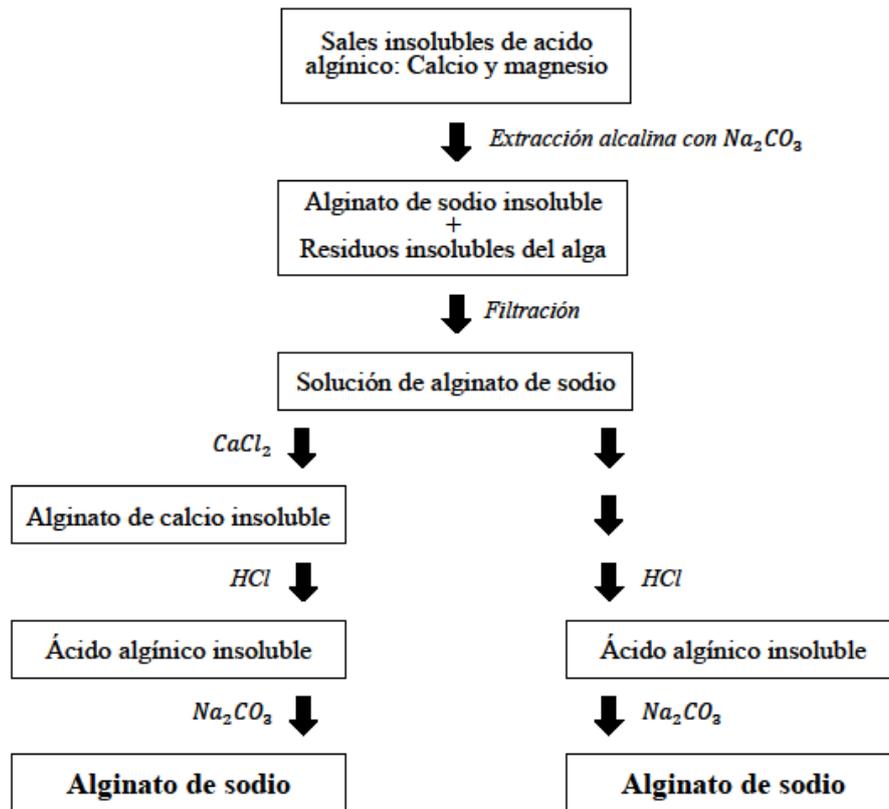


Figura 12. Esquema del proceso de extracción de alginato de sodio. (McHugh, 1987).

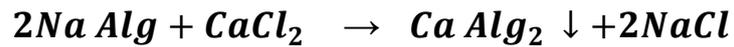
La ventaja de la primera categoría está en que el alginato de calcio permite ser precipitado en forma de fibras, que pueden separarse fácilmente para convertirlas en ácido algínico. Otra ventaja de este proceso es, que el alginato de calcio puede extraerse de la última fase de producción de alginato de sodio. Este proceso ofrece otro método de control de viscosidad, ya que el calcio es el elemento que más influye en esta característica. La segunda categoría prescinde del proceso de formación de alginato de calcio, poniendo de manifiesto una desventaja. Cuando el ácido algínico es precipitado, obtenemos una sustancia de aspecto gelatinoso difícil de separar, perdiendo gran cantidad de ácido algínico. Los fluidos que se extraen de la estructura del ácido algínico, contienen gran parte de este mismo ácido, por lo que se introduce alcohol a modo de solvente para convertirlo en alginato de sodio.

De acuerdo con la gran cantidad de autores que investigaron acerca de los procesos de extracción y sus optimizaciones, se llegó a la conclusión de que se puede transformar el alginato de calcio en ácido algínico con la ayuda del álcali adecuado. El primer investigador que pudo dar una explicación científica acerca de este tipo de procesos fue Arne Haug en 1964. Haug aseguró que el alginato se mostraba como una sal insoluble debido a que su catión principal es el calcio. Este dato le llevó a considerar que la extracción del alginato debía hacerse en dos pasos transformando el alginato insoluble, en una sustancia soluble dentro de la composición. Propuso que esta transformación podría ser conveniente para llevar a cabo la conversión del alginato en ácido algínico, seguido de su neutralización con una sal de sodio (Hernández Carmona *et al*, 1998, p. 508).



seguir eliminando materias insolubles como distintas sales y poder obtener un producto más puro por medio del filtrado.

- 4 Precipitación de alginato de calcio. En esta fase se prepara una solución de cloruro cálcico ( $CaCl_2$ ) al 10% del total y se vierte sobre el alginato de sodio obtenido como resultado la lixiviación<sup>8</sup> del material. En la reacción de precipitación se obtiene una suspensión de alginato de calcio.



- 5 Transformación del alginato de calcio en ácido algínico. La fibra obtenida del alginato de calcio se suspende en una determinada cantidad de agua descalcificada a la que se le añade la solución de ácido clorhídrico ( $HCl$ ) hasta obtener un  $pH \leq 2$ , obteniendo la transformación de alginato de calcio a ácido algínico insoluble.

---

<sup>8</sup> Extracción de materia soluble por medio de la adición de un disolvente en estado líquido.

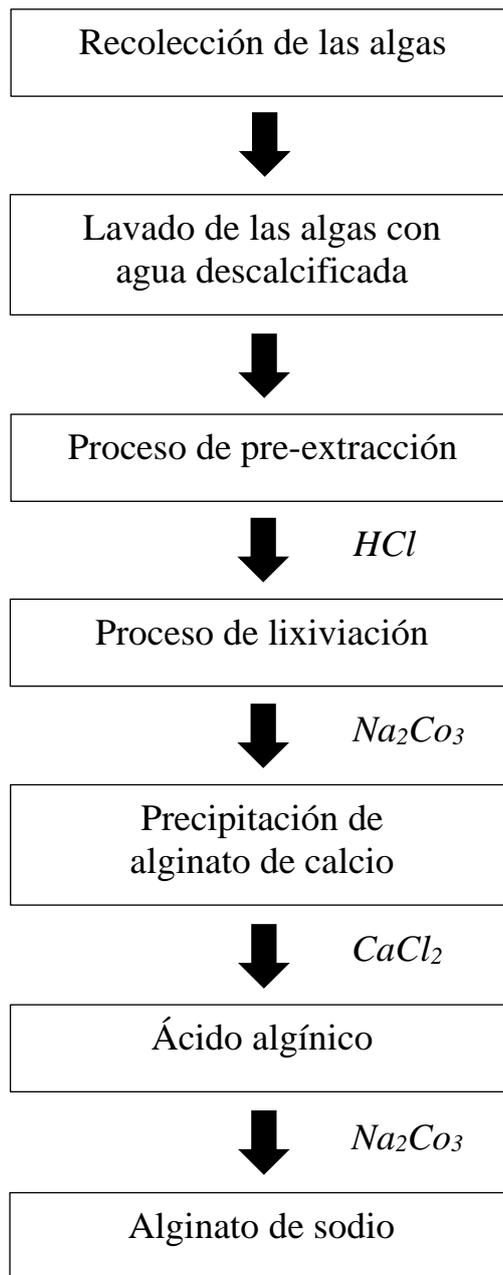


Figura 13. Esquema de las fases de extracción (Mesa Pérez *et al.* 1998).

### 1.4.3. Transformación del ácido algínico en una sal de alginato.

Las fibras de ácido algínico obtenidas en la etapa 5 (Transformación de alginato de calcio en ácido algínico), se convierten en alginato de sodio soluble por medio de la adición de un álcali, carbonato sódico ( $Na_2CO_3$ ) obteniendo valores de pH próximos a 7. Al igual que el alginato de sodio se obtiene de la reacción del ácido algínico con una base de carbonato sódico ( $Na_2CO_3$ ), según María Jose Molina Rubio, en su tesis doctoral *Estudio de la estabilidad térmica del alginato y derivadas en diversas atmosferas*, con este proceso o similar se pueden obtener distintos tipos de alginatos con la base oportuna, a los cuales hemos añadido su fórmula correspondiente (Molina Rubio, 1992):

- Alginato de sodio  $(C_6H_7O_6Na)_n$
- Alginato de potasio  $(C_6H_7O_6K)_n$
- Alginato de magnesio  $[(C_6H_7O_6)_2Mg]_n$
- Alginato de calcio  $[(C_6H_7O_6)_2Ca]_n$
- Alginato de aluminio  $[(C_6H_7O_6)_3Al]_n$
- Alginato de zinc  $[(C_6H_7O_6)_2Zn]_n$
- Alginato de cobre (II)  $[(C_6H_7O_6)_2Cu]_n$
- Alginato de cromo  $[(C_6H_7O_6)_6Cr]_n$
- Alginato de hierro (III) y (II)  $[(C_6H_7O_6)_3Fe]_n$  y  $[(C_6H_7O_6)_2Fe]_n$
- Alginato de plata  $(C_6H_7O_6Ag)_n$
- Alginato de propilenglicol  $(C_6H_7O_6C_3H_7O)_n$
- Alginato de trietanolamina  $(C_6H_7O_6C_6H_{15}O_3N)_n$
- Alginato de manganeso (II)  $[(C_6H_7O_6)_2Mn]_n$
- Alginato de vanadio (IV)  $[(C_6H_7O_6)_4V]_n$
- Alginato de níquel (II)  $[(C_6H_7O_6)_2Ni]_n$
- Alginato de aluminio (III)  $(C_6H_7O_6)_3Al$
- Alginato de amonio  $(C_6H_7O_6NH_4)_n$
- Alginato de litio  $(C_6H_7O_6Li)_n$

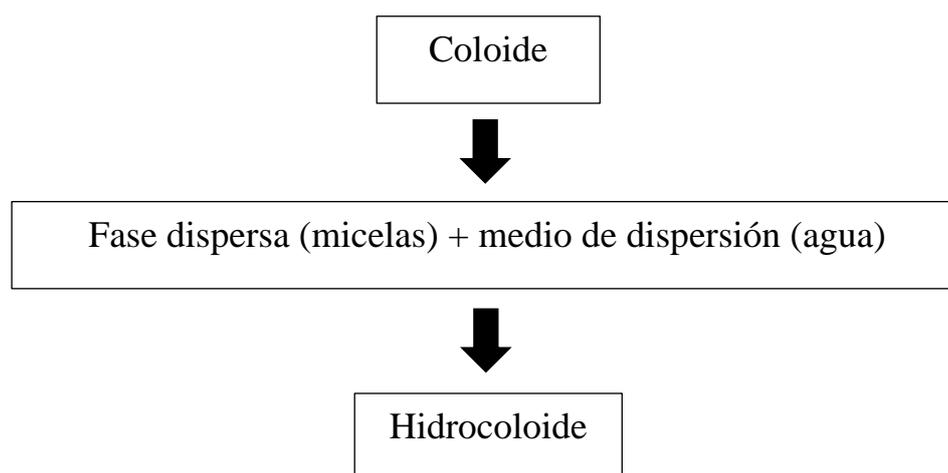
Habiendo concluido estos procesos, los productos resultantes son seleccionados, secados y molidos según se requiera.

En lugar de producir alginatos de una viscosidad elevada, se producen alginatos de viscosidad media o baja, debido a que esta propiedad puede perderse o deteriorarse durante el tiempo de almacenaje mientras se produce su extracción. Se añaden iones calcio para obtener la viscosidad que se desee según lo requiera el caso.

## 1.5. Formaciones coloidales y sus propiedades

Los hidrocoloides son polímeros de peso molecular alto, que al mezclarse en agua u otro medio de dispersión líquido forma una solución viscosa. La comercialización de hidrocoloides contribuye de manera significativa a la industria farmacéutica y cosmética, generando millones de dólares anuales, sobre todo en países tropicales (Moss y Doty, 1987, p. 6). Al definir el alginato como un hidrocoloide, nos referimos a una composición microscópica que, según el tamaño de sus partículas, está comprendido entre una solución<sup>9</sup> y una dispersión. La solución coloidal recibe el nombre de SOL<sup>10</sup>. Las partículas coloidales se denominan micelas. Una solución coloidal está formada por una fase dispersa y un medio de dispersión. Si el medio de dispersión es agua, recibe el nombre de hidrosol (Gutiérrez, 1985, p. 191).

En el caso de que la superficie de la micela (fase dispersa), se adhiera al medio de dispersión, el coloide recibe el nombre de Liófilo (atracción a los líquidos). Por el contrario, si existe una repulsión a los líquidos, el coloide se denomina liófilo. En la mayoría de los casos en los que se utiliza el alginato para la formación de gel se utiliza el agua como medio de dispersión. Es en este caso cuando se denominan coloides hidrófilos (*figura 14*), e hidrófobos en el caso contrario.



*Figura 14:* Esquema de formación del hidrocoloide

<sup>9</sup> El tamaño de las partículas coloidales es mayor que las partículas que forman una disolución.

<sup>10</sup> Nos referimos a sol cuando se produce una suspensión estable de partículas coloidales sólidas en un medio líquido que por agitación se transforma en un gel.

Las soluciones coloidales poseen las siguientes propiedades (Gutiérrez, 1985, p. 192):

### **Propiedades eléctricas.**

La unión producida por los iones en la superficie de las micelas hace que estas contengan carga eléctrica. En algunos casos la carga eléctrica procede de electrolitos presentes en el medio de dispersión. Aunque fundamentalmente, la capa eléctrica depende de la naturaleza del coloide y de los iones que haya en el medio en el que se desarrolla.

### **Propiedades ópticas.**

A través de microscopio iluminado con luz rasante, los coloides tienen la capacidad de dispersar la luz, si se trata de una disolución, viéndose el campo de visión completamente negro.

### **Sedimentación coloidal.**

Al contrario que las soluciones normales, los coloides no sedimentan, estableciendo un equilibrio entre la concentración de partículas del medio y la altura que este posea.

### **Viscosidad.**

Una de las características que los coloides liófilos presentan es la viscosidad. Este hecho es debido a la alta hidratación que las micelas de los coloides liófilos reciben en un medio líquido, aumentando la resistencia al desplazamiento de la solución coloidal.

Otras características propias de los hidrocoloides es su poder espesante, por ejemplo, determinadas gomas destinadas a alimentación (*tabla 3*). La capacidad de formar geles es otra cualidad que va unida a las propiedades tixotrópicas y al grado de viscosidad que la materia pueda alcanzar. Estas cualidades son inherentes a los procesos químicos del alginato y a sus fases de trabajo. También hay que mencionar, que ciertos coloides gozan de la facilidad para formar geles por enfriamiento, reteniendo la totalidad del agua de la solución coloidal.

Los hidrocoloides pueden ser solubles a baja temperatura, sin embargo, ciertos tipos de hidrocoloides requieren de tratamientos térmicos para su solubilización. (Lupo, 2014, p. 21).

Ácido algínico	(E-400)
Alginato de sodio	(E-401)
Alginato de potasio	(E-402)
Alginato de amonio	(E-403)
Alginato de calcio	(E-404)
Goma guar	(E-412)
Goma arábica	(E-414)
Goma xantana	(E-415)

*Tabla 3:* hidrocoloides solubles sin tratamiento térmico

Por el contrario, el agar (E-406), la pectina (E-440), la carragenina (E-407) o la goma garrofín (E-410), sí precisan de un aumento de la temperatura para activar sus propiedades de gelificación y viscosidad.

En esta investigación se procesa el desecho de un Hidrocoloide irreversible, denominado de esta manera debido a que no puede volver a su estado SOL, a consecuencia de un fraguado químico.

## 1.6. Alginatos comerciales.

El alginato es definido como una sustancia gelificante, actualmente muy utilizada en diversas industrias gracias a sus múltiples propiedades. Se trata de un hidrocoloide irreversible que en contacto con el agua gelifica, dando lugar a la activación de propiedades tales como la viscosidad o la tixotropía

Extraídas las sales fundamentales de su composición, se añaden porcentajes determinados de ciertos componentes químicos (*tabla 4*). Los componentes químicos, junto con las sales de alginato, forman el compuesto comercial que podemos adquirir con el nombre de alginato. Aunque poseamos información detallada acerca del proceso de obtención y de los componentes de los que consta el hidrocoloide, las principales productoras se reservan determinados tratamientos que mejoran las características del alginato comercial. Sin embargo, podemos encontrar tablas genéricas publicadas cuyos componentes y porcentajes coinciden de manera exacta. Cada compañía productora de alginatos posee su fórmula para la creación de un alginato, diferenciando su producto del de otras marcas, ya sea por sus propiedades gelificantes, sus tiempos de trabajo, coloración o aroma.

<b>Componente</b>	<b>Función</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>Alginato de sodio</b>	Sal soluble	15%
<b>Sulfato de calcio</b>	Agente reactivo	16%
<b>Óxido de zinc</b>	Materia de relleno	4%
<b>Fluoruro potásico</b>	Acelerante	3%
<b>Tierras diatomeas</b>	Materia de relleno	60%
<b>Fosfato de sodio</b>	Retardante	2%

*Tabla 4:* Listado de componentes del alginato comercial destinado a la obtención de modelos bucales en odontología (Anusavice, 1996, p. 240).

El alginato comercial está constituido por ácido algínico y alguna de sus sales solubles tal y como se muestra en la tabla de componentes (Sodio, potasio, amonio, propilenglicol). Sus propiedades lo hacen un producto polivalente, sobre todo en procesos

que requieren agentes suspensores o gelificantes. El comportamiento de este fluido puede modificarse con factores basados en la variabilidad o en la cantidad de sales de alginato que haya en su composición, su grado de polimerización o la velocidad de agitación que se aplique para realizar la mezcla con el agua.

Dentro de su composición comercial, el alginato de sodio es una de las sales solubles procedentes del ácido algínico que actúa como agente reactivo. En el conjunto de materias que forman el alginato, es fundamental, la presencia de elementos solubles que ofrezcan cambios en su estructura interna para la correcta consecución de fenómenos químicos que se producen en contacto con un agente reactivo externo (agua).

El sulfato de calcio también actúa como agente reactivo dentro de la estructura del alginato comercial. Transforma el SOL en un gel. Podemos encontrarlo como anhidrita o yeso. Este componente está presente en la naturaleza, siendo utilizado en gran cantidad de aplicaciones. El calcio es un ion muy utilizado en la fabricación de alginatos. Estos iones se liberan en la fase de gelificación (Moreno, 2010, p. 28).

El óxido de zinc, de aspecto blanquecino, es comúnmente utilizado como aglutinante o pigmento. Su introducción en la composición del alginato cumple la función de materia de relleno. El zinc es un material introducido en muchos sectores industriales. Su utilización, comprende desde la producción de pinturas, tintas de imprenta o cosméticos, hasta la galvanización del acero.

El fluoruro potásico es un compuesto químico de uso común en la industria. Su cometido es acelerar los procesos químicos internos del alginato. Aunque en estado natural o liberado, puede ser elevadamente tóxico, unido a los elementos que completan esta composición, no presenta ningún riesgo (Arnaiz García, 2014).

Las tierras diatomeas comprenden una materia que en estado natural se presenta como un depósito de sílice poroso y quebradizo formado a partir de diatomeas (Klein y Hurlbut, 1997, p. 644). Las tierras diatomeas son restos algas unicelulares cuyo cuerpo está constituido por una fina valva de sílice hidratada. Las algas diatomeas pueden reproducirse de manera asexual a partir de una mitosis celular o de manera sexual cuando alcanzan su máximo tamaño. Al morir, se desprenden de su valva silíceas, que se precipita hasta el fondo del sistema en el que habitan. Estas valvas silíceas, acumuladas durante millones de años, forman un tipo de roca sedimentaria llamada diatomita, que en forma

de sedimento unificado recibe el nombre de tierras diatomeas. Se utilizan dentro de la composición del alginato para dar firmeza al gel, aumentando su viscosidad (Campbell y Reece, 2007, p 559).

Las tierras diatomeas también pueden ser denominadas harina fósil, una sustancia compuesta por esqueletos de diatomeas y otro tipo de microorganismos conteniendo alrededor de un 90% de sílice. En este caso, la harina fósil, es utilizada como agente humectante para la reducción de polvo respirable junto con otros componentes que constituyen la composición de ciertos alginatos.

El fosfato de sodio es un elemento muy presente en la industria alimentaria, apareciendo como E 339. Esta numeración pertenece al ortofosfato de sodio, que se refiere a su vez, a las diferentes sales de sodio como el fosfato monosódico, fosfato disódico, fosfato trisódico o bifosfato de sodio. El fosfato de sodio es el componente encargado de controlar los tiempos de los estados de la materia, como el tiempo de trabajo o el tiempo de fraguado, regulando la reacción química producida por el contacto entre sulfato cálcico y alginato.

Existen determinados productos, añadidos a modo de acelerantes que contribuyen a la disolución de las materias solubles. El bisulfato de sodio, es una de estas materias que solubilizan las sales solubles de la composición de ciertos alginatos. Además de estos componentes, también tiene otro tipo de añadidos como colorantes, aromas, agentes saporíferos, sustancias antisépticas y en algunos casos, indicadores de fraguado.

## 1.7. Principales propiedades de los alginatos

El alginato comercial, se concibe como una mezcla de agua y polvo, cuya combinación homogénea, forma un gel que engloba otras propiedades procedentes de esta misma como la viscosidad y la tixotropía. Estas convierten al alginato en una sustancia espesante, otra propiedad que, junto a su poder conservante, lo convierten en una materia apta para ciertos tipos de alimentos.

### Formación de geles.

Gracias a su naturaleza coloidal, los alginatos tienen la capacidad de formar geles en contacto con agua. El gel en formación será más estable a medida que el porcentaje de ácido gulurónico aumente (Villa, 2013, p. 11).

### Viscosidad

Todas las características del alginato circundan en torno a su viscosidad, siendo la característica más importante. El resto de características puede variar en función del peso molecular de sus componentes, de manera que, a mayor peso molecular, más viscosidad presentará el gel. Gracias a esta característica, el alginato tiene la capacidad de deslizarse lentamente sobre la superficie en la que se aplica. La viscosidad es una propiedad que depende directamente de la cantidad de ácido manurónico y ácido gulurónico que contenga el ácido algínico en su cadena molecular. Estos dos ácidos son los responsables de que se produzca el proceso de gelificación. La cantidad o secuencia de ácido manurónico y ácido gulurónico también depende directamente del alga<sup>11</sup> marina de donde se extraiga el alginato (Steinbüchel y Rhee 2005, p5).

### Tixotropía

La tixotropía es la propiedad por la cual, este material es un perfecto mucostático. Esta propiedad se basa en la capacidad que tienen ciertos fluidos de incrementar su viscosidad a medida que el movimiento que se ejerce sobre ellos aumenta. A mayor movimiento o agitación, más resistencia ofrecerá el fluido, debido al aumento de su viscosidad. Al cesar

---

<sup>11</sup> El alginato se extrae de las algas marinas pardas, tanto de aguas tropicales como de aguas frías. La gran mayoría de componentes fundamentales, como el ácido algínico, se encuentran en las paredes celulares del alga. Las almas más utilizadas para la extracción de alginato son las *especies ascophyllum, fucus, laminaria, ecklonia* y *macrocystis* (McHugh, 2003).

el movimiento, el fluido ofrece menos resistencia. Esta propiedad, lo hace un producto idóneo para la odontología, en la producción de modelos de estudio de zonas de difícil acceso, como el paladar de la boca de un paciente.

### **Elasticidad**

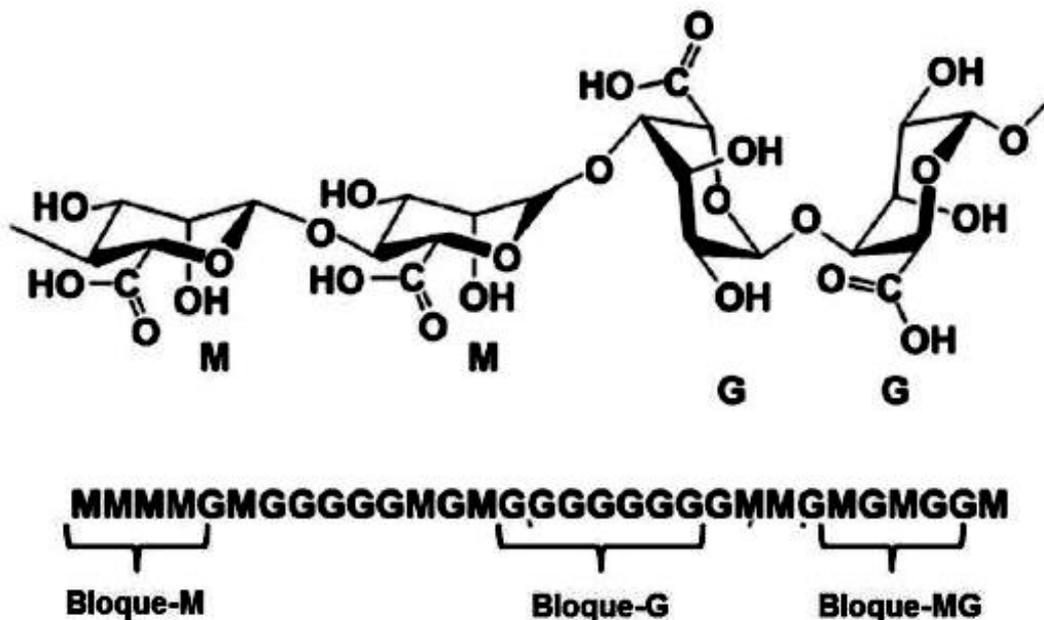
El alginato tiene ciertas propiedades elásticas cuando su gel ha fraguado. Esta propiedad nos permite manipularlo ejerciendo fuerzas de intensidad leve, pudiendo recuperar su forma. Pero, aunque los hidrocoloides muestren propiedades elásticas, no podemos clasificarlos como una materia elastómera. Es importante definir de manera exacta esta característica ya que al igual que los elastómeros, los hidrocoloides o coloides, son polímeros formados por macromoléculas. No obstante, los elastómeros poseen las siguientes propiedades (Bilurbina y Liesa, 1990):

- 1 Deben estirarse rápida y considerablemente pudiendo realizar amplios alargamientos comprendidos entre el 500% y el 1000% de su forma inicial.
- 2 Deben contraerse rápidamente.
- 3 Deben recuperar su magnitud inicial al dejar de estar sometidos a algún tipo de tensión.

Los hidrocoloides son incompatibles con este tipo de fuerzas ya que no tienen ninguna de estas propiedades que les permita ejercer la resistencia necesaria. El alginato, según los estudios publicados, tiene un 99% de memoria elástica. Ese porcentaje no es suficiente como para que un fragmento de gel fraguado recupere su forma después de aplicarle algún tipo de fuerza. Al recibir alguna de estas fuerzas, quebraría.

## 1.8. Proceso de gelificación del alginato.

El proceso de gelificación del alginato está intrínsecamente relacionado con la presencia del ácido manurónico y el ácido gulurónico. La composición de ácidos M/G (Manurónico/Ganurónico) puede variar según la naturaleza del polisacárido y el alga de donde se extraiga. (Avendaño, López y Palou, 2013, pp. 89, 91, 92). La formación de gel comienza a partir de la solución de una sal de alginato y una parte de calcio. El proceso de gelificación consta de homopolímeros de bloques G (GG) llamados también poligulurónicos y bloques M (MM) del mismo modo denominados polimanurónicos y heteropolímeros que combinan los bloques G y M (GMGM) (*figura 15*). Las sales de ácido algínico (alginatos) están compuestas por los tres bloques M, G y MG.



*Figura 15:* Estructura polimérica del alginato. Bloques de monómeros que constituyen el polímero de alginato. Bloque M (ácido manurónico), bloque G (ácido gulurónico) y bloque de alternancia MG. (Pawar, y Edgar, 2012). Extraído de (Lupo Pasin, 2014, p. 22).

Al alinearse dos cadenas del bloque G, quedan huecos entre ellas donde se introduce el ion calcio. Se trata de zonas de unión intermolecular. Este ion se introduce uniendo las cadenas paralelas. El ion calcio presenta una gran reactividad al unirse con los bloques (GG). En la (*tabla 5*) se muestran la composición y los parámetros de secuencia de ácido gulurónico y ácido manurónico de las principales algas productoras de alginato.

Fuente: <i>Algas feofíceas</i> (pardas)	FG	FM	FGG	FMM	FGMMG
<i>Laminaria japonica</i>	0.35	0.65	0.18	0.48	0.17
<i>Laminaria digitata</i>	0.41	0.59	0.25	0.43	0.16
<i>Laminaria hyperborea</i> (hoja)	0.55	0.45	0.38	0.28	0.17
<i>Laminaria hyperborea</i> (tallo)	0.68	0.32	0.56	0.20	0.12
<i>Laminaria hyperborea</i> (corteza externa)	0.75	0.25	0.66	0.16	0.09
<i>Lessonia nigrescens</i>	0.38	0.62	0.19	0.43	0.19
<i>Ecklonia máxima</i>	0.45	0.55	0.22	0.32	0.32
<i>Macrocystis pyrifera</i>	0.39	0.61	0.16	0.38	0.23
<i>Durvillea antarctica</i>	0.29	0.71	0.15	0.57	0.14
<i>Ascophillum nodosum</i> , (tejido joven)	0.10	0.90	0.04	0.84	0.06
<i>Ascophillum nodosum</i> , (tejido maduro)	0.36	0.64	0.16	0.44	0.20

Tabla 5: Fracciones representadas en tanto por 1, siendo FG y FM, la cantidad de cada uno de los monómeros. FGG, FMM y FGMMG hacen referencia a los tres posibles tipos de enlace glicosídico entre los dos monómeros y la fracción correspondiente a cada uno de ellos. Datos obtenidos a partir de RMN resonancia magnética nuclear (Steinbüchel y Rhee 2005, p.5).

Estos parámetros presentarán variabilidades en función de la estación del año, el estado del alga y sus condiciones de crecimiento. Todas las propiedades que los alginatos presentan, incluyendo su gelificación, dependen de las proporciones de estos tres tipos de bloques que aparecen en la tabla (Haug, 1964).

### **1.8.1. Factores influyentes en el proceso de gelificación del alginato.**

Además de la especie de alga de la que se extraiga el alginato, existen factores determinantes que influyen de manera directa en el proceso de gelificación (Bello Gutiérrez, 2014, p. 99):

- 1 Los alginatos ricos en ácido gulurónico, forman geles más quebradizos que los alginatos que tienen mayor concentración de ácido manurónico, que ofrecen geles más flexibles. Este factor químico-estructural influye directamente en la viscosidad del producto.
- 2 La concentración de sales de alginato puede determinar de manera notoria el poder de gelificación del compuesto.
- 3 La gelificación es mayor con la transformación de alginato de sodio soluble en alginato de calcio insoluble. Es necesaria la presencia de materia soluble para activar el proceso de gelificación.
- 4 Los niveles de pH también son determinantes para un correcto proceso de gelificación debido a que una acidez excesiva puede provocar un proceso de sinéresis en la materia.
- 5 La temperatura puede provocar gran cantidad de variaciones en el proceso de gelificación. Las temperaturas elevadas contribuyen a la solubilidad de los componentes, acelerando su gelificación y endurecimiento. No es recomendable someter a los alginatos a temperaturas elevadas durante largos periodos de tiempo. Unas condiciones de temperaturas elevadas, acompañadas de niveles de pH ácidos, provocan una despolimerización molecular del gel y la pérdida de su fuerza. Sin embargo, la baja temperatura atenúa el proceso de fraguado, prolongando su fase en estado gel, independientemente de la acidez del pH o la cantidad de ácido gulurónico o manurónico que el alginato contenga. Este contraste térmico puede observarse en los alginatos cromáticos comerciales, en

los que el proceso de gelificación va acompañado de un cambio simultáneo de color.

- 6 El proceso de gelificación también puede verse influenciado por los reactivos que acompañan a las sales de alginato. La fórmula comercial que conocemos, además de otro tipo de fórmulas similares que podemos tener a nuestra disposición, constan de componentes en forma de polvo, que acompañan a las sales de alginato dentro de la composición. Muestra de ello son los sulfatos y los fosfatos que pueden presentar distintos niveles de hidratación. Estas partículas deben estar perfectamente distribuidas para ofrecer una buena solubilidad. Favorablemente, los alginatos comerciales están adaptados a las necesidades de un correcto proceso de gelificación.
  
- 7 Como se ha referido con anterioridad, la flexibilidad o la rigidez del gel son características que vienen dadas, dependiendo de la cantidad de ácido gulurónico. Si en la estructura hay mayor número de bloques G, el gel resultante es más compacto y frágil. Por el contrario, si hay un número superior de bloques M, el gel presentará mayor suavidad y elasticidad.

## 1.9. Toxicidad de la materia.

Una de las principales características del alginato es su no toxicidad, razón por la que ha sido introducido en campos como la medicina o la alimentación. Son muchos los estudios de toxicidad que se han realizado y no ha habido indicios por los cuales, esta materia pudiera suponer un peligro potencial para la salud, dentro de las normas de uso establecidas. Estos estudios se han llevado a cabo en ratas y otros animales, a los que se ha administrado distintas cantidades de alginato. También, se han realizado pruebas en humanos para buscar algún tipo de peligro como irritaciones en la piel u otras mucosas, problemas gastrointestinales o marcadores cancerígenos (Molina Rubio, 1992).

Los resultados de las pruebas indican que el alginato alimentario, es apto para consumo humano, poniendo de manifiesto su baja toxicidad. Aunque se consuma de manera habitual formando parte de la composición de algunos productos alimenticios, es recomendable no abusar de este tipo de sustancias, dado que podrían provocar problemas intestinales. Para los animales puede ser muy tóxico (dependiendo de la dosis administrada y de manera continuada).

Aunque ingerir una pequeña porción de alginato destinado a impresiones dentales carece de importancia para nuestra salud, bien es cierto que hay que hacer una importante distinción entre los alginatos alimentarios y los que son especiales para actividades de moldeo. Entre los alginatos empleados para realizar moldes, también podemos distinguir entre los alginatos dentales, que aunque no son comestibles, no contienen componentes que pudieran ocasionar algún tipo de trastorno. Por el contrario, los alginatos empleados en labores artísticas, sí pueden poseer otro tipo de componentes no adecuados para nuestra salud, como colorantes, aglutinantes o retardantes.

En raras ocasiones, puede ser un producto agresivo en contacto con la piel o mucosas de aquellas personas que sean alérgicas a los fluorotitanatos. Los fluorotitanatos son mezclas de carbonato de potasio y ácido fluorhídrico que solubiliza en agua caliente. Se recomienda lavar la zona de contacto inmediatamente en caso de alergia. También puede haber sujetos sensibles a los polivinilsiloxanos<sup>12</sup>. Estaríamos refiriéndonos a una dermatitis por contacto que ocasiona microvesículas y enrojecimientos en la piel.

---

<sup>12</sup> Materiales de impresión por contacto para la realización de prótesis bucales.

Hay que evitar la inhalación del producto. Los alginatos comerciales de buena calidad, contienen en su composición agentes humectantes que reducen la formación de polvo respirable. No obstante, en caso de inhalación, podría producirse irritación, sequedad o picor en el caso de tener alguna de las alergias mencionadas.

## **2. Introducción, usos y aplicaciones del alginato en la industria.**

## 2.1. Antecedentes.

El descubrimiento y expansión del hidrocoloide, comprende desde finales del siglo XIX hasta la fecha. La importancia del alginato y su implacable relevancia en diversas áreas, se debe además de a su desarrollo científico, a la explotación industrial. Al mismo tiempo que se han investigado métodos factibles de extracción, compañías industriales los ponían en práctica. Todos los estudios y avances científicos que se han llevado a cabo desde su descubrimiento, tenían como finalidad entre otras, obtener una materia más pura y minimizar los costes económicos de extracciones a nivel industrial.

A finales del siglo XIX y principios del siglo XX, se llevaron a cabo métodos de extracción para la obtención de nuevos compuestos inorgánicos, como la potasa y orgánicos como azúcares, alcohol metílico, ácido acético y acetona. Pero sobretodo, se cometían labores de extracción de ficocoloides<sup>13</sup> como el ácido algínico, la carragenina y el agar-agar.

A partir de la Primera Guerra Mundial, (de 1914 a 1918 como fechas orientativas de procesos científicos e industriales) se incrementaron las investigaciones con algas debido a la alta demanda de yodo y potasa. *La Hercules Powder Company* anterior a estas investigaciones, ya extraía algas para la extracción de sustancias que eran explotadas en otros países. (Furia, 1964, pp. 306-307). Sustancias como el agar-agar, celulosa o el yodo, este último descubierto en 1811 por el químico francés Bernard Courtois, mientras investigaba el residuo salino resultante de la incineración de las algas pardas. Este empuje de investigaciones y exámenes, logró que las macroalgas se introdujeran como producto alimenticio, al igual que fueron introducidas en la industria farmacéutica y militar. (Montequi, 1962).

La primera extracción industrial del hidrocoloide, se produjo en el año en 1929, a manos de la recién fundada Compañía *Kelco*, de San Diego, California. Del mismo modo le siguió su distribución comercial. (Molina, 1992).

Pero no fue hasta 1931, cuando los investigadores americanos W. Nelson y L. H. Chester propusieron la primera estructura química de ácido algínico. En esta misma fecha otros investigadores empezaron a desarrollar distintos tipos de procesos de extracción. En

---

<sup>13</sup> Sustancia coloidal extraída de las paredes celulares de las algas marinas.

Reino Unido la producción de alginato fue instaurada entre 1934 y 1939, al igual que en Noruega, establecida tras la Segunda Guerra Mundial (Arvizu Higuera, Hernández Carmona y Rodríguez Montesinos, 1997).

En 1981, se estimó que había factorías destinadas al alginato repartidas en nueve países. Los dos grandes productores, *Kelco Company* y *Alginates Industries Ltd* en Reino Unido, fueron adquiridas por *Merck and Co. Inc.* Una de las mayores empresas farmacéuticas del mundo. La combinación industrial de estas compañías llegó a generar alrededor del 70% de la producción mundial de alginatos. Otra compañía importante en la producción de alginatos es *Protan S/A* en Noruega, seguida del resto de compañías repartidas en el resto del mundo (McHugh, 1987).

En abril de 1995, la *National Organic Standards Board (NOSB)*, aprobó el uso del alginato en alimentos orgánicos procesados. El ácido algínico por su parte, fue incluido en la publicación de las regulaciones orgánicas de la *USDA* (United States Department Agriculture) en diciembre del año 2000. Hoy día sigue formando parte como producto vigente de la *USDA*.

Actualmente, existen compañías productoras de alginato repartidas por todo el mundo. México posee producciones de algas pardas de la especie *macrocystis phyrifera* en las costas de Baja California (García *et al*, 2004). La cosecha es vendida a la compañía *Kelco* para la extracción del alginato que posteriormente es vendido a México. Entre el año 2007 y 2008 México llegó a importar 535 toneladas de alginato, procedentes de 12 países distintos, entre los que se encuentran Estados Unidos, Francia, Reino Unido, Irlanda, Chile, Japón y Noruega (Hernández Carmona *et al*. 2012, p.157).

## 2.2. El uso del alginato en la industria alimentaria.

Desde la antigüedad, las algas marinas han formado parte de la gastronomía oriental. Fue en la década de 1980 cuando el consumo de este tipo de sustancias se legalizó dentro del marco europeo por cuestiones alimentarias y económicas.

Los principales usos del alginato en la industria alimentaria son como agente estabilizador, gelificador, espesante y como película protectora para carnes y pescados. El alginato ha alcanzado un alto índice de uso en la industria alimentaria gracias a los beneficios que este aporta. Es muy común encontrar este producto como aditivo en productos habituales de consumo como zumos, helados o cremas.

Podemos encontrar el ácido algínico y sus sales derivadas utilizados como aditivos alimentarios (*tabla 1*).

E-400	Ácido algínico
E-401	Alginato de sodio
E-402	Alginato de potasio
E-403	Alginato de amonio
E-404	Alginato de calcio
E-405	Alginato de propilenglicol
E-406	Agar-agar
E-407	Carragenina

*Tabla 1: Tabla de aditivos alimenticios (Barros Santos, 2009, pp. 71, 72, 84, 85, 89).*

La unión entre gastronomía y ciencia viene dada de la mano del científico Nicholas Kurti, experto en la experimentación con bajas temperaturas. Durante la Segunda Guerra Mundial conjugó su pasión por la cocina con la ciencia, pudiendo exponer en 1969 una charla en el Royal Society Londinense titulada *The Physicist in the kitchen*, la cual comenzó diciendo: “*Pienso con una profunda tristeza en nuestra civilización. Mientras medimos la temperatura de la atmósfera de venus, ignoramos la temperatura del interior de nuestros soufflés*” (Rodríguez, 2015, p. 104). Fue a partir de la demostración de los

resultados de las experimentaciones de Kurti, cuando la comunidad científica comenzó a investigar acerca de las reacciones químicas que se producían en la cocina. Estos estudios fueron concebidos como cocina molecular, en los que se han realizado profundas investigaciones en cuanto al uso y formación de coloides en gastronomía.

El Ácido algínico, el alginato de sodio, el alginato de potasio, el agar-agar y la carragenina, aparecen en la tabla de aditivos alimentarios del *Codex Alimentarius* que provee la FAO (Food and Agriculture Organization) y la OMS (Organización Mundial de la Salud), entre otros aditivos. Por sus características, este tipo de sustancias son destinadas a gelificar, espumar o espesar, introduciéndolos como aditivos para mejorar la conservación de los alimentos. Una de las primeras introducciones del alginato en la alimentación, fue como estabilizador de helados. El uso del alginato de sodio en este producto (0,1%) elimina la formación de cristales de hielo y mejora su textura. El alginato de propilenglicol, también se utiliza para mejorar la textura de este tipo de productos helados, además de su uso como estabilizador de espuma de cerveza. Al contrario que el resto de alginatos, este no posee la propiedad de gelificar.

Los alginatos pueden utilizarse como emulgentes para realizar distintos tipos de mezclas como agua y aceite para la elaboración de salsas. El gel de alginato se ha introducido en productos alimentarios modificados y reestructurados como las carnes de los populares *nuggets* de pollo, pasteles de carne, filetes de pescado o cualquier tipo de producto que haya sido reestructurado con su propia materia triturada (Avendaño *et al.* 2013).

Hoy día existe una proliferación del uso de esta materia en cocina para la realización de esterificaciones para aplicarlas a modo de diferentes texturas y apariencias (*figura 1*).



*Figura 1:* Anónima. (s.f.) *Esferificaciones de alginato en técnicas de cocina molecular.* Recuperada de <http://lacreatividaddelagastronomia.blogspot.com.es/p/r.html> Fecha de consulta:30/06/17 [En línea].

Un dato significativo acerca de los alimentos de origen industrial que se presentan en estado líquido, es que son sometidos a un proceso de pasteurización, con el inconveniente de que el alginato se deteriora con temperaturas superiores a 50° C o 60° C. (Bello, 2014). El deterioro de las características del alginato debido a la temperatura, implica que las pasteurizaciones se apliquen durante tiempos muy cortos. Si el alginato está expuesto a una temperatura mayor de 60° C durante un prolongado periodo de tiempo, puede perder sus características por completo y de manera irreversible, debido a una rotura de su cadena de polimerización.

### 2.3. El uso del alginato en medicina.

Tanto en la industria de la medicina como en la farmacéutica, el alginato tiene numerosas aplicaciones gracias a sus cualidades antibacterianas. En su forma de uso clínico no presentan ningún tipo de inconveniente para nuestra salud, incluso pueden ser absorbidos por nuestro cuerpo sin el menor peligro. Se utiliza además para tratamientos dietéticos y problemas estomacales para tratar los problemas de reflujo.

Ha sido a partir del siglo XX cuando el desarrollo de este tipo de polímeros ha mostrado grandes biocompatibilidades, gracias a las cuales, se han creado materiales para intervenciones como suturas, que son absorbidos por nuestro propio organismo una vez han cumplido su función (Jordán, 2017, p. 19).

Existen ciertas aplicaciones del alginato en esta industria como su introducción en la fabricación de apósitos para la limpieza de heridas<sup>14</sup>, los cuales poseen cualidades absorbentes para retirar la exudación de úlceras u otro tipo de lesiones, contribuyendo a su curación y cicatrización (*figura 2*).



*Figura 2:* Anónimas. (s.f.) *El alginato en medicina*. Izquierda: superficie de *algisite M*, apósito de alginato de calcio. Derecha: aplicación de apósito de alginato de calcio para tratamiento de úlceras. Recuperadas de <http://www.infomecum.com/tratamientos/showproduct/id/140/Algisite-M> Fecha de consulta:23/02/18 [En línea].

---

<sup>14</sup> Información recuperada de [www.coloplast.com](http://www.coloplast.com) Fecha de consulta:23/02/18 [En línea].

Algunos modelos de apósitos de alginato, gelifican con el propio exudado de la herida, pudiendo ser retirado de una sola pieza. Para estas labores se emplean alginatos de calcio hipoalergénicos y antimicrobianos, carecen de aditivos, colorantes y saporíferos para evitar cualquier tipo de alergia o reacción. Este tipo de apósitos ayudan a mantener la humedad necesaria para una correcta curación de la zona.

Estos productos son procesados directamente de las algas marinas pardas. Su proceso de gelificación está ideado para que no exista ningún tipo de fuga de la herida, pudiendo aumentar hasta 20 veces su peso por absorción de líquidos.

## 2.4. El uso del alginato en odontología.

Posiblemente, el amplio uso del alginato en el mundo de la odontología como material de registro bucal, sea el motivo por el cual actualmente es tan conocido, ya a que el alginato sódico se comercializa fundamentalmente para esta industria. El motivo de la introducción de esta materia en odontología fue por la calidad de las impresiones bucales realizadas a pacientes para su posterior tratamiento. Estas reproducciones son muy precisas, conservando el molde la estabilidad dimensional casi al completo.

Este mucostático<sup>15</sup> también está constituido por la sal sódica de ácido algínico. Algunos de ellos contienen sustancias saporíferas para hacer el procedimiento más agradable al sabor, debido a que el proceso de gelificación tiene lugar en la boca del paciente. El molde de la cavidad oral, se realiza por medio de unos pequeños recipientes porta impresiones o matrices, que se adaptan a la dentadura, y que, al presionar ligeramente con los dientes, registra la forma del interior de la boca. La toma se consigue gracias a las características del mucostático, como una correcta fluidificación en la boca, la estabilidad dimensional, la viscosidad o la biocompatibilidad entre otras (Campos Silva, 2015, pp. 18-19).

En odontología se denominan modelos de estudio a las reproducciones extraídas de la boca del paciente. Los modelos de estudio se obtienen por medio del vaciado del natural para la planificación y confección de aparatos de ortodoncia y la observación de su tratamiento y mejora progresiva. Estas reproducciones también se emplean para el estudio y observación de tejidos bucales y futuros tratamientos dentales. El alginato se aplica en el porta impresiones (*figura 3*) y se introduce en la boca del paciente. El registro se efectúa por contacto y presión a la mordida, dejando la impronta de la dentadura en el molde de alginato. Al extraer el molde de la boca, se lava con agua para eliminar restos de saliva o secreciones. El molde se rellena con yeso para odontología, más duro que el habitual (*figura 4*). Estos materiales también se emplean bajo el mismo procedimiento para la extracción de modelos de trabajo, en los que se realiza la intervención para la creación de una prótesis (Cárdenas y Sánchez, 2007).

---

<sup>15</sup> Material de impresión oral.



Figura 3: Anónima. (s.f.) *Porta impresiones ERGOLOCK para la realización de modelos dentales.* Recuperada de <http://www.dentalelite.fr/achat/marque.php?id=10> Fecha de consulta:11/09/17 [En línea].



Figura 4: Anónima. (s.f.) *El alginato en odontología.* Izquierda: porta impresiones. Alginato con registro dental para su reproducción en yeso. Recuperado de <https://www.dentalcompare.com/News/146871-New-Dental-Product-IMAGE-Dust-Free-Alginate-Dental-Impression-Material-from-DUX-Dental/> Fecha de consulta:11/09/17 [En línea]. Derecha: modelo de estudio reproducido en yeso. Recuperado de <http://drbenting.com/what-are-your-options-for-replacing-a-missing-tooth/> Fecha de consulta:11/09/17 [En línea].

## **2.5. Introducción y uso del alginato en otras industrias.**

En aplicaciones biotecnológicas es introducido como componente en la producción de penicilinas. También como inmovilizador de agentes catalíticos en la inducción de procesos de sinéresis, encimas o catalizadores organolépticos (Ayarza, 2014, p. 20, 21, 22).

La introducción del alginato en el mercado se ha extendido a infinidad de sectores de ámbito no clínico, como es el caso de la industria textil, en la que se utiliza como espesante y conservador de materias para teñir las telas gracias a su compatibilidad con este tipo de materiales. También puede introducirse como espesante de pinturas de índole variada. También se emplea para la fabricación de papel, otorgándole firmeza y resistencia. La fabricación de varillas para soldadura también incorpora alginato para ofrecer unas condiciones de plasticidad óptimas para el prensado de la amalgama que recubre la varilla y su correcto funcionamiento (McHugh, 2003, p. 47).

La compañía de alginatos dentales *Zhermack*, realiza formulas específicas a base de alginatos neutros compatibles con el pH de la piel, para la fabricación de productos cosméticos, con efecto lenitivo e hidratante. Una utilizad aplicada al medio ambiente es como agente floculante para el tratamiento de aguas residuales (Zhermack, 2017).

Del mismo modo, se han creado industrias dedicadas a las plantaciones de distintas especies de algas marinas, verdes, rojas o pardas, tanto para la extracción de sales de alginato como para la obtención de elementos químicos de aplicación científica (Lobban y Wynne, 1981).

**3. Estudio físico del alginato dental.**  
**Observaciones de los distintos ciclos y estados de la materia.**

El alginato dental se muestra como un material que puede presentar múltiples estados físicos. Al ser el alginato dental una materia usada en diferentes ámbitos profesionales es introducido en cada uno de una forma concreta, adaptado su composición y estado para un uso específico, desde una sustancia comestible aplicada a distintos alimentos o a la microencapsulación de medicamentos, hasta como agente de moldeo para el registro de cavidades bucales en odontología. Este apartado está centrado específicamente en el estudio del alginato destinado a procesos de moldeo en el ámbito odontológico, aplicado a la producción artística. Para el inicio de un estudio exhaustivo del alginato dental, es necesario testar distintas marcas y gamas, distinguiendo las peculiaridades de cada uno de los estados en los que se puede presentar. Se han llevado a cabo todos los mecanismos de mezcla, gelificación, aplicación, fraguado y deshidratación, incluyendo el análisis de todas las características propias que la materia dentro de las fases de trabajo susceptibles de ser aplicadas como técnicas de reproducción escultórica.

Estas observaciones, nos han permitido analizar por medio de la experimentación, el comportamiento de esta materia en todas sus fases de mezcla, trabajo, fraguado y deterioro, mostrando peculiaridades correspondientes a la actuación de los componentes de su fórmula expuestos a distintos agentes externos.

A continuación, se muestran y describen todos los estados irreversibles por los que el alginato dental pasa durante su utilización, ayudándonos a comprender como actúan los mecanismos internos de su composición a transformar la materia (*tabla 1*).

<b>Alginato dental</b>	
<b>Estados de la materia</b>	<b>Peculiaridades</b>
Comercial	Sinéresis (Variación dimensional)
Gel	Imbibición (Variación dimensional)
Líquido	Deformación por evaporación
Fraguado	Aparición de moho
Sólido	Transmisor de humedad

*Tabla 1:* Estados matéricos y peculiaridades del alginato dental.

### 3.1. Alginato dental en estado comercial.

Este es el correspondiente estado del alginato dental en su forma comercial dentro del envase antes de ser combinado con un agente externo. Es en este estado cuando los añadidos aromáticos se hacen patentes, atenuando su efecto durante el proceso de mezcla. El alginato dental en polvo posee una granulometría intangible, siendo muy vulnerable a la humedad y a las temperaturas extremas debido a su alta capacidad higroscópica. Sus microgránulos se adhieren entre sí en grandes cantidades, produciendo apelmazamientos o agrupaciones en forma de terrón (*figura 1*). Al abrir el envase, el polvo goza de una sutil coloración que se atenúa al cabo de 20 horas aproximadamente, después de entrar en contacto con la humedad relativa y la temperatura ambiente. El alginato dental en estado pulverulento es un producto que se deteriora con gran facilidad si no se siguen las precauciones recomendadas por el fabricante en cuanto a conservación y almacenaje. El proceso de deterioro se percibe a simple vista, sobre todo, en ciertos alginatos cromáticos que comienzan a perder su coloración.



*Figura 1:* Francisco Milla Gómez. (2015) *Alginato dental Phase Plus* de la compañía Zhermack. Fotografía digital. Interior del envase.

### 3.2. Alginato dental en estado gel.

Es el estado en el que se activan las características de tixotropía y viscosidad (*figura 2*). Es posible obtener un gel con mayor tixotropía empleando menor cantidad de agua. El gel obtenido de este modo es más denso, por lo que requiere de un mayor incremento de fuerza en el movimiento durante la mezcla. El alto grado de densidad y tixotropía es ideal para fases de moldeo de zonas en posición vertical, siendo una de las características fundamentales de los hidrocoloides (Soledad Lencina, 2013). Como ya se ha mencionado, la fuerza del gel varía en función de la composición. La adición de agua refrigerada ayuda a densificar el gel, contribuyendo a la eliminación de grumos y a prolongar los tiempos de trabajo. Todas las marcas de alginatos ofrecen indicaciones para producir una mezcla correcta del producto (Moreno, 2010, p.29).



*Figura 2:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Proceso de gelificación*. Fotografía digital. Mezcla de polvo y agua.

### 3.3. Alginato dental en estado líquido.

Hemos definido “líquido” para describir un estado en el que al polvo se le aplica una cantidad excesiva de agua (*figura 3*).



*Figura 3: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Vertido de alginato con mayor proporción de agua. Fotografía digital.*

Dependiendo de la cantidad de agua que vertamos en el recipiente donde se encuentre el alginato en estado pulverulento, obtendremos una mezcla de mayor o menor densidad. Independientemente de la densidad de la materia durante el proceso de mezclado, el resultado siempre será la gelificación. En el caso de que la proporción de agua sea mayor que de polvo, obtendremos una mezcla muy líquida en la que el proceso de gelificación tardará más en iniciarse (Moreno, 2010, pp. 30-31).

Como resultado, obtendremos un gel demasiado líquido para una normal aplicación, debido a que sus propiedades de tixotropía y viscosidad habrán disminuido considerablemente y por lo tanto, su manipulación es mucho más compleja. Por otra parte, el efecto desmoldeante de un alginato mezclado con abundante agua, es inmediato, ofreciendo del mismo modo, un nivel de copia muy alto. Este tipo de mezcla es idónea para la copia de objetos cuya madreforma es cerrada (*figura 4*).



*Figura 4:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Impronta de una mano*. Fotografía digital. Realizado con alginato en estado líquido.

### 3.4. Alginato dental fraguado.

Es la etapa posterior al proceso de gelificación. En este estado gran parte de las propiedades de los componentes del alginato han terminado su ciclo. La lenta fluidificación del gel se detiene drásticamente, quedando compacto en un breve periodo de tiempo, justo al finalizar la fase de trabajo o aplicación (*figura 5*). La acción de fraguado se origina al reaccionar el sulfato cálcico que contiene su composición con el agua.

Por norma general, la fase de trabajo de la mayoría de los alginatos dentales comprende entre 1'45" y 3' hasta fraguar. Este es el proceso con el que se rescata la forma de la superficie en la que se aplica el gel. El gel fraguado se presenta como una materia aparentemente dura pero quebradiza, que requiere de cierta precaución al ser retirado de la superficie en la que se ha aplicado (*figura 6*). En determinadas acciones de moldeo será necesaria la confección de una madreforma para no alterar la impronta obtenida debido a su inestabilidad física.



*Figura 5:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Alginato fraguado*. Fotografía digital. Fase de moldeo para reproducción escultórica.



*Figura 6: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Rotura de molde de alginato fraguado. Fotografía digital. Positivado de escayola para reproducción escultórica.*

### 3.5. Alginato dental en estado sólido.

Es el último estado del alginato, días después de su utilización. En este estado podemos comprobar el enorme proceso de retracción que sufre tras producirse el proceso de sinéresis. La considerable dureza adquirida es fruto de la pérdida de agua, que convierte la materia quebradiza en una materia compacta. Este estado físico irreversible la materia sigue teniendo un alto grado de porosidad, pudiendo alojar parte de la humedad producida durante los procesos de moldeo varios meses después de endurecer (*figura 7*).



*Figura 7: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Fragmento de alginato dental procedente de fase de moldeo sobre modelo del natural. Fotografía digital.*

### 3.6. Características y peculiaridades del alginato dental.

#### 3.6.1. Variaciones dimensionales.

Las variaciones dimensionales vienen dadas por fenómenos en los que la materia pierde o absorbe agua. Dichas variaciones son la principal causa por la cual, no es posible conservar un molde de alginato dental sin alterar sus proporciones iniciales. Una manera de evitar las variaciones dimensionales durante un proceso de trabajo es verter la mezcla de material para positivado en el molde de alginato, inmediatamente después de concluir el proceso de gelificación (Sedda *et al*, 2008). También es importante respetar las proporciones de polvo y agua, ya que cuanto mayor sea la cantidad de agua, la retracción de la materia será mucho más brusca (*figura 8*). Los dos principales fenómenos por los cuales se producen variaciones dimensionales de los moldes de alginato dental son la sinéresis y la imbibición (Álvarez, 2009).



*Figura 8:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Observaciones de cambios dimensionales*. Fotografía digital. Izquierda: alginato dental solidificado. Cambio dimensional producido por un proceso de sinéresis después del proceso de fraguado. Derecha: pieza de alginato dental recién fraguado.

### Proceso de sinéresis.

La sinéresis es un proceso en el que se produce una separación de las fases de las que se compone una suspensión coloidal o un gel. La materia expulsa el medio de dispersión, que en este caso es el agua. Este fenómeno, sucede horas después del proceso de fraguado del alginato dental, que además, produce una considerable disminución de su tamaño (Chen *et al.* 2004).

Al separarse el agua del gel, este endurece al mismo tiempo que reduce su volumen, perdiendo un alto porcentaje de su estabilidad dimensional. El tiempo estimado de inicio de la sinéresis son seis horas concluido el proceso de fraguado. Este fenómeno es muy común en los hidrocoloides. A partir de las dos horas del proceso de fraguado, puede apreciarse un leve exudado de agua por toda su superficie. La pérdida de agua en una reproducción de alginato dental, conlleva un proceso de reducción homogénea siempre que la temperatura ambiente no se modifique para acelerar su secado (*figura 9*).



*Figura 9:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Cambio dimensional aplicado a procesos de reproducción escultórica.* Fotografía digital. Derecha: reproducción de alginato dental. Izquierda: reproducción de escayola.

Esta reducción puede provocar una deformación en la totalidad de la pieza, en el caso de que el proceso de pérdida de agua no sea equitativo por toda la superficie. Hemos estudiado bajo qué tipo de condiciones puede deformarse una porción de alginato dental que, originariamente, fue extraída de un molde. Una de las razones es la presencia de distintos tipos de grosores de masa que conforman la superficie. El grosor de la pieza es inversamente proporcional a la deformación, debido a que la materia ofrece cierta resistencia en estado de compactación, por lo que, a más grosor, menos deformación. Una mezcla conformada con una sobrehidratación de agua, será más propensa a la deformación y al cambio dimensional.

### **Proceso de imbibición.**

Dentro de las composiciones coloidales, la imbibición se produce por la formación de geles cuyos cationes se encuentran muy hidratados, hinchándose literalmente, en contacto con el agua (*figura 10*). Este fenómeno se produce cuando el molde o la pieza de alginato dental está en contacto directo y continuo con una fuente de agua.



*Figura 10: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Apreciación de aumento de volumen en la curvatura de los vértices de la pieza. Fotografía digital.*

Normalmente, se produce cuando erróneamente el molde es introducido en agua para su conservación momentánea. Si el molde o la pieza de alginato dental se mantienen sumergidos durante un prolongado periodo de tiempo, la dimensión aumenta, dilatando la materia y deformando la figura (Díaz-Romeral *et al*, 2007). La imbibición también es un proceso irreversible, imposibilitando la recuperación de las propiedades elásticas del molde. La capacidad higroscópica del alginato dental lleva a una absorción total del agua, endureciendo la materia e imposibilitando su uso.

### 3.6.2. Evaporación del agua.

Es un proceso de pérdida de agua inducido, diferente al que se produce en el proceso de sinéresis, debido a que en la evaporación interviene un aumento de temperatura, en lugar del propio comportamiento natural del hidrocoloide (García Jimeno, 2009). Acelerar el proceso de secado con una temperatura superior a 25 grados centígrados, puede ocasionar abultamientos en las zonas externas de la pieza de alginato dental, a causa de la evaporación del agua más superficial. Este hecho, puede ocasionar agrietamientos, debido a que la temperatura, al evaporar el agua de las zonas externas, genera una cascara superficial dura y compacta, que hermetiza la pieza e impide la salida de agua de su interior. El agrietado en la superficie del molde o pieza de alginato dental, viene dado por el proceso de sinéresis al producirse una pérdida de agua demasiado brusca (*figura 11*).



*Figura 11:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Cambios formales*. Fotografía digital. Izquierda: deformación de pieza de alginato dental por evaporación de agua al aplicar temperatura en un punto fijo. Derecha: cambio dimensional sin deformación.

Las circunstancias por la que el agua es expulsada, producen una pérdida de volumen irregular, que provocan grietas en las zonas de mayor flexión durante la deformación. Este hecho se produce sobre todo en las mezclas en las que hay mayor cantidad de agua que de polvo. Si el proceso de evaporación continúa por secado inducido, el agua que aún

está en el interior, agrietará la superficie para poder ser expulsada. Del mismo modo, incurrir en un secado manual y acelerado, derivará en la deformación de la pieza de alginato dental (*figura 12*).



*Figura 12:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Deformaciones*. Fotografía digital. De izquierda a derecha: superficie convexa, superficie formal y superficie cóncava. Deformación por aplicación de calor en un solo punto de la superficie.

### 3.6.3. Aparición de colonias de moho.

En procesos de moldeo en los que el alginato dental está en contacto con la piel del modelo, el molde puede arrastrar consigo restos de piel muerta que quedan adheridos. Estos restos orgánicos, pueden permanecer en el molde incluso después de haber realizado el positivado con algún material. Estos restos de piel muerta, aunque inapreciables, producen grandes colonias de moho<sup>16</sup> durante la expulsión de agua, debido a la constante hidratación producida en los poros (*figura 13*). Las palmas de las manos, labios, orejas y cuello, son las principales zonas en las que el molde retira mayor cantidad de piel muerta. Las colonias de moho en el alginato dental gelificado se ven favorecidas por una alta temperatura ambiente y focos de humedad constante. Otro factor que propicia la aparición de moho es la acumulación de saliva procedente del proceso de vaciado bucal, pudiendo convertirse además en un foco infeccioso de bacterias (Collaguazo-Artos *et al.* 2017).



*Figura 13:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Deterioro por humedad*. Fotografía digital. Aparición de moho cinco días después del proceso de fraguado.

---

<sup>16</sup> El moho es un hongo de forma filamentosa que se desarrolla tanto en interiores como exteriores. Las zonas cálidas, mojadas y húmedas favorecen las condiciones para su nacimiento y desarrollo. Información recuperada de <https://www.cdc.gov/mold/es/pdfs/faqs.pdf> Fecha de consulta: 11/03/2018 [En Línea].



*Figura 14:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Deterioro por humedad.* Fotografía digital. Aparición de moho cinco días después del proceso de fraguado.



*Figura 15:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Vista superficial de la colonia de moho.* Aumento. Fotografía digital.

### 3.6.4. Transmisión de humedad.

Tanto el ácido algínico como sus sales derivadas, presentan una alta capacidad higroscópica, hecho que prolonga su secado. Durante los procesos de sinéresis y evaporación, se observa como fragmentos húmedos de moldes de alginato dental, pueden transmitir la humedad a otras que estén totalmente secos debido a la porosidad de su superficie.

Aunque todos los estados descritos son irreversibles, un fragmento de alginato dental que ha concluido su fase de sinéresis puede absorber agua, produciéndose una saturación de su superficie (*figura 16*).



*Figura 16:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Transmisión de agua de una pieza de alginato dental.* Fotografía digital. Horas después del proceso de fraguado sobre una pieza de alginato dental deshidratado.

### 3.6.5. Elementos añadidos. Colorantes, aromas y agentes saporíferos.

#### Colorantes.

Ciertas variedades de alginatos dentales contienen colorantes químicos, basados en el cambio de color durante el proceso de trabajo, que ayuda a diferenciar entre la fase de mezclado, fase de aplicación (*figura 17*) y fase de fraguado (*figura 18*). Son los denominados alginatos cromáticos (Lascod, s.f.). La coloración se intensifica al introducir agua a baja temperatura. Transcurrido el tiempo de trabajo correspondiente a estas variedades de alginatos dentales, la coloración comienza a desaparecer. Así mismo, podemos encontrar en el mercado una amplia gama de alginatos dentales con colorante añadido (*figura 19*) cuya coloración es constante (Barceló *et al.* 2006).



*Figura 17:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Cambios de estado*. Fotografía digital. Izquierda: alginato dental en estado pulverulento. Ligera coloración rosácea. Derecha: fase de mezclado realizada. Contraste púrpura.



*Figura 18:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Última fase de trabajo e inicio de fraguado*. Fotografía digital. Desvanecimiento del contraste púrpura.



*Figura 19: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Distintas variedades de alginatos dentales con colorantes añadidos. Fotografía digital.*

### **Sabor.**

La gran mayoría de los alginatos dentales contienen agentes aromáticos y saporíferos. Son aditivos añadidos en la composición química de aquellos alginatos dentales que se comercializan con fines odontológicos, para hacer más llevadera la intervención de la realización del modelo bucal para su posterior intervención. Los agentes saporíferos se utilizan para crear una tolerancia en el paciente al material viscoso y evitar la sensación de arcada. Actualmente, un sabor agradable es un requisito indispensable para este producto (Moreira y Rosario, 2013, p. 1525).

### **Olor.**

Del mismo modo que se han introducido agentes saporíferos, en odontología, también existe gran variedad de alginatos dentales con distintos tipos de aromas. La mayoría de las veces, la coloración se asocia a su olor, por ejemplo, una coloración verde que expide olor a menta o una coloración violácea que expida olor a mora. Estos olores son mucho más perceptibles cuando el producto está en estado pulverulento o se encuentra en proceso de sinéresis. Al mismo tiempo que expulsa el agua, expide cierto olor al añadido aromático que contiene (Zhermack, 2014).

#### **4. El uso del alginato dental en la producción artística.**

#### **4.1. El uso del alginato en la producción escultórica de artistas de proyección internacional.**

La popularidad de este producto en el ámbito artístico puede reflejarse en su versatilidad de usos y aplicaciones. El alginato dental posee unas cualidades de uso muy genéricas, cumpliendo funciones similares en distintos campos como la odontología y la reproducción escultórica. En ambos se emplea para la confección de moldes y su posterior reproducción con escayola u otro tipo de materia. El alginato dental permite llevar a cabo un proceso de moldeo rápido y sencillo, gracias a su composición, constituida por componentes que actúan en manera sucesiva marcando unos tiempos muy concretos de uso. Este meticuloso proceso de moldeo, al contrario que con otros métodos en los que se utilizan materiales como escayolas, siliconas o resinas, requiere de movimientos precisos para no romper la frágil superficie de alginato (*figura 1*).



*Figura 1: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Impronta del molde de la espalda de un modelo del natural. Fotografía digital. Detalle.*



*Figura 2: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Superficie de objeto detallado para proceso de moldeo con alginato dental. Fotografía digital.*



*Figura 3: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Reproducción de superficie delicada. Fotografía digital. Fases de moldeo con alginato dental.*

#### 4.1.1. “Life-casting”. Antecedentes históricos.

La práctica del vaciado del natural o como hoy en día se conoce dentro del ámbito artístico “life-casting” (molde del natural), está basada en la realización de moldes de partes concretas del cuerpo de modelos del natural. Se trata de un procedimiento de copia muy utilizado en ámbito de la creación plástica, ya que el uso de estas materias ofrece una copia fidedigna de la superficie donde se aplica obteniendo reproducciones de partes del cuerpo con un nivel de forma y detalle muy alto. Gracias a sus propiedades fluidificantes, tixotrópicas y de fraguado, materiales como escayolas, siliconas y actualmente alginatos se deslizan lentamente sobre la superficie del modelo registrando lentamente cada uno de los detalles que encuentra a su paso.

El “life-casting” se ha asociado en origen en su empleo como medio de obtención de mascarillas funerarias. La civilización egipcia ya realizaba este tipo de prácticas, aunque el primer testimonio de esta técnica pertenece a Plinio el Viejo, donde se refiere a este método como un medio auxiliar para la construcción de esculturas en la Grecia Clásica. Los moldes eran rígidos, por lo que al obtener las reproducciones era necesario intervenir en determinadas zonas, de manera que algunas de las obras definitivas eran talladas partiendo de la reproducción del modelo (Martínez, 2015).

En el capítulo *Athens: the Truth about Democracy*, de la serie documental *The Ancient world*, la historiadora Bettany Hughes formula una cuestión centrada en el refinamiento estético de las esculturas de bronce, las cuales, tienen un nivel de realismo impropio en comparación con el resto de las esculturas realizadas por la misma cultura y civilización. La respuesta a la pregunta se sustenta en el concepto de “life-casting”, definiéndolo Hughes como “*Casting for life*” (Hughes, 2016).

Esta respuesta se complementa con una demostración de vaciado de la natural llevada a cabo por el escultor Niguel Konstam, asegurando que en Grecia ya se usaba esta técnica para la realización de prototipos de cera destinados a fundición en bronce. Lo define, además, como una técnica dolorosa para el modelo. Según Konstam, las esculturas de bronce llevadas a cabo mediante procesos de ‘life-casting’, son fácilmente reconocibles por sus pies, ya que en la suela queda marcada la deformación en plano del pie del modelo al pisar el suelo (*figura 4*).



Figura 4: Alessio Marrari. (2013) *Restauración de los Guerreros de Riace*. Recuperada de <http://www.cittadinovara.com/nuccio-schepis-restauratore-bronzi-di-riace-eccellenza-mondiale-ho-vissuto-anche-a-novara-reportage-video-autorizzato-dal-ministero-dei-beni-culturali/> Fecha de consulta: 19/11/17 [En línea].

A raíz de la creación de mascarillas funerarias, en Roma se produjo la proliferación de las *imagines maiorum*. Estas imágenes eran reproducciones en cera realizadas a los difuntos a partir de moldes faciales, siendo símbolo de reconocimiento entre la alta aristocracia romana. Eran piezas muy complejas consideradas obras de arte, en las que además de retratar al difunto se buscaba la representación de los más pequeños detalles de la piel. Estas imágenes tenían un propósito urático. Muchos de los retratos de calidad de la época estaban realizados a través del vaciado del natural, tratándose de modelos vivos o muertos. (López, 2013, pp. 13-25).

A partir del siglo XV surge en Florencia, y con cierta reminiscencia a las *imagines maiorum*, una corriente artística basada en el negocio de figuras de cera muy realistas. Los artistas creadores de estas obras eran los *fallimagini*, Realizaban vaciados del natural de cera y arcilla. El propósito de estas esculturas no era conmemorativo, sino el de reafirmar la presencia del personaje retratado. Es a partir de este siglo cuando se produce un aumento de artistas que dedican su producción a la realización de vaciados del natural.

Ha sido a partir del siglo XVIII cuando se ha utilizado esta práctica de manera expresa para fines pedagógicos enfocados al estudio de la medicina. En la elaboración de estos modelos en cera, llevados a cabo por artistas, se produce una confrontación ética muy marcada a consecuencia de la acción de llevar a cabo el vaciado de un cadáver. No

olvidemos que la reproducción de mascarillas funerarias se convirtió en un negocio para familias adineradas, con el propósito de la adoración, el decoro o establecer la presencia áurica del difunto. Otra gran distinción es el contexto creativo para la realización de los moldes. El artista siempre interactúa con los modelos vivos en su estudio, donde hay una relación cercana, trabajando de manera conjunta para la obtención de la reproducción. Sin embargo, las reproducciones anatómicas se confeccionaban a partir de disecciones de cadáveres, en lugares hospitalarios. El escultor, asistido por el disector, realizaba el trabajo de mimesis del modelo. Surge el término ceroplástia, definido como el arte de la reproducción de modelos en cera, fundamentalmente para su estudio anatómico (*figura 4*) (Sánchez, del Moral y Ballestriero, 2013).



*Figura 4:* Anónimas. (s.f.) *Modelos anatómicos en cera del Museo de Anatomía Javier Puerta de la Universidad Complutense de Madrid.* Recuperadas de <https://gilromeroirisarri.com/articulos-y-resenas/goretti-irisarri/museo-de-anatomia/> Fecha de consulta:23/02/18 [En línea].

En el artículo *La Venus Anatómica del Museo de Anatomía Javier Puerta de la Universidad Complutense*, de Maribel Morente Parra, se rescata un fragmento basado en directrices para la confección de moldes a modelos diseccionados y su reproducción en cera, perteneciente al *Curso Completo de Anatomía del Cuerpo Humano* (tomo V y último: *Del arte de trabajar piezas anatómicas de cera* p. 498), escrito por el Dr. Jaime Bonells y el Dr. Ignacio Lacaba en el año 1820.

Estas instrucciones advierten que el artista, además de poseer los conocimientos técnicos para la confección de los moldes, ha de ser conocedor de las técnicas de talla y modelado para refinar aquellas partes a las que la materia no pueda llegar para efectuar la copia. Los

moldes serán independientes, separando la cabeza, tronco y extremidades. Se detallan datos técnicos como que los moldes, han de tener cierto grado de temperatura y humedad, para que al verter la materia de relleno de manera ininterrumpida la reproducción sea uniforme. Del mismo modo que se registra el modelo anatómico superficial, también se realiza la copia de músculos y huesos para su reproducción. Las reproducciones eran policromadas para obtener el mayor detalle y aproximación al cuerpo humano (Morente, 2013, p. 53-57).

El 5 de mayo de 1821, el doctor británico Francis Burton, auxiliado durante el proceso por el Doctor Francesco Antommarchi, extrajo una mascarilla al cadáver de Napoleón, la cual fue definida como una “obra de arte” (*figura 5*). Este proceso fue definido como un plagio de la naturaleza y la muerte, siendo mero negocio manual. A partir de la mascarilla original, Antommarchi realizó varias reproducciones (Fraguas, 2002).



*Figura 5:* United Service Institution, Londres. (s.f.) *Máscara mortuoria de Napoleón conocida como “RUSI”*. Recuperada de <http://www.e-imagen.net/project/la-mascara-mortuoria-de-napoleon-bonaparte-el-rostro-de-una-obsesion/> Fecha de consulta: 18/11/17 [En línea].

Uno de los inconvenientes de la realización de reproducciones escultóricas a partir de modelos difuntos era el rictus que se transmitía a la imagen. Aunque el artista trabajara la imagen a partir de la reproducción, la fisionomía de hueso marcado, ojos hundidos y piel desprendida (a veces hinchada) quedaban reflejados en la reproducción. Los medios de obtención de la impronta seguían los mismos parámetros técnicos. Aunque si nos ceñimos

al sentido etimológico estricto, la práctica de las mascarillas se aleja del concepto de ‘life-casting’”, dado que se trataría de un proceso técnico aplicado a algo inanimado y sin vida (figura 6).



Figura 6: Anónima. (S. XIX) *Proceso de vaciado del natural. Moldeo facial para reproducción en cera.* Recuperada de <https://www.theatlantic.com/technology/archive/2014/05/impressions-from-the-face-of-a-corpse/371772/> Fecha de consulta:18/11/17 [En línea].

Desde su inicio, el “life-casting” ha guardado los mismos intereses que la escultura clásica al querer representar la realidad tal y como es, tomando el cuerpo humano para su estudio o disfrute. Estas acciones siempre han guardado un propósito científico y didáctico, habiéndose usado de manera continuada durante el siglo XIX.

El pintor francés Édouard Joseph Dantan, retrató en 1887 a un artista y su asistente realizando un vaciado del natural a una modelo en su estudio. Esta pintura, ha estado relacionada directamente con las sospechas de que Rodín practicara esta técnica para la fundición en bronce de sus esculturas. La obra pictórica titulada *A casting from life*, posee detalles muy concretos acerca de las técnicas que se desarrollaban en ese estudio, como

el busto de la mujer que se sitúa al fondo a la derecha o los pechos femeninos que se sitúan en la pared (*figura 7*). (Asociation of lifecasters international, 1999 – 2015).



*Figura 7:* Édouard Joseph Dantan. (1887) *A Casting From Life*. Óleo sobre lienzo. Recuperada de <http://www.lifecasting.org/dantan.htm> Fecha de consulta: 18/11/17 [En línea].

El desarrollo de los estudios científicos de materias procedentes de las algas marinas realizados por el científico E.C.C. Stanford a finales del siglo XIX, hizo que estos procesos de moldeo evolucionaran notablemente. La búsqueda que Stanford emprendió para la utilización de esta sustancia viscosa abrió una vía dentro de la investigación odontológica como agente de impresión para el tratamiento de distintas afecciones bucales. Los resultados de copia y reproducción fueron extrapolados a la reproducción artística para las técnicas de vaciado del natural, pudiendo desarrollar una metodología técnico-artística menos dañina y sofisticada para el modelo, que además proporcionaba unos resultados provistos de una gran definición de detalle.

Es a partir de la década de los 90s del siglo XX, cuando los procesos técnicos de reproducción por medio del “life-casting”, ofrecían a la escultura una equiparación de lo que suponía la fotografía para la pintura. Con estos procedimientos de copia y reproducción se puede obtener una obra con un realismo académico muy explícito, además de la rapidez y brevedad en la ejecución. Sin embargo, el uso de alginato en escultura puede generar cierto tipo de limitaciones plásticas al dejar a un lado la imaginación y la creatividad, ciñéndonos únicamente al original que se reproduce (Barnes, 2015).

#### 4.1.2. El vaciado del natural como medio de producción en la obra de artistas internacionales.

Son muchos los artistas que han empleado procesos de “life-casting” en su producción artística. Esta técnica se ha extendido dentro de las enseñanzas, reflexiones y ensayos artísticos, siendo utilizada en múltiples contextos performáticos o teóricos para referirse al tiempo, la memoria o el espíritu o como procesos técnicos para reproducción corporal. Desde la antigüedad, los procesos de moldeo sobre modelo del natural han servido para asistir técnicamente a escultores para acelerar los procesos de producción. Su utilización también nos conduce al campo de los estudios anatómicos al poder tomar una parte del cuerpo de un modelo de manera tridimensional y proporcionada.

Los artistas que se mencionan a continuación han focalizado parte de su producción en la copia y reproducción de modelos del natural, o han trabajado alguna vez con estos sistemas de copia, justificando tanto los procesos como las reproducciones obtenidas como una única obra, haciendo inseparable la parte técnica de la conceptual. Artistas y creadores multidisciplinares desarrollan los procesos de ‘life-casting’ a modo de fotografía para rescatar un momento de vida, siendo el molde una metáfora del negativo de la fotografía. La reproducción por contacto del modelo se aleja de la copia por semejanza o por reflejo como ocurre en los procesos de modelado del natural. Se convierte en una copia que transmite la esencia pura del modelo.

Entre la extensa obra de **Louis Bourgeois** (París 1911-2010) hay esculturas importantes, piezas llevadas a cabo por medio del vaciado del natural, que han alcanzado un gran nivel de prestigio dentro del mundo del arte. La obra *Arch of Hysteria*, está realizada por medio de “life-casting”. El modelo Jerry Gorovoy, del cual rescataron la figura, explicó en 2011 para la fundación *PROA*<sup>17</sup> en Buenos Aires, como fue llevado a cabo el proceso de moldeo. Fue la propia Louise Bourgeois la que le dijo “*quiero usar tu cuerpo*” (Fundación Proa, 2011, mayo, 6). Para iniciar el proceso se reunieron con la fundidora que vaciaba en bronce las esculturas de Bourgeois, para dar instrucciones al modelo acerca de cómo se desarrollaría el proceso. Se diseñó una especie de receptáculo convexo en el que se vertería yeso fresco para apoyar al modelo en él y realizar la copia de su parte trasera.

---

<sup>17</sup> Centro de arte contemporáneo fundado en 1996 en el que se desarrollan programas de educación e intercambio con otras instituciones culturales. Información recuperada de [www.proa.org](http://www.proa.org) Fecha de consulta: 20/11/17 [En línea].

Afeitaron su cuerpo y entre dos personas lo posicionaron con la postura adecuada sobre el apoyo de yeso. El modelo relata lo extremadamente caliente que estaba el yeso, debido a que la temperatura se elevaba a medida que el proceso de fraguado se completaba. Las duras condiciones en las que se desarrolló el proceso impidieron al modelo seguir, dejando una semana de margen para la confección de la parte delantera. Se recostó sobre su propia impronta para que la pieza a confeccionar encajara correctamente. Es el mismo procedimiento que se siguió para la copia de brazos y piernas. Louis Bourgeois reprodujo el cuerpo del modelo, tallado y transformado para contextualizar la obra.

La artista explica el concepto de histeria a través de un estudio en el que esta enfermedad nerviosa producía en el cuerpo del paciente un arco cargado de tensión en la zona de la espalda. *Arch of Hysteria* representa a alguien en pleno estado de histeria y sentimientos torturados sobre sexualidad (*figura 8*). Estas sensaciones que inusualmente se asociaban únicamente a mujeres, sirvió como un proyecto feminista al representar lo opuesto (Guichard, 2014). Para la ejecución de esta obra estudió los casos clínicos acerca de la histeria en el siglo XIX por Jean Martín Charcot, Doctor en neuropatología del hospital *Salpêtrière* de París. Gran parte de la totalidad de estos estudios están realizados a mujeres, por lo que históricamente, la histeria ha estado asociada a la mujer. Es por ello que Bourgeois quiso representar a un cuerpo masculino en esta posición (Baselga Calvo, 2010, p. 308).

*“la introducción de la figura masculina en el arco de círculo en Cell (Arch of Hysteria) sirve para enmendar la omisión histórica (...) se trata de dotar de voz a esa presencia oculta, la del hombre histérico, así como de cuestionar la identificación tradicional entre la histeria y el sexo femenino”* (Mayayo, 2002). La escultura se realizó en bronce pulido para que el espectador pudiera verse reflejado en el torso que representa la histeria. Se encuentra colgada por que se buscaba el ligero movimiento al pivotar. Reprodujo varias esculturas que representaban al arco de histeria, carentes de cabeza y brazos, pues según Bourgeois, no eran necesarios para la representación.



Figura 8: Moma, Nueva York. (s.f.) *Arch of Hysteria* 1993. Bronce con patina dorada. Louis Bourgeois. Recuperada de <https://www.moma.org/audio/playlist/42/681> Fecha de consulta: 18/11/17 [En línea].

El artista **Marc Quinn** (Reino Unido, 1964), ahora considerado uno de los artistas contemporáneos más importantes, comenzó a tener éxito en el año 1991 con su obra *Self* (figura 9), desarrollando las técnicas de “life-casting”. *Self* es un autorretrato en el que el artista utiliza literalmente su cuerpo como materia de reproducción escultórica, demostrando la función simbólica y real de la escultura. Se trata de un molde de su cabeza reproducido con su sangre. Cada cinco años realizó un autorretrato reproducido en sangre hasta 2011 para mostrar como la materia acumula tiempo en un continuo envejecimiento. Estas reproducciones se encuentran congeladas para que perduren en el tiempo. En ellas utiliza el discurso de cómo las reproducciones se mantienen vivas al tener la necesidad de estar conectadas a la electricidad. El artista define a esta obra como el retrato más puro de sí mismo.



Figura 9: Marc Quinn. (s.f.) En orden sucesivo: *Self 1991*, *Self 1996*, *Self 2001*, *Self 2006* y *Self 2011*. Marck Quinn, sangre de artista, acero inoxidable y equipo de refrigeración. Imágenes recuperadas de <http://marcquinn.com/artworks/self> Fecha de consulta: 18/11/2017 [En línea].

Quinn da un paso más allá en lo que se refiere a la posturización del modelo, justificando sus esculturas como “*dibujos de la vida*”. En su producción se aprecian influencias tanto clásicas como contemporáneas reflejando la relación del ser humano con el mundo, naturaleza, identidad y belleza y el por qué las personas tienen que modificar estos conceptos a consecuencia de la sociedad. Un ejemplo de este tipo de conceptos es *Laocoon*, 2006, de su serie *Sphinx*, definida como “*una larga adicción de imágenes femeninas arquetípicas*” El retrato facial pertenece a la actriz Kate Moss, que se encuentra en una pose de yoga muy contorsionada, recordando a la escultura de Shiva (*figura 10*). El discurso del arquetipo escultórico obedece a que Kate Moss está esculpida por el deseo de la sociedad (Marc Quinn, s. f.).



Figura 10: Marc Quinn. (2006) *Sphinx (Laocoon)*. Marc Quinn, Bronce patinado. Imagen recuperada de <http://marcquinn.com/artworks/single/sphinx-laocoon> Fecha de consulta:18/11/17 [En línea].

El artista **John Ahearn** (Binghamton 1951) y el escultor **Rigoberto Torres** (Puerto Rico 1960), llevaron a cabo varios proyectos conjuntos basados en la confección de moldes con alginato a personas de comunidades desfavorecidas del barrio del Bronx en Nueva York. (Art Nerd, 2016).

Entre los proyectos destaca *Portraits from the Bronx: Life Cast from 1979 to Present*. El propósito de este proyecto se centra en el uso de la técnica de “life-casting” para definir un estilo de vida de aquel contexto sociocultural. John Ahearn explica el sentido narrativo de obtener el físico directo de las personas con las que trabaja al implicar la participación del modelo en la obra de arte (Tschinkel, 2014, marzo, 16). Fue Ahearn el impulsor de la idea mientras buscaba técnicas de caracterización para cine. Comienzan a realizar arte con motivo de reivindicar a la sociedad la situación marginal de aquellos barrios. El objetivo fue sacar a la luz la forma de vida de los participantes por medio de la creación visual. Muchas de estas esculturas fueron reproducidas en poliéster para poder soportar la exposición a la intemperie. Todos los proyectos que Ahearn y Torres han ejecutado,

han involucrado el desarrollo de relaciones con miembros de grupos comunitarios, trabajando de manera conjunta para la elaboración de reproducciones obtenidas de personas que pertenecen a un contexto lleno de folclore y costumbres arraigadas (Aljira, 2010).

A diferencia de un retrato formal, John Ahearn y Rigoberto Torres se muestran interesados en captar la instantánea del momento. Durante años, han colaborado llevando a cabo reproducciones en escayola a conocidos y a niños del sur del Bronx (*figura 11*). Una de sus más importantes colecciones se encuentra en el *Bronx Musseum*, en la que ambos artistas transmiten su compromiso con las comunidades locales (*figura 12*). Durante más de 30 años de carrera, han exhibido su trabajo en Estados Unidos, Europa y Sudamérica.



*Figura 11:* Tara Murray y Lois Stavsky. (2012) *Double Dutch*, de John Ahearn y Rigoberto Torres, 1981-1982. Imagen recuperada de <http://streetartnyc.org/blog/2012/08/23/john-ahearns-life-like-sculptures-grace-south-bronx-buildings/> Fecha de consulta:16/11/17 [En línea].



*Figura 12:* Daniel Reyes Mozeson. (2014) *Luis and Virginia Arrollo*. de John Ahearn y Rigoberto Torres. Recuperada de <http://streetartnyc.org/blog/2014/02/06/from-dawson-street-and-walton-avenue-in-the-south-bronx-to-alexander-and-bonin-in-chelsea-works-by-john-ahearn-and-rigoberto-torres/> Fecha de consulta:16/11/17 [En línea].

**Barry X Ball** (Pasadena, California 1955) es un artista cuya creación se rige por la influencia clasicista y el uso de las nuevas tecnologías. Su obra, catalogada por él mismo como indescritiblemente freaky, ensalza el detalle por medio de proyectos muy elaborados. Realiza retratos de gente influyente en el mundo del arte, aplicando labrados, texturas y brocados. Barry X Ball confecciona moldes de alginato de sus modelos, fotografiando los procesos en ese mismo momento como la totalidad de la cabeza y detalles faciales (X Ball, 1991). El proceso de creación y documentación fotográfica gira en torno a las dos horas. El ejercicio concluye con un escaneo tridimensional de la cabeza del modelo. El artista comenta que invierte alrededor de tres años en concluir cada retrato, interrumpiendo todo contacto con el modelo del cual ha tomado la impronta. Las obras las reproduce con un yeso modificado a base de polímeros (Site Santa Fe, 2018). Todas sus obras, principalmente los retratos son transformados de manera muy enérgica, guardando la similitud con los modelos (*figura 13*).

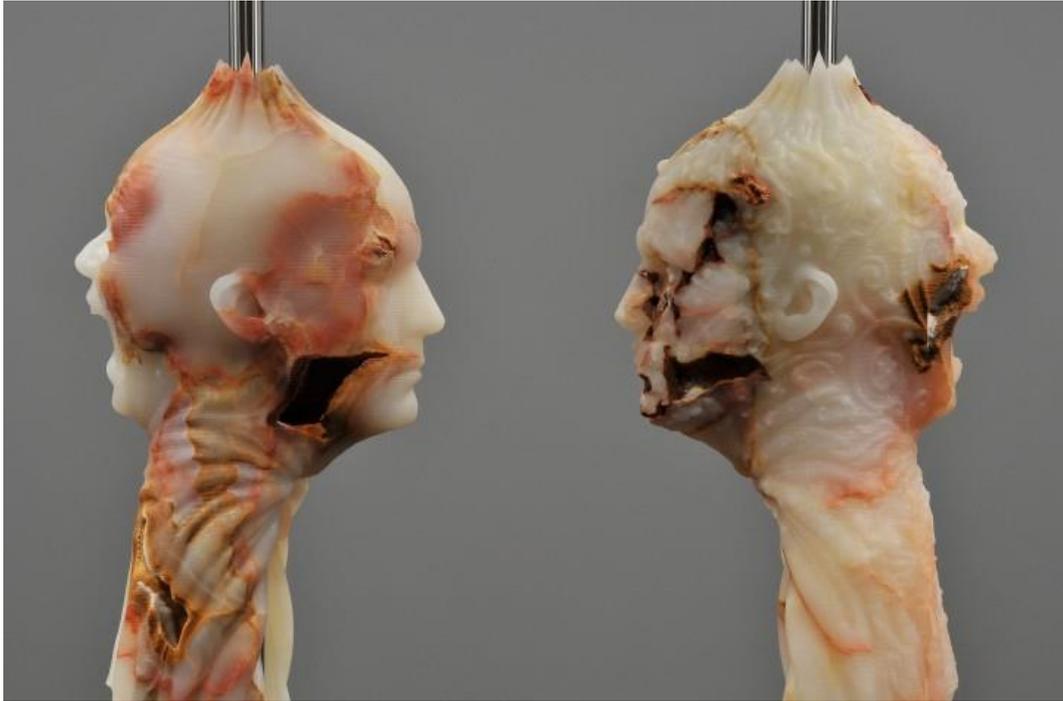


Figura 13: Barry X Ball (2009) *Mexican Onix portrait*. 2000-2009. Recuperada de [http://www.barryxball.com/works\\_cat.php?cat=14&work=41](http://www.barryxball.com/works_cat.php?cat=14&work=41) Fecha de consulta:19/11/17 [En línea].

Entre sus obras más destacadas, se encuentra el *Retrato de Alberto II, príncipe de Mónaco*. Para llevar a cabo esta escultura, Alberto de Mónaco fue fotografiado y escaneado digitalmente. El escaneado tridimensional del modelo sirvió para configurar el labrado de oro del que se compondría el retrato. Se hizo una impresión en polímero que sirvió de molde para las piezas de oro de 18 quilates (*figura 14*). Estas técnicas se consideran un avance tecnológico de la técnica de “life-casting”, en la que por medio de herramientas digitales se toma el cuerpo del modelo con todos sus detalles, con la ventaja añadida de que la dimensión de la obra la decide y define el autor, pudiendo aumentar o disminuir su tamaño (X Ball, 2016).



Figura 14: Fabio Decotato, Valenza. (2015) *Portrait Prince of Monaco. Albert II.* 2012-2015. Oro de 18 quilates. 34,9 cm x 18 cm x 23,8 cm. Imágenes recuperadas de [http://www.barryxball.com/works\\_cat.php?cat=14&work=228](http://www.barryxball.com/works_cat.php?cat=14&work=228) Fecha de consulta: 19/11/17 [En línea].

La producción escultórica de **Per Svensson** (Gotemburgo, Suecia 1965), también incluye procesos de moldeo con alginato. Es uno de los artistas visuales y sonoros más importantes de Suecia al crear un punto de vista propio de referencia con respecto al arte alquímico y sonoro. Se formó en el *Royal College of Fine Art* de Estocolmo, pasando un año en el departamento de arquitectura, disciplina que combina con muchas de sus creaciones. Su obra artística multidisciplinar posee menciones internacionales, entre las que destacan su producción escultórica y sound art, expuestos en varios países, como Los Ángeles, el Moderna Museet de Estocolmo, la Academia de Arte de Budapest y el museo de Arte de Gotemburgo entre otros (Per Svensson, 2002).

En su obra *Audio Bioplex Cluster*, combina varias disciplinas artísticas como la reproducción escultórica, realizada mediante moldes de alginato, junto con el sound art, contextualizando esta obra a modo de instalación ambiental. Todo ello englobado por estructuras arquitectónicas geométricas, muy comunes en su producción artística (*figura 15*).

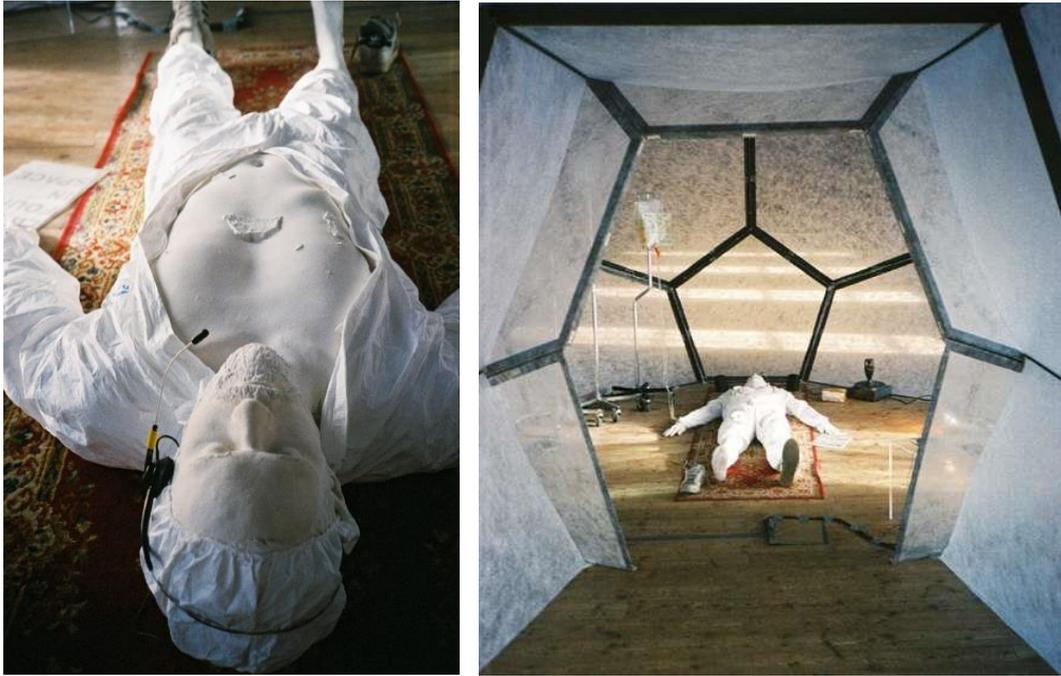


Figura 15: Per Svensson. (2003) Instalación: *Audio Bioplex Cluster*. 2001-2003. Recuperada de <http://www.persvenssonsoundart.com/SCULPTURE.html> Fecha de consulta: 20/11/17 [En línea].

La artista e investigadora **Trish Lyons** (Canada), posiciona en su Tesis doctoral el concepto de mimesis como el centro de las tecnologías contemporáneas para la creación de moldes y esculturas. La teoría de la mimesis, descrita por Walter Benjamin, se refleja en su tesis, como la facultad mimética en la práctica de la fundición contemporánea (*figura 16*). Actualmente investiga acerca de las aplicaciones de la biomimética en la práctica del arte y el diseño (Trish Lyons, 2016).



Figura 16: Anónima. (s.f.) *Vaciado del natural*. Trish Lyons Recuperada de <http://www.trish-lyons.com/test/#/sculpture/> Fecha de consulta: 20/11/17 [En línea].

En este sentido, según Walter Benjamin, la mimesis encierra el fenómeno originario del arte, Benjamin veía que la capacidad de mimesis infantil tenía una gran conexión entre percepción y acción. La nota que aparece a continuación pertenece a la segunda versión del ensayo sobre la mimesis de 1989.

*Quien imita vuelve aparente su objeto. Dicho de otra manera, vuelve a ser objeto. Se topa entonces con la polaridad que domina en la mimesis. En la mimesis duermen, replegados el uno sobre el otro como cotiledóneos, los dos lados del arte: apariencia y juego. El dialecto solo puede encontrar interés en esta polaridad cuando ella cumple un papel histórico.* (Delgado, 2015, p. 60)

En el ensayo, *La obra de arte en la época de su reproductibilidad técnica*, Walter Benjamin comenta que la obra de arte siempre ha sido reproducible, debido a que lo que está hecho por el ser humano, puede ser rehecho por otros seres humanos, comparando

de manera objetiva el concepto de imitación y el de reproducción. Habla de la autenticidad de la obra de arte como recipiente de historia, de todo a lo que ha estado sometida, del aquí y el ahora, conceptos que son inexistentes en una reproducción (Benjamin, 2003 p. 42-48).

En referencia a la teoría de la mimesis de Walter Benjamin, se produce una confrontación con respecto a la definición de mimesis que el autor ofrece. No se trata de una mimesis producida por el juego o por la observación, siendo una mimesis que se produce por contacto, en la que el contexto y la metáfora juegan un gran papel para definir a la obra (Jarque, 1992). Hay ensayistas que clasifican estos procesos como un dilema ético al presuponer que con el vaciado del natural puede hacerse arte sin un conocimiento academicista. Según esta rama de pensamiento, el mérito de la obra está regido por un recurso meramente técnico y mecánico. Por el contrario, otras corrientes opinan que el “life-casting” se concibe como un sistema analítico de la anatomía humana y de la percepción de la volumetría y proporción para obtener una visión real y natural de la obra. Al igual que los modelos que trabajan en la pose para el modelado o el dibujo de la figura, los modelos que intervienen en este tipo de procedimientos precisan de conocimientos teórico-conceptuales para poder ofrecer una pose adecuada.

La obra de **Louise McCagg** (Connecticut, s.f.) se define como una producción centrada en el feminismo, cuyo discurso es clásico en el método y contemporáneo en investigación política y social. Fue, junto con dos compañeras más, de las pocas mujeres que en la década de 1960 comenzó a estudiar escultura en la *Universidad estatal de Michigan*, época en la que según McCagg era muy extraño ver a mujeres desempeñar este tipo de actividades. Es en la década siguiente cuando comienza a investigar y experimentar con los procesos de “life-casting”, descubriendo vías de producción en las que el negativo se contraía al realizar el molde, o cómo la reproducción sufría procesos de retracción, jugando con la variabilidad de tamaños y formas en las reproducciones faciales (University of Stanford, 2017).

Muchas de las reproducciones faciales que realizó están constituidas de pulpa de papel, ofreciendo distintas posibilidades en la textura y el acabado y facilitando el transporte e instalación de la obra. Estos trabajos son, denominados por McCagg como “*Máscaras de vida*”, aunque en ocasiones se haya comparado con las antiguas mascarillas funerarias que dieron origen a esta técnica de moldeo. Exhibe sus esculturas como obra

independiente y como máscaras para representaciones teatrales, habiendo reproducido centenares de rostros expuestos en todo el mundo (Louise McCagg, 2010). Entre sus obras destaca *Head Wall Piece*, 1993. La obra está compuesta por cabezas de tamaño normal, deformadas y de tamaño reducido (*figura 17*). Según Louise McCagg, a través de este proceso de reproducción, mantiene las cualidades únicas y junto con la profundidad emocional del individuo, al mismo tiempo que pone de manifiesto los puntos comunes entre distintas culturas (A.I.R. Gallery, s.f.).



*Figura 17:* Louise McCagg. (2010) *Head Wall Piece*, 1993. Reproducciones faciales a partir de moldes de alginato. Recuperada de <http://www.louisemccagg.com/index.php?/work/sculpture-center/> Fecha de consulta: 20/11/2017 [En línea].

La producción de **Avatar Moraes** (1933 – 2011 Rio de Janeiro) se basa en la búsqueda de nexos en áreas adyacentes al arte, empleando la técnica y el diseño como actividad constante, en su investigación sobre las reflexiones teóricas del arte y sus técnicas constructivas. Fue profesor del departamento de artes visuales de la *Universidad de Brasil*, donde desarrolló pedagogías basadas en las formas tridimensionales.

Tras este periodo, se dedicó exclusivamente a desarrollar sus teorías e investigaciones. El resultado fue la creación de series temporales para cada una de las disciplinas (Avatar Moraes, s.f.).

Durante el transcurso de los años pudo estudiar el amplio abanico de posibilidades que ofrecían los positivados de resina de poliéster por medio de vaciados del natural, siendo este un nuevo rumbo para su producción artística. Moraes afirmó que el uso del “nuevo material” presentaba muchas dificultades debido a su compleja preparación y al control que requería en cuanto a reacciones químicas. Los resultados comenzaron a aparecer al explotar las capacidades técnicas y estéticas que la materia ofrecía. Moraes representa la metáfora de tortura en muchas de sus obras, acompañadas por fuertes tonos de rojo y negro con la intención de transmitir al espectador la poca libertad que el artista tenía en esa época, a consecuencia de la Ley de Amnistía de 1979 (*figura 18 y 19*) (Escarlate, 2010).



*Figura 18:* Anónima. Museo de Arte Contemporáneo de la Universidad de Sao Paulo. 2011. *Causa III*, Avatar da Silva Moraes, 1967. Vaciado del natural reproducido en poliéster. Recuperada de <http://www.mac.usp.br/mac/EXPOSI%C3%87OES/2010/entreatos/galeria.htm> Fecha de consulta: 27/11/2017 [En línea].

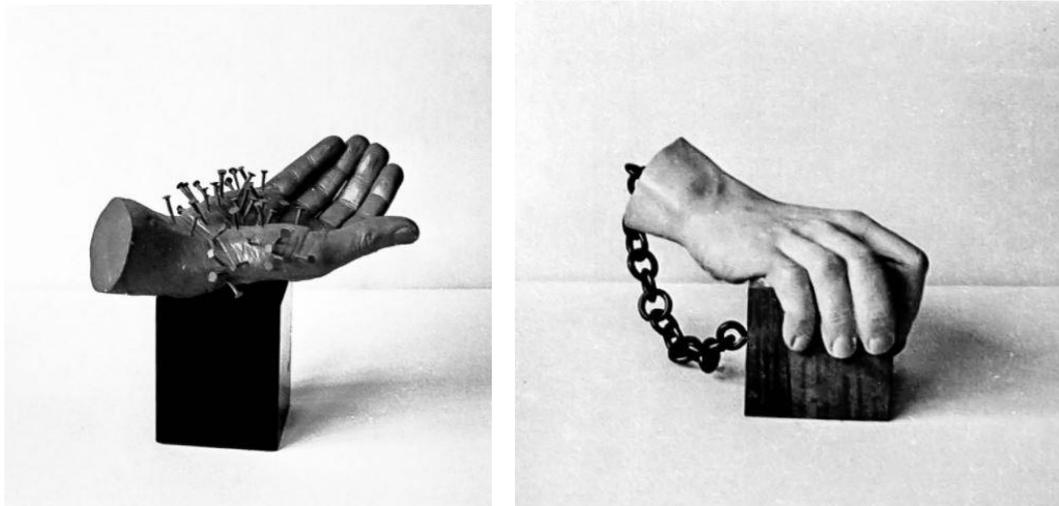


Figura 18: Avatar da Silva Moraes. (1967) Izquierda: *Mao con Pregos*. Derecha: *Mao acorrentada*. Avatar Moraes, 1967. Reproducciones en poliéster a partir de vaciado del natural. Recuperadas de <http://www.avatarmoraes.com/acervo/maos/> Fecha de consulta: 27/11/17 [En línea].

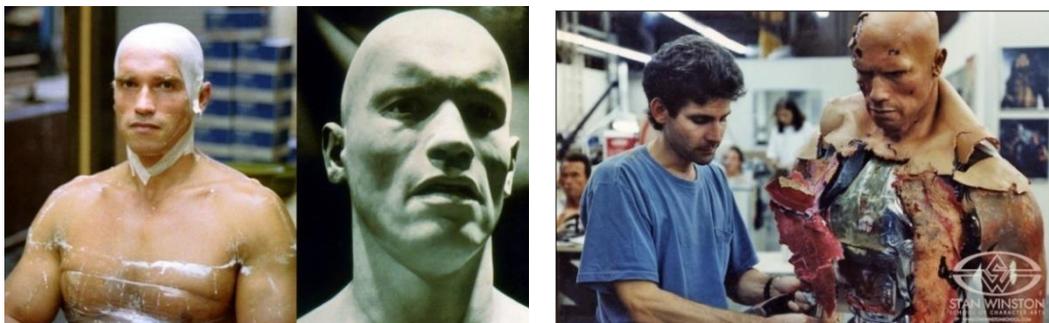
A raíz de la proliferación de estos nuevos materiales para reproducción escultórica utilizados por artistas de prestigio internacional, se produjo un aumento en la creación de estudios artísticos, talleres y comercios destinados al diseño y elaboración de reproducciones a partir de vaciados del natural, convirtiendo estos procesos en un producto comercial cuya oferta y demanda aumenta considerablemente a medida que el material se desarrolla tecnológicamente y químicamente.

Entre estos estudios se encuentra la *Association of Lifecaster International (ALI)*, una organización de artistas de todo el mundo especializados en el vaciado del natural. Entre ellas también podemos mencionar la *Wrightson & Platt*, de Londres, un estudio que introduce el ‘life-casting’ en el ámbito de la joyería. Están especializados en la ejecución de pequeños vaciados de manos y pies de niños recién nacidos, el abdomen de mujeres embarazadas y retratos. Además de alginatos, emplean técnicas de escaneado en tres dimensiones con las que pueden obtener modelos para reproducciones en cristal, bronce o plata (Wrightson & Platt, 2007).

También podemos citar la *Custom Life Casting*, de Texas, dirigida por el escultor Chris Guarino, cuyos procesos han sido requeridos para coleccionistas privados y museos (Custom Life Casting Elegant Unique Fimeless, 2009).

Uno de los principales estudios con reconocimientos a escala mundial es la *Stan Winston School*, fundada por el artista Stan Winston (Richmond 1946 - 2008), que investigó la

unificación del arte y la tecnología mediante procesos de creación, entre los cuales, se encuentran majestuosas técnicas de vaciado del natural ideadas por miembros de la propia escuela. Winston es el artista responsable de creaciones plásticas, maquillaje y efectos especiales de grandes superproducciones cinematográficas de Estados Unidos como *Terminator*, *Jurassic Parck*, *Alien*, *Avatar*, *Lord of the Rings* y *Edward Scissorhands* entre muchas otras. Gracias al auge de este tipo de industria, se han ideado distintos alginatos que contienen fórmulas especiales para realizar una copia del mismo modo fidedigna y haciendo más duradero el tiempo de trabajo con la materia. Desde sus inicios la *Stan Winston School* ha estado vinculada a la creación de personajes ficticios para largometrajes y a la caracterización de actores por medio del maquillaje, siendo el life casting una técnica fundamental para el desarrollo de estas funciones y que el propio Stan Winston dominaba desde el inicio (Duncan, 2006). La escuela se convirtió en un icono de referencia para los efectos especiales de Hollywood, uniendo materias multidisciplinares como el maquillaje, el vaciado del natural, el uso de animatronics y efectos digitales (*figura 20*) (Stan Wiston School of Character Arts, 2017).



*Figura 20:* Izquierda: Stan Winston School, (1991) Fase de moldeo con alginato y reproducción en escayola ultracal 30 para el largometraje *Terminator 2: Judgment day*. Recuperada de [http://www.forschedesign.com/Auctions/Arnold\\_Schwarzenegger\\_T1/T1\\_bts002.html](http://www.forschedesign.com/Auctions/Arnold_Schwarzenegger_T1/T1_bts002.html) Fecha de consulta: 30/11/17 [En línea]. Derecha: Stan Winston School, 1991. Utilización de reproducciones en silicona obtenidas de procesos de moldeo con alginato. Recuperada de <https://makeupmag.com/make-up-effects-community-mourns-n-brock-winkless-iv/> Fecha de consulta: 23/02/18 [En línea].

Dentro del estudio se imparten clases acerca de la pedagogía de las técnicas de realización artística, dando claves para la ejecución de procedimientos de ‘life-casting’ con alginato, como, a diferencia del yeso o la escayola, la libertad de poder incluir más agua durante los procesos de mezclado para conseguir la consistencia deseada. Marck Viniello, especialista en ‘life-casting’ en la *Stan Winston School*, hace referencia en una de sus

masterclass al orden de vertido de materias, siendo para la escayola agua y polvo y en el alginato, polvo y agua (Viniello, 2017, julio, 17).

El método que desarrollan presenta una variable que consiste en embadurnar las manos a copiar con alginato a modo de crema, como medida de seguridad para rescatar todos los detalles. Viniello se refiere a estos procesos como idóneos para la creación artística por el hecho de que se produce una reproducción anatómica totalmente fidedigna y que todos los elementos añadidos para maquillaje o efectos especiales encajarán totalmente con el modelo. Dentro de su taller comenta cuestiones fundamentales acerca del desarrollo del vaciado del natural, como la cooperación de otros escultores dentro de un mismo proceso y la implicación del modelo para un buen resultado final (Viniello, 2011, septiembre, 17).

Desde el surgimiento en la antigüedad de estos procesos de registro para la realización de mascarillas funerarias hasta su actual uso como método de confección de prótesis para idear efectos especiales en la industria del cine, el “life-casting” ha evolucionado gracias al desarrollo de materias que garantizan una copia fiel de la superficie sin que el modelo sufra ningún daño. El descubrimiento y la mejora del alginato como materia de registro, ha permitido que la técnica cambie, dejando atrás métodos de copia cruentos realizados con yeso directamente sobre la piel del modelo, ocasionando quemaduras debido a la alta temperatura que el yeso alcanza al comenzar a fraguar. Este cambio ha permitido desarrollar proyectos escultóricos basados en la copia, reproducción y transformación de la figura reproducida. Con el desarrollo y aplicación de la tecnología y aplicaciones digitales, como el escáner e impresora 3D, el “life-casting” toma una nueva dirección dentro de la producción artística, pudiendo llevar a cabo la reproducción de un modelo sin que la materia de registro intervenga en el proceso.

## 4.2. Realización de un molde de alginato dental.

### 4.2.1. Consideraciones previas al uso del alginato dental como agente de moldeo.

En esta práctica se ha utilizado la variedad de alginato dental *Phase Plus* comercializado por la compañía *Zhermack*, destinado a uso odontológico para ofrecer una mayor seguridad al modelo, tanto por la inocuidad de sus componentes ante nuestra salud como por su gran capacidad de copia del detalle. Aunque siguiendo las indicaciones del fabricante en cuanto a proporciones de polvo y agua, se ha variado el procedimiento de mezclado habitual empleándolo en grandes cantidades de polvo y agua refrigerada entre 2° C y 4° C, a muy baja temperatura para obtener tiempo extra durante el proceso de aplicación de la materia en el cuerpo del modelo. Esta variación de cantidades y temperatura en el agua, hacen que la materia se adapte perfectamente a las fases de moldeo para una práctica de reproducción escultórica (*figura 21*) (Derda *et al.* 2011).



*Figura 21:* Imagen de Juan Carlos Roa Fernández. (2015) Obra de José Javier Ángeles Alejo. *Reproducción escultórica a partir de fase de moldeo por alginato dental sobre modelo del natural.* Fotografía digital. Detalle.

En el mercado existen alginatos no dentales fabricados especialmente para procesos de vaciado del natural que presentan una tixotropía<sup>18</sup> más adecuada que el resto de los alginatos dentales. Por el contrario, los alginatos dentales, aunque también tienen propiedades tixotrópicas, fraguan con mayor rapidez, pudiendo perder ciertos registros de la superficie durante el proceso de aplicación. No obstante, los alginatos que no proceden de la industria odontológica podrían contener componentes tóxicos que causen rechazo con la piel o perjudiciales para nuestra salud una vez entren en contacto con nuestras mucosas, como la boca, genitales o los lacrimales de los ojos. Por este motivo, la elección de la variedad de alginato *Phase Plus*, procedente de la industria odontológica nos otorga la certeza de que los procesos de trabajo en los que esta materia está en contacto con la piel no presentan ningún peligro, exceptuando casos muy concretos de alergias cutáneas.

La colaboración de un modelo humano en la creación artística puede ofrecer múltiples posibilidades compositivas. En determinadas circunstancias no se podría llevar a cabo este tipo de prácticas sin la ayuda de un modelo. Su participación en la creación de una obra ofrece un punto de vista cercano y real de aquella idea que se pretende transfigurar. La metodología de realización de moldes sobre modelos del natural únicamente puede variar según la postura y fisionomía del modelo. Esta metodología se basa en la pose del modelo y la aplicación del alginato dental sobre su cuerpo. El siguiente paso es aplicar vendas de escayola para confeccionar una madreforma.

Consolidados los materiales, se retira el molde en el que se vierte la materia oportuna, generalmente, escayola. Fraguada la materia de su interior, tan solo hay que retirar la madreforma de vendas de escayola y el molde de alginato dental para dejar la pieza reproducida al descubierto (*figura 22*).

---

<sup>18</sup> La tixotropía es la propiedad que tienen los coloides de disminuir su viscosidad por movimiento o agitación. La viscosidad vuelve a recuperarse en estado de reposo.



*Figura 22: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Reproducciones procedentes de fases de moldeo con alginato dental sobre modelos del natural. Fotografía digital.*

Antes de proceder con la práctica es importante tener en cuenta las siguientes consideraciones para un mejor desarrollo de cada una de las fases del procedimiento:

- 1 Comprobar que el modelo no presenta ningún tipo de alergia a los fluorotitanatos de potasio<sup>19</sup>. Una manera de comprobarlo es aplicar una mínima cantidad de alginato dental sobre la parte dorsal de su mano. En el caso de presentar algún tipo de alergia el modelo comenzará a experimentar sensación de picor y un leve enrojecimiento de la zona. Se trata de una dermatitis<sup>20</sup> por contacto producida por una hipersensibilidad que nos indica que bajo ningún concepto esa persona puede someterse a este procedimiento, ya que el uso masivo de esta materia en todo su cuerpo podría tener consecuencias muy graves para su salud (Villoria, 2004).
- 2 La práctica de moldeo por alginato dental sobre un modelo del natural requiere un ritmo rápido de trabajo a consecuencia de los breves tiempos de trabajo y fraguado que los materiales presentan. La acción cooperativa en la que colaboren hasta tres personas ofrece más posibilidades de aplicar toda la masa de materia antes de que fragüe. El cuerpo de un modelo es una superficie muy amplia para la aplicación de alginato dental, que le mantendrá totalmente inmóvil si la práctica así lo requiere. El modelo permanecerá rígido y con los ojos cerrados, dado que su rostro estará cubierto de materia. Normalmente, transcurridos treinta minutos, el modelo comienza a impacientarse o fatigarse, además de acusar hipotermia. Este hecho hace que la persona que está confeccionando el molde acelere su ritmo de trabajo, obteniendo un resultado de menor calidad, limpieza o exactitud. Es muy importante que los tiempos de trabajo estén muy marcados. Modelos que participan en estas pruebas pueden perder la calma, hasta el punto de vernos obligados a retirar todo el material ya aplicado.

---

<sup>19</sup> El fluorotitanato de potasio (polvo) es un agente que por sus propiedades puede definirse como gelificante. Se emplea para refinar el grano del aluminio. Se obtiene de la disolución de dióxido de titanio en ácido fluorhídrico y añadiendo fluoruro potásico (Paredes, 2010, p.62).

<sup>20</sup> Los alginatos destinados como agentes de moldeo fabricados a bajo coste pueden contener componentes no aptos para nuestra piel, como plomo, cobre y otros metales pesados con los que podemos desarrollar una dermatitis por contacto o una afección grave si la materia es ingerida o entra en contacto con nuestras mucosas.

- 3 Usar agua a temperatura óptima para prolongar el periodo de gelificación y aumentar la tixotropía de la materia. El gel que se aplica sobre el cuerpo del modelo obtendrá la misma temperatura que el agua empleada. Pulverizar agua sobre el modelo para adaptar su cuerpo a la temperatura del molde evita cambios bruscos de temperatura. Pulverizar agua también elimina la tensión superficial, evitando la aparición de burbujas. La calidad del resultado no disminuirá, aunque el lugar esté calefactado y con temperatura elevada, siempre y cuando el agua continúe permaneciendo fría. Un aumento de temperatura en el agua acelerará el fraguado del gel.
  
- 4 En el caso de que la mezcla de polvo y agua se realice a mano, ha de prepararse en un recipiente con forma de semiesfera para poder hacer movimientos continuos, de lo contrario podría darse la aparición de grumos acumulados en los ángulos que el recipiente pudiera tener y a los que la herramienta tendría un difícil acceso. Otra opción para efectuar la mezcla de alginato dental y agua es el empleo de una hélice de pintura adaptada a un taladro de mano. Este método es el ideal para mezclar grandes cantidades de alginato dental, que gracias a la potencia adquirida en el movimiento elimina por completo los grumos que la materia genera durante la mezcla.
  
- 5 Todos los materiales y utensilios han de estar dispuestos para su uso inmediato. Es primordial que todo esté al alcance de nuestra mano para administrar de manera certera los tiempos de trabajo. Para ello es recomendable:
  - Tener todos los envases de alginato dental abiertos o dispuesto en un único recipiente de mayor tamaño.
  - Fuentes de agua constante para realizar un proceso de mezclado uniforme. En su defecto un recipiente de mayor tamaño que contenga el agua necesaria.
  - Varios recipientes de mezcla para no invertir tiempo en limpiar el que se haya utilizado.
  - En el caso de emplear vendas de escayola, agrupar en disposición de uso, cortadas a medida y preparadas para colocar.
  - Tener un recipiente independiente para humedecer las vendas.
  - Utilización de recipientes calibrados para la obtención de mezclas más precisas y proporcionadas (alginato dental y agua).

- 6 Mantener los materiales apartados entre sí, ya que el ritmo acelerado de trabajo puede ocasionar tropiezos, accidentes o mezclas entre materiales que no procedan, estropeando el proceso de trabajo.
  
- 7 El modelo ha de tener las nociones de pose artística necesarias para obtener un resultado óptimo en cuanto a composición y belleza. Se debe supervisar su postura constantemente debido a que, en el transcurso del procedimiento, el modelo comenzará a relajar la pose, reduciendo considerablemente la tensión de la obra resultante.

A tenor de estos factores, el alginato dental puede introducirse de múltiples formas dentro de la reproducción escultórica, bien como agente de moldeo o bien como materia para el positivado teniendo en cuenta la retracción y los cambios dimensionales.

#### 4.2.2. Fases de moldeo con alginato dental sobre un modelo del natural.

Antes de proceder a la aplicación de la materia gelificada, se administra jabón o crema a modo de desmoldeante en cejas, pestañas y cabello colindante al rostro. Con el modelo preparado, se realiza la mezcla de agua y polvo. Es recomendable que el polvo esté en el recipiente y posteriormente se vierta el agua para tener un control de proporciones. Este orden permitirá que el polvo se mezcle con el agua de manera uniforme, facilitando el proceso de gelificación (Romero Maroto y Valle González, 2015, p. 18).

Se aplica el gel sobre el modelo desde arriba hacia abajo. Se parte desde la zona superior para que la materia desprenda por todo el cuerpo del modelo (*figura 23*). Las propiedades tixotrópicas del alginato dental contribuyen a la búsqueda y registro de orificios y recovecos en la superficie de la piel. A menor temperatura del agua invertida en la mezcla, mayor será el tiempo de trabajo, por lo que la materia en estado gel, permitirá recibir la adición de mezclas sucesivas para dar un mayor grosor a la pared del molde de alginato dental (*figura 24*).



*Figura 23:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Realización de molde de alginato dental.* Izquierda: Modelo posturizada para procesos de moldeo con alginato dental. Fotografía digital. Derecha: Inicio de aplicación del alginato dental en estado gel sobre el cuerpo de la modelo.



*Figura 24: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Realización de molde de alginato dental. Fotografía digital. Izquierda: aplicación del alginato dental en estado gel sobre el cuerpo de la modelo. Derecha: aplicación del alginato dental en estado gel sobre el cuerpo de la modelo. Detalle del cambio cromático correspondiente al proceso de aplicación y al fraguado de la materia.*

Aplicada la capa de gel sobre la superficie, es fundamental confeccionar una madreforma que contenga y sustente el molde de alginato dental tras su proceso de fraguado. Uno de los métodos más adecuados para realizarla es la introducción de vendas de escayola. Una medida adecuada para cortar la venda de escayola es la que posee el propio modelo de hombro a hombro. De esa medida, se toma la mitad para la aplicación de vendas en rostro y cuello. El grosor de la madreforma es aproximadamente de doce cortes de venda que crucen todo el cuerpo del modelo de manera vertical y otros ocho de manera horizontal, como si de un tejido se tratara.

Es un procedimiento con tiempos muy acelerados, en los que es común retirar el molde de alginato dental de la piel del modelo sin que la madreforma haya fraguado por completo. Como consecuencia, el cuello representa uno de los puntos más débiles del molde. En circunstancias de humedad elevada como esta, el cuello sufre la rotura o deformación al retirar el molde. Para aumentar la resistencia, se introduce un listón o vástago de madera, que adherimos a la madreforma partiendo de la barbilla al esternón, obteniendo un punto estructural de firmeza que además, podremos utilizar como zona de

agarre (*figura 25*). Si la sustentabilidad del conjunto queda comprometida, se introducirán tantos listones como sea necesario, uniéndolos a la madreforma con la propia venda de escayola (*figura 26*).

Las fuentes de calor externas como estufas o secadores pueden inducir al molde de alginato dental a un proceso de sinéresis acelerado, quedando adherido<sup>21</sup> a la piel del modelo con el consiguiente deterioro del molde. Para evitar la adherencia del molde a la piel, se pulveriza agua en los bordes del conjunto, actuando además como desmoldeante natural.



*Figura 25:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Realización de molde de alginato dental*. Fotografía digital. Izquierda: inicio de aplicación de vendaje de escayola sobre la superficie del molde de alginato dental. Derecha: introducción de primer listón de madera para la conservación de la forma de la madreforma y agarre para retirar el conjunto.

---

<sup>21</sup> La viscosidad y la tixotropía del alginato aplicado en una superficie lisa, puede hacer efecto ventosa. En esta circunstancia el intercambio de temperatura entre el cuerpo del modelo y el alginato fraguado, junto con el exudado de agua de la materia, conducen al deterioro y secado de las zonas periféricas del molde, que quedan fuertemente pegadas a la piel.



Figura 26: José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Realización de molde de alginato dental*. Fotografía digital. Izquierda y derecha: introducción del segundo listón de madera para asegurar la estructura de la madreforma y agarre para retirar el conjunto.

Con la máxima precaución se retira el molde del cuerpo del modelo. Es preciso retirar la madreforma y el molde de alginato dental en un mismo tiempo, de tal manera que ambos permanezcan unidos en todo momento. Puede suceder que únicamente se separe la madreforma, quedando el molde de alginato dental unido a la superficie (*figura 27*). Este hecho es un indicativo de que el molde ha quedado obstruido en alguna cavidad del cuerpo como una oreja, la boca, una articulación, una mano o también, enredado en el vello corporal. Esta se deposita en un emplazamiento adecuado para encajar correctamente el molde de alginato dental en su interior. Se retira el molde masajeando la piel del modelo en aquellas zonas cercanas a los bordes. El movimiento corporal provoca que el material fraguado quede liberado. El agua pulverizada entre el molde y la piel del modelo favorece la separación. El molde de alginato dental es depositado en el interior de la madreforma, con la certeza de que encaje correctamente (*figura 28*) y (*figura 29*). En el caso contrario, los abultamientos propios de la impronta de la madreforma pueden ocasionar cambios en la superficie del molde de alginato dental, que derivarán en una deformación de la figura a positivar.

Se invertirá el tiempo que sea necesario para encajar las dos partes, considerando que en condiciones adecuadas de temperatura, el cambio dimensional brusco de la materia se inicia a partir de 4 a 6 horas del proceso de fraguado. Pueden surgir pequeños depósitos de agua procedente del gel y sudoración del modelo en las zonas cóncavas del molde de alginato dental. Los excesos de agua en la superficie del molde una vez retirado, pueden derivar en una deformación de la superficie del positivado. El agua sobrante se retira presionando ligeramente con papel absorbente.



*Figura 27: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Realización de molde de alginato dental. Fotografía digital. Izquierda: madreforma de vendas de escayola retirada de la superficie del molde de alginato dental. Derecha: interior de la madreforma.*

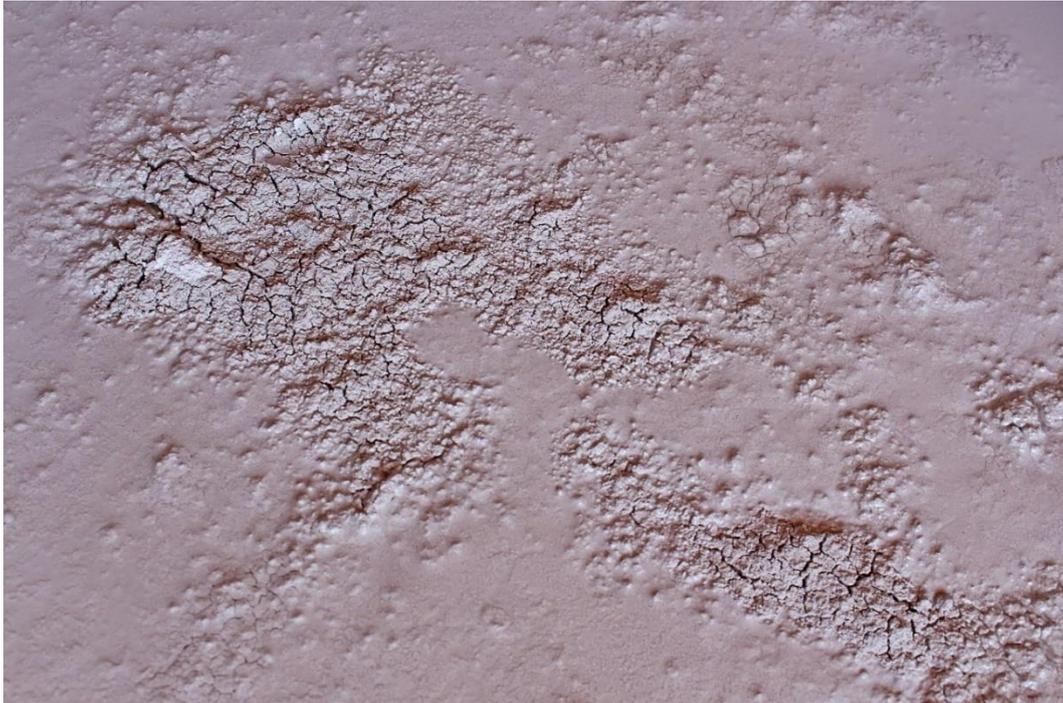


*Figura 28: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Realización de molde de alginato dental. Fotografía digital. Interior del molde de alginato dental fraguado.*



*Figura 29: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Realización de molde de alginato dental. Fotografía digital. Izquierda: interior del molde de alginato dental. Copia y registro de una de las manos de la modelo. Derecha: interior del molde de alginato. Copia y registro del ropaje de la modelo.*

La mezcla de escayola y agua se realiza en la proporción óptima para llevar a cabo un proceso de colada, con la finalidad de que la escayola recorra toda la superficie del molde (*figura 30*). Se mezcla tanta escayola que sea necesaria para ocupar por completo el interior del molde sin necesidad de macizar. La escayola no queda adherida al alginato dental, por lo que no es necesario emplear ningún tipo de desmoldeante. Para evitar posibles fracturas en la pieza se introduce esparto en la escayola mientras aún se encuentra en estado líquido. El esparto distribuido en el interior de la mezcla refuerza las zonas con más riesgo de rotura como el cuello, el rostro o las muñecas. El tiempo mínimo para que concluya el proceso de fraguado está comprendido entre dos y cinco horas, dependiendo del tamaño de la reproducción. Durante este tiempo se produce la evaporación de cierta cantidad de agua que la escayola contiene en su interior. A partir de las seis horas aproximadamente, el molde de alginato dental comienza a nutrirse del agua que la escayola expulsa, manteniéndolo frágil y sin que se produzca un cambio dimensional severo por retracción. Por el contrario, el molde queda embebido.



*Figura 30:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Realización de molde de alginato dental.* Fotografía digital. Hidratación de la escayola en el proceso de mezcla.

La extracción de la reproducción del interior del molde de alginato dental es una labor delicada que puede poner en peligro determinadas partes de la superficie de la figura. Se voltea el conjunto de forma que el frontal de la pieza quede mirando hacia arriba. La madreforma de vendas de escayola se desecha dejando al descubierto el molde de alginato dental. Orejas y dedos son las zonas con las que más precauciones hay que tomar. El molde de alginato dental se rompe en tantas partes como sea necesario para dejar la imagen al descubierto (*figura 31*). Todos los fragmentos del molde que hayan quedado atrapados en grietas, huecos y cavidades de la figura han de extraerse. La tixotropía del material hace que este se introduzca en zonas de difícil acceso. Si estos fragmentos no son retirados pueden iniciar su proceso de sinéresis convirtiéndose en un fragmento sólido difícil de extraer. La retirada de estos fragmentos en estado sólido puede derivar en el rallado y deterioro de la superficie de la obra (*figura 32*), (*figura 33*), (*figura 34*) y (*figura 35*).



*Figura 31: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Realización de molde de alginato dental. Fotografía digital. Búsqueda de la superficie reproducida para la retirada del molde de alginato dental.*



*Figura 32: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Realización de molde de alginato dental. Fotografía digital. Retirada del molde de alginato dental de la reproducción de escayola. Extracción de fragmentos.*



Figura 33: José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Realización de molde de alginato dental*. Fotografía digital. Retirada del molde de alginato dental de la reproducción de escayola. Detalles de la mano.



Figura 34: José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Realización de molde de alginato dental*. Fotografía digital. Retirada del molde de alginato dental de la reproducción de escayola.



*Figura 35: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Realización de molde de alginato dental. Fotografía digital. Retirada del molde de alginato dental de la reproducción de escayola. Limpieza de pequeños fragmentos introducidos en las oquedades del cuerpo.*

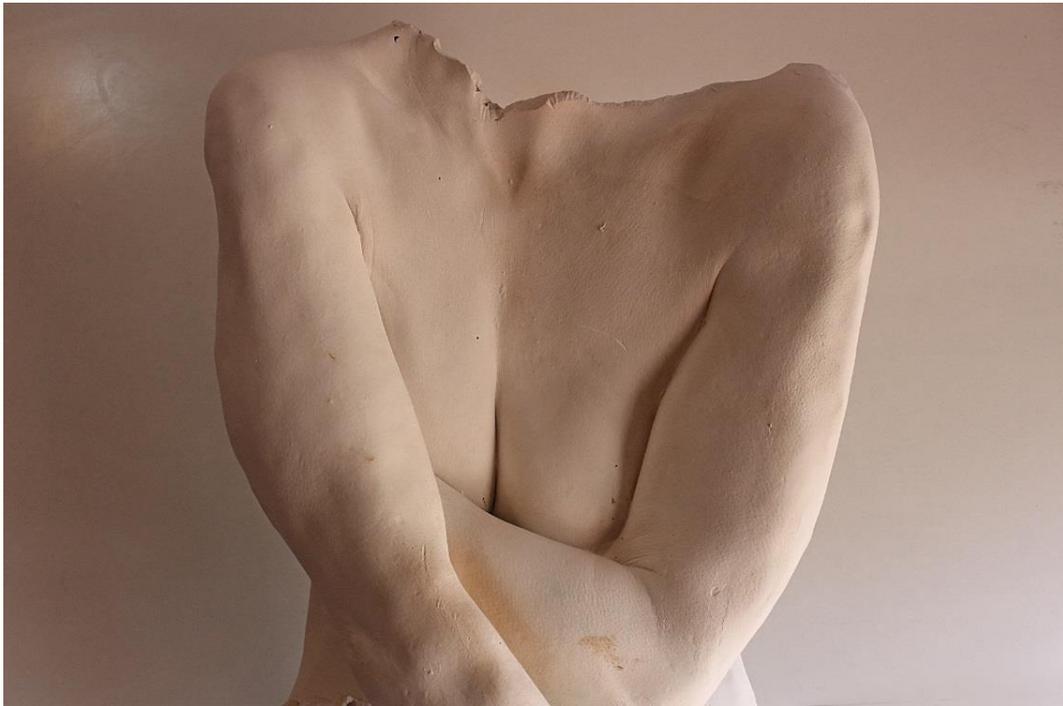


*Figura 36: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Realización de molde de alginato dental. Fotografía digital. Desechos producidos en el proceso de moldeo con alginato dental.*

Los moldes de alginato dental admiten gran variedad de materiales de reproducción escultórica como escayolas, cementos, resinas e incluso ceras en estado líquido a temperaturas no muy altas. En el caso de verter cemento en el molde, requerirá hidratación de manera continua. Esta sobrehidratación afecta directamente al molde de alginato dental ralentizando el proceso de sinéresis.

### 4.2.3. Limpieza y adecuación estética de la reproducción.

La limpieza de la reproducción escultórica se centra en la eliminación de materias sobrantes que actúan en detrimento del equilibrio estético de la figura. Se trata de zonas agrietadas, pequeñas burbujas que han originado una oquedad en la superficie o fragmentos de alginato dental procedentes del molde que han quedado encajados en los dobleces y recovecos del cuerpo reproducido. Para su adaptación en peana, se ha medido el grosor de toda la superficie para determinar cuáles son los puntos de mayor riesgo de fractura (*figura 37*). Se ha aplicado venda de escayola en la superficie interna para lograr una mayor rigidez. La adecuación estética está enfocada al uso de imprimaciones, pátinas y pigmentos para la búsqueda de la imitación de oxidaciones metálicas (*figura 38*).



*Figura 37:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Realización de molde de alginato dental.* Fotografía digital. Limpieza de la reproducción escultórica.



*Figura 38: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Realización de molde de alginato dental. Fotografía digital. Adaptación de la reproducción escultórica a soporte de madera por medio de vástagos metálicos.*



*Figura 39: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Realización de molde de alginato dental. Fotografía digital. Aplicación de imprimación sintética en spray negro. Detalle.*



*Figura 40: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Realización de molde de alginato dental. Fotografía digital. Aplicación de imprimación sintética en spray negro.*

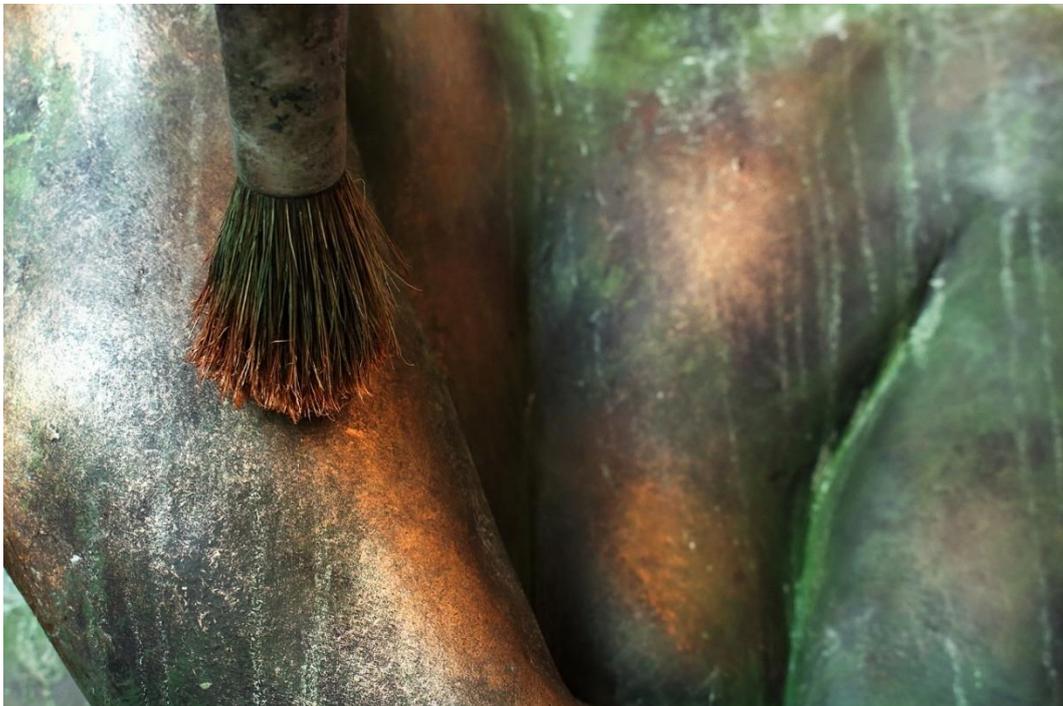
Tal y como se ha mencionado en el apartado de esta investigación *Estudio físico del alginato dental. Observaciones de los distintos ciclos y estados de la materia*, al llevar a cabo fases de moldeo con alginato dental sobre modelos del natural, se produce la transferencia al molde de pequeñas formaciones de piel muerta que pueden dar lugar a la aparición de colonias de moho. Este es otro ejemplo de transferencia, que aparentemente es inapreciable. Se trata de la caída y adherencia de vello corporal del modelo, siendo visible en el momento de aplicar la imprimación para la adecuación estética de la reproducción (*figura 41*). El vello transferido al molde, queda adherido en la escultura. Puede eliminarse frotando la superficie una vez que la imprimación haya secado, o bien, aplicando temperatura con una pistola de aire caliente, en el caso de que persista.



*Figura 41:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Realización de molde de alginato dental*. Fotografía digital. Vello corporal transferido a la reproducción por medio de la adherencia al molde. Detalle

Se ha administrado una pátina de bronce antiguo con realce de tonos dorados que dejan al descubierto las zonas pulidas o con desgaste de las piezas originales de bronce (*figura 42*). La primera capa es de pintura acrílica de color verde oliva oscuro, en este caso, aplicada de manera irregular por la superficie y los recovecos de la reproducción. El sobrante de la pintura se retira con un trapo. El trapo impregnado, se frota por la superficie dejando la huella de la propia pintura. Del mismo modo y en menor medida, se introduce

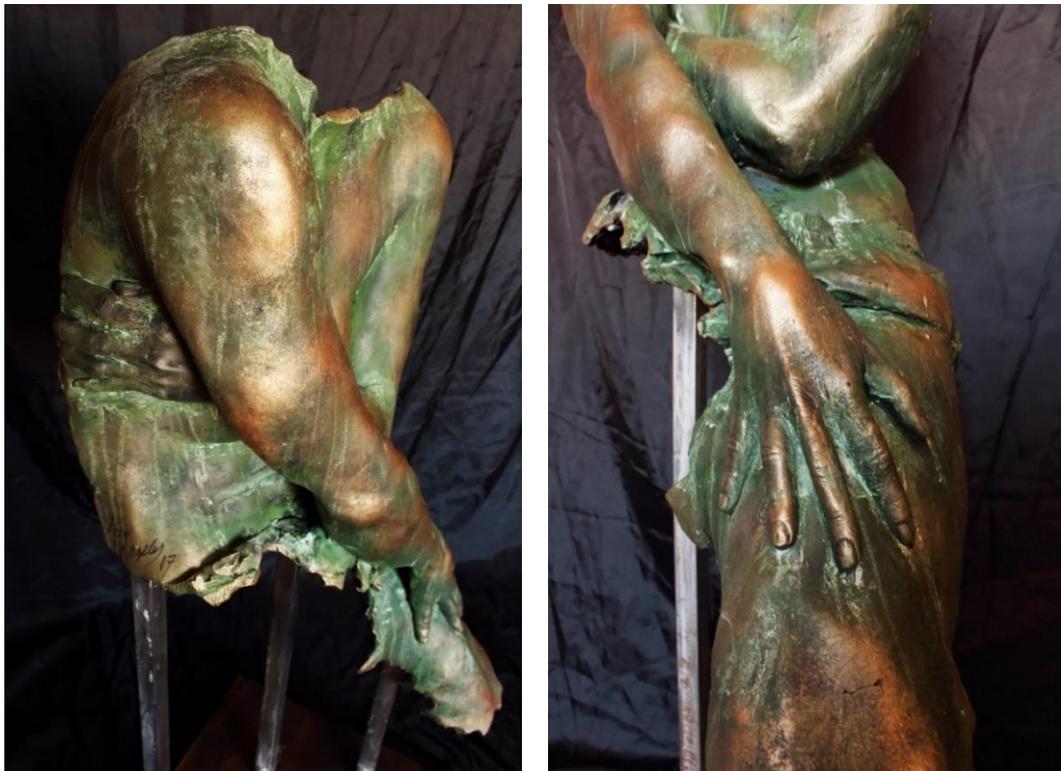
acrílico color rojo óxido para realzar los sutiles tonos rojizos del bronce. Para emular las gotas de óxido se ha utilizado acrílico color verde óxido de cadmio diluido en agua, cargando una brocha de pintura y haciendo contacto en la superficie. La presión deja caer las gotas de pintura diluida. A medida que la pintura seca, se procede a friccionar con el trapo. La introducción de textura de óxido en las gotas se realiza sumando a esta disolución de pintura verde, óxido de zinc, con el que se obtiene una tonalidad más blanquecina. Al no mezclarse totalmente con el agua, dará un tono más vetusto a la oxidación (*figura 43*). Para obtener un aspecto más pulverulento en los pliegues y zonas susceptibles a la oxidación, se aplica en pequeñas cantidades pigmento verde y polvos de talco. Con un trapo se elimina el exceso de pigmento. La superficie de la figura se pulimenta a base de cera roja para mueble, ofreciendo una apariencia más acabada.



*Figura 42: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Obra de José Javier Ángeles Alejo. Realización de molde de alginato dental. Fotografía digital. Punteado con pincel seco de pintura acrílica metalizada tono bronce.*



*Figura 43: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Obra de José Javier Ángeles Alejo. Realización de molde de alginato dental. Fotografía digital. Aplicación de óxido de zinc sobre la superficie de la reproducción. Detalle.*



*Figura 44: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Obra de José Javier Ángeles Alejo. Realización de molde de alginato dental. Fotografía digital. Derecha e izquierda: Abrillantado a base de cera roja para mueble. Detalle.*



*Figura 45: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Obra de José Javier Ángeles Alejo. Realización de molde de alginato dental. Fotografía digital. Reproducción escultórica con pátina de bronce realizada a partir de fases de moldeo con alginato dental sobre modelo del natural. Detalle.*



Figura 46: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Obra de José Javier Ángeles Alejo. *Realización de molde de alginato dental*. Fotografía digital. Obra concluida. Reproducción escultórica con pátina de bronce.

<b>Características técnicas de la obra.</b>	
Técnica	Reproducción escultórica. Fases de moldeo con alginato dental sobre modelo del natural.
Variedad de alginato dental	<i>Phase Plus (Zhermack).</i>
Cantidad	5 envases (2.265 gramos).
Material de reproducción	Escayola E-35 (Norma UNE-EN 13.279).
Pátina	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Imprimación negro sintético.</li> <li>• Acrílico Verde oliva.</li> <li>• Acrílico Rojo óxido de hierro.</li> <li>• Acrílico Verde óxido de cadmio.</li> <li>• Óxido de zinc.</li> <li>• Polvo de talco.</li> <li>• Cera roja para mueble.</li> </ul>
Dimensiones	110 cm x 35 cm x 50 cm

Tabla 1: Características técnicas de la reproducción escultórica realizada mediante fases de moldeo con alginato dental.

### 4.3. Fase de intervención en las reproducciones escultóricas para la adaptación a procesos de adecuación estética.

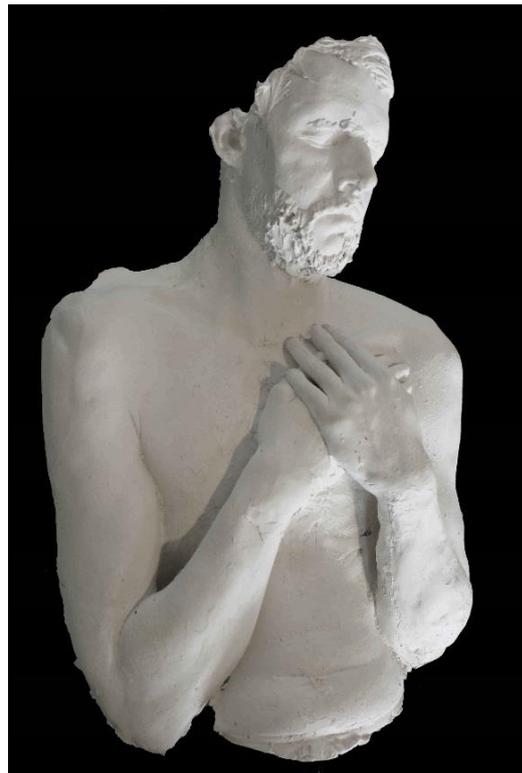
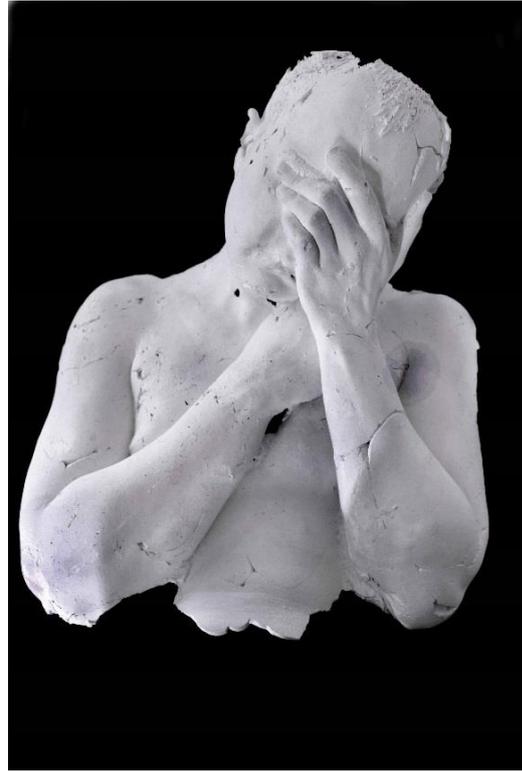


*Figura 47:* Imagen de Marcelino Miguel de Castro. (2016) Obra de José Javier Ángeles Alejo. *Musa. (Figura central)*. Fotografía digital. Eliminación de materia sobrante de reproducción escultórica realizada mediante fases de moldeo con alginato dental sobre modelos del natural.

Los procesos de adecuación estética de las reproducciones de escayola extraídas de moldes de alginato dental, en ocasiones, pueden requerir tratamientos superficiales para la eliminación de rebabas, burbujas, grietas, abultamientos, espacios sin reproducir u otro tipo de imperfecciones, generadas por la aparición de un espacio vacío entre el molde y el modelo o por pequeños depósitos de agua durante el vertido de la materia en el interior del molde. El material de reproducción que mejor se adapta a los moldes de alginato dental es la escayola. Todas las marcas de alginatos de origen odontológico están adaptados a estos materiales de vaciado.

Uno de los inconvenientes de las reproducciones a gran escala es el alto grado de humedad al que los materiales están expuestos durante varias horas. La escayola posee unas cualidades de fraguado y endurecimiento total que se completan al cien por cien una vez el agua del interior de la reproducción se ha evaporado. Este tipo de reproducciones, pueden mostrar gran debilidad estructural al extraerlas del molde, debido al alto grado de humedad que la materia retiene. Zonas concretas de la superficie, pueden tener menos grosor que otras, presentando puntos de debilidad en los que la reproducción puede quebrar durante la manipulación. Esta eventualidad se solventa mientras la reproducción aún está húmeda, añadiendo escayola con esparto a la cara interna (*figura 48*).

En contraposición, la intervención para eliminar imperfecciones se ejecuta con mayor facilidad mientras la reproducción aún está húmeda, presentando esta una menor dureza para la eliminación de materia sobrante. Pulverizar agua sobre la superficie seca, contribuye al reblandecimiento y retirado de esta materia. Este fenómeno se justifica debido a la alta capacidad higroscópica que conduce a la materia a la absorción masiva de agua en contacto con una fuente continua, debilitando las partículas y disolviendo la escayola a largo plazo. Es en esta fase cuando se eliminan los fragmentos de molde de alginato dental que quedan atrapados en zonas profundas de la reproducción como axilas, dedos de las manos y otros pliegues, que se extraen inmediatamente después de la obtención de la pieza.



*Figura 48: José Javier Ángeles Alejo. (2015) Reproducciones escultóricas en bruto extraídas de los moldes de alginato dental. Fotografía digital.*

La eliminación de agua del interior de la reproducción es necesaria para la posterior adecuación estética. El agua en proceso de evaporación levantará la capa pictórica aplicada. La aplicación de gomas, lacas o tapa poros sobre superficies húmedas, pueden llevar a un debilitamiento total de la reproducción, a causa del encapsulado de la humedad, que al no tener una superficie porosa por la que ser expulsada, reblandecerá el interior de la reproducción hasta que seque paulatinamente.

Estas intervenciones escultóricas precisan materiales muy volátiles y tóxicos con los que hay que incrementar la higiene y seguridad con el uso de mascarillas para polvo y gases, como la acción de eliminación de materia sobrante de la reproducción, llenando el ambiente de polvo en suspensión. La utilización de imprimaciones y pinturas comprimidas con gases tóxicos y el empleo de pigmentos procedentes de algunos óxidos y minerales pueden derivar en grandes formaciones de polvo respirable.



Uso de guantes de látex y mascarilla.

La introducción de imprimaciones sintéticas en aerosol, gracias a la adaptabilidad que la pintura presenta, elimina los poros abiertos de la superficie de la reproducción otorgándole cierta resistencia a la humedad del exterior. Dentro del extenso abanico de técnicas artísticas basadas en la aplicación de pátinas y refinamiento de superficies, los métodos de pincel seco y pigmentación ofrecen un acabado muy cercano a los óxidos metálicos naturales. La aplicación de la pátina se inicia imprimando la reproducción con una base de pintura sintética (*figura 49*).

La técnica de pincel seco aporta las tonalidades metálicas del material a emular. Estas tonalidades también pueden obtenerse frotando un trapo impregnado con la propia pintura, dejando rastros irregulares. Mientras la pintura aún está en estado mordiente, se espolvorea el pigmento correspondiente al óxido metálico, tanto si es de origen natural como de origen sintético, quedando adherido a la superficie (*figura 50*).

Existen tonalidades de óxido internas que en las esculturas de bronce natural presentan una tonalidad blanquecina. Para igualar este efecto se espolvorea del mismo modo polvo de talco. Frotar cera abrillantadora sobre la superficie afianza las tonalidades de color, dándole una apariencia más acabada (*figura 51*).

Al tratarse de reproducciones de escayola, la adherencia a peana como escultura exenta o lamina de madera para adaptación a relieve se realiza con cola para madera. La porosidad de la escayola permitirá afianzar los materiales rápidamente.



*Figura 49:* Imagen de Marcelino Miguel de Castro. (2016) Obra de José Javier Ángeles Alejo. *Musa*. (Figura izquierda). Fotografía digital. Adecuación estética de reproducción escultórica realizada mediante fases de moldeo con alginato dental sobre modelos del natural. imprimación sintética en spray sintético negro para la aplicación de pátina. Detalle.



*Figura 50:* Imagen de Juan Carlos Roa Fernandez. (2016) Obra de José Javier Ángeles Alejo. *Musa* (figura izquierda). Fotografía digital. Adecuación estética de reproducción escultórica realizada mediante fases de moldeo con alginato dental sobre modelos del natural. Aplicación de pátina gris metalizado. Detalle.



*Figura 51:* Imagen de Juan Carlos Roa Fernandez. (2016) Obra de José Javier Ángeles Alejo. *Musa* (figura izquierda). Fotografía digital. Adecuación estética de reproducción escultórica realizada mediante fases de moldeo con alginato dental sobre modelos del natural. Aplicación de pátina: pigmentación de óxido de hierro sobre imprimación gris metalizado. Detalle.



*Figura 52: José Javier Ángeles Alejo. (2016) Obra de José Javier Ángeles Alejo. Musa (figura izquierda) Fotografía digital. Adecuación estética de reproducción escultórica realizada mediante fases de moldeo con alginato dental sobre modelos del natural. Detalle.*

### **4.3.1. Uso y adaptación artística de las características inherentes del alginato dental aplicadas a la producción escultórica. Cambios dimensionales producidos por el proceso de sinéresis.**

Las reacciones producidas por la naturaleza de los componentes del alginato dental provocan fenómenos estructurales propios de sustancias coloidales. Además de la consecución de estados que la materia sufre durante su proceso de transformación, también se incluyen como propios los procesos de deterioro. Los procesos de deterioro son aquellos en los que la materia comienza a perder todas sus características y cualidades, como la elasticidad, viscosidad o tixotropía. Sin embargo, ciertos procesos otorgan a la materia unas características muy particulares en forma y dimensión, haciendo que esta disminuya considerablemente su tamaño de manera homogénea (*figura 53*).



*Figura 53:* Imagen de Marcelino Miguel de Castro. (2015) Obra de José Javier Ángeles Alejo. *Cambio dimensional*. Fotografía digital. Uso del alginato dental como materia de reproducción. Experimentación basada en cambios dimensionales.

Nos referimos a la adaptación del proceso de sinéresis dentro de las adecuaciones estéticas de determinadas reproducciones escultóricas. Este proceso, por el cual el alginato dental expulsa una gran cantidad de agua invertida en su mezcla, provoca un cambio

dimensional que se percibe de manera notoria cuando el alginato es utilizado como materia de reproducción de moldes.

Tal y como se ha demostrado, los cambios dimensionales pueden llevar consigo la deformación parcial de la superficie de la reproducción. Estas deformaciones producidas en reproducciones de figuras de alginato dental proporcionan cualidades estéticas muy visuales que en función de la deformidad, pueden otorgar formas muy potentes para expresar acciones dentro de contextos artísticos determinados. Este tipo de deformaciones pueden ser controladas mediante la manipulación de los moldes o con la adaptación postural de la reproducción.

Aplicar un aumento de temperatura a una reproducción de alginato dental durante el proceso de sinéresis, contribuye por completo a su deformación, pudiendo controlar el nivel de aberración e imperfección (*figura 54*).



*Figura 54: José Javier Ángeles Alejo. (2015) Uso del alginato como materia de reproducción. Fotografía digital. Experimentación basada en cambios dimensionales. Variedad de alginato dental Orthoprint de Zhermack. Izquierda: deformación producida por aumento de temperatura durante el proceso de sinéresis. Derecha: cambio dimensional homogéneo.*



*Figura 55: José Javier Ángeles Alejo. (2015) Uso del alginato como materia de reproducción. Fotografía digital. Comparativa de cambios dimensionales provocados por procesos de retracción. Reproducción izquierda: variedad de alginato *Phase Plus* de la compañía *Zhermack*. Reproducción derecha: vaciado de molde de alginato dental con escayola *E-35*.*

#### **4.4. Reproducciones escultóricas realizadas a partir de fases de moldeo con alginato dental sobre modelos del natural. Proyectos artísticos expositivos.**

Las siguientes obras escultóricas se han llevado a cabo mediante los parámetros técnicos específicos para la realización de reproducciones a partir de la aplicación de alginato dental sobre modelos del natural. Las posibilidades compositivas que el hidrocoloide ofrece se muestran en el alto grado estético que muestra cada una de las improntas producidas por el contacto de la piel de los modelos sobre el alginato dental. Estas esculturas están realizadas en torno a un estudio para idear nuevos procedimientos de copia, como la reproducción del cabello de los modelos o la introducción de los cambios dimensionales de la materia para obtener figuras de menor tamaño. Todas las obras escultóricas que se describen en este apartado se han confeccionado con la variedad de alginato dental *Phase Plus* de *Zhermack*, cuyas características técnicas se adaptan tanto a la copia de la superficie como a la reproducción en escayola.

##### **Obra escultórica nº1.**



*Figura 56:* Imagen de Marcelino Miguel de Castro. (2016) Obra de José Javier Ángeles Alejo. *Musa*. Fotografía digital. Obra escultórica reproducida mediante fases de moldeo con alginato dental sobre modelos del natural.



*Figura 57:* Imagen de Marcelino Miguel de Castro. (2016) Obra de José Javier Ángeles Alejo. *Musa*. Fotografía digital. Obra escultórica reproducida mediante fases de moldeo con alginato dental sobre modelos del natural. Detalle.



*Figura 58:* Imagen de Marcelino Miguel de Castro. (2016) Obra de José Javier Ángeles Alejo. *Musa*. Fotografía digital. Obra escultórica reproducida mediante fases de moldeo con alginato dental sobre modelos del natural. Detalle figura izquierda.



*Figura 59:* Imagen de Marcelino Miguel de Castro. (2016) Obra de José Javier Ángeles Alejo. *Musa*. Fotografía digital. Obra escultórica reproducida mediante fases de moldeo con alginato dental sobre modelos del natural. Detalle figura central.



*Figura 60:* Imagen de Marcelino Miguel de Castro. (2016) Obra de José Javier Ángeles Alejo. *Musa*. Fotografía digital. Obra escultórica reproducida mediante fases de moldeo con alginato dental sobre modelos del natural. Detalle figura derecha.



*Figura 61:* Imagen de Marcelino Miguel de Castro. (2016) Obra de José Javier Ángeles Alejo. *Musa*. Fotografía digital. Obra escultórica reproducida mediante fases de moldeo con alginato dental sobre modelos del natural. Figura derecha.



*Figura 62:* Imagen de Marcelino Miguel de Castro. (2016) Obra de José Javier Ángeles Alejo. *Musa*. Fotografía digital. Obra escultórica reproducida mediante fases de moldeo con alginato dental sobre modelos del natural. Detalle figura central.



*Figura 63:* Imagen de Marcelino Miguel de Castro. (2016) Obra de José Javier Ángeles Alejo. *Musa*. Fotografía digital. Obra escultórica reproducida mediante fases de moldeo con alginato dental sobre modelos del natural. Detalle figura izquierda.



Figura 64: Imagen de Marcelino Miguel de Castro (2016) Obra de José Javier Ángeles Alejo. *Musa*. Fotografía digital. Obra escultórica reproducida mediante fases de moldeo con alginato dental sobre modelos del natural. Detalle del conjunto.

<b>Características técnicas de la obra.</b>	
Técnica	Reproducción escultórica. Fases de moldeo con alginato dental sobre modelos del natural.
Variedad de alginato dental	<i>Phase Plus (Zhermack).</i>
Cantidad	9 envases (4.077 gramos).
Material de reproducción	Escayola <i>E-35</i> (Norma UNE-EN 13.279).
Pátina	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Imprimación sintética en spray negro.</li> <li>• Pincel seco Rojo óxido.</li> <li>• Pigmento óxido de hierro</li> <li>• Talco</li> </ul>
Dimensiones	Figura: 112 cm x 62 cm x 33 cm

Tabla 2: Características técnicas de la reproducción escultórica realizada mediante fases de moldeo con alginato dental.

## Obra escultórica nº2.

Se han confeccionado obras mediante la reproducción de partes del cuerpo de modelos empleando el propio alginato como materia de relleno para el molde. El cambio dimensional que la reproducción experimenta se adapta a la realización de composiciones artísticas que contengan distintos planos de situación de personajes o escenas (*figura 66*). Los cambios dimensionales producidos por la expulsión de agua provocan un alto porcentaje de reducción de volumen por retracción. En determinadas condiciones de temperatura, esta reducción de volumen puede darse de manera homogénea en toda la superficie de la reproducción al tratarse de piezas macizas. El comportamiento de este tipo de materias ofrece grandes posibilidades compositivas para la realización de obra escultórica experimental.



*Figura: 66:* José Javier Ángeles Alejo. (2015) *The Goodness, the Madness and the Truth*. Fotografía digital. Obra escultórica reproducida mediante fases de moldeo con alginato dental sobre modelos del natural. Uso del alginato dental como materia de reproducción. Experimentación basada en cambios dimensionales.



*Figura 67: José Javier Ángeles Alejo. (2015) The Goodness, the Madness and the Truth. Vista frontal. Fotografía digital. Obra escultórica reproducida mediante fases de moldeo con alginato dental sobre modelos del natural. Uso del alginato dental como materia de reproducción. Experimentación basada en cambios dimensionales.*



Figura 68: Imagen de Juan Carlos Roa Fernandez. (2016) Obra de José Javier Ángeles Alejo. *The Goodness, the Madness and the Truth*. Figuras situadas a la izquierda. Fotografía digital. Obra escultórica reproducida mediante fases de moldeo con alginato dental sobre modelos del natural. Uso del alginato dental como materia de reproducción. Experimentación basada en cambios dimensionales. Detalle.



Figura 69: Imagen de Juan Carlos Roa Fernandez. (2016) Obra de José Javier Ángeles Alejo. *The Goodness, the Madness and the Truth*. Figuras situadas a la derecha. Fotografía digital. Obra escultórica reproducida mediante fases de moldeo con alginato dental sobre modelos del natural. Uso del alginato dental como materia de reproducción. Experimentación basada en cambios dimensionales. Detalle.

<b>Características técnicas de la obra.</b>	
Técnica mixta	Reproducción escultórica. Fases de moldeo con alginato dental sobre modelos del natural. Uso del alginato dental como materia de reproducción.
Variedad de alginato dental	<i>Phase Plus (Zhermack).</i>
Cantidad	7 envases (3.171 gramos).
Material de reproducción	Alginato dental.
Pátina	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Imprimación sintética en spray negro.</li> <li>• Pincel seco verde oliva.</li> <li>• Pigmento verde de cromo.</li> <li>• Talco</li> <li>• Pincel seco oro rojo (Titán)</li> </ul>
Dimensiones	Conjunto: 120 cm x 90 cm x 10 cm

Tabla 3: Características técnicas de la reproducción escultórica realizada mediante fases de moldeo con alginato dental.

**Obra escultórica nº3.**



*Figura 70: José Javier Ángeles Alejo. (2015) Ephemeral. Fotografía digital. Obra escultórica reproducida mediante fases de moldeo con alginato dental sobre modelos del natural. Reproducción de la parte delantera del modelo.*



*Figura 71: José Javier Ángeles Alejo. (2015) Ephemeral. Fotografía digital. Obra escultórica reproducida mediante fases de moldeo con alginato dental sobre modelos del natural. Reproducción de la parte delantera del modelo.*



*Figura 72: José Javier Ángeles Alejo. (2015) Ephemeral. Fotografía digital. Obra escultórica reproducida mediante fases de moldeo con alginato dental sobre modelos del natural. Reproducción de la parte delantera del modelo. Vista lateral.*



Figura 73: José Javier Ángeles Alejo. (2015) *Ephemeral*. Fotografía digital. Obra escultórica reproducida mediante fases de moldeo con alginato dental sobre modelos del natural. Reproducción de la parte delantera del modelo. Primer plano.

<b>Características técnicas de la obra.</b>	
Técnica	Reproducción escultórica. Fases de moldeo con alginato dental sobre modelos del natural.
Variedad de alginato dental	<i>Phase Plus (Zhermack).</i>
Cantidad	5 envases (2.265 gramos).
Material de reproducción	Escayola <i>E-35</i> (Norma UNE-EN 13.279).
Pátina	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Imprimación sintética en spray negro.</li> <li>• Pincel seco rojo óxido.</li> <li>• Pigmento rojo óxido.</li> <li>• Talco</li> <li>• Pincel seco esmalte plateado (Titán)</li> </ul>
Dimensiones	Figura: 110 cm x 40 cm x 45 cm

Tabla 4: Características técnicas de la reproducción escultórica realizada mediante fases de moldeo con alginato dental.

**Obra escultórica nº4.**



*Figura 74:* José Javier Ángeles Alejo. (2015) *Roots of homesick*. Fotografía digital. Obra escultórica reproducida mediante fases de moldeo con alginato dental sobre modelos del natural.



*Figura 75: José Javier Ángeles Alejo. (2015) Roots of homesick. Fotografía digital. Obra escultórica reproducida mediante fases de moldeo con alginato dental sobre modelos del natural. Detalle.*



*Figura 76:* José Javier Ángeles Alejo. (2015) *Roots of homesick*. Fotografía digital. Obra escultórica reproducida mediante fases de moldeo con alginato dental sobre modelos del natural. Detalle.



Figura 77: José Javier Ángeles Alejo. (2015) *Roots of homesick*. Fotografía digital. Obra escultórica reproducida mediante fases de moldeo con alginato dental sobre modelos del natural. Detalle.

<b>Características técnicas de la obra.</b>	
Técnica	Reproducción escultórica. Fases de moldeo con alginato dental sobre modelos del natural. Moldeo sucesivo de manos adaptadas a la reproducción.
Variedad de alginato dental	<i>Phase Plus (Zhermack).</i>
Cantidad	8 envases (3.624 gramos).
Material de reproducción	Escayola <i>E-35</i> (Norma UNE-EN 13.279).
Pátina	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Imprimación sintética en spray negro.</li> <li>• Pincel seco rojo óxido.</li> <li>• Pincel seco Bermellón.</li> <li>• Pincel seco esmalte plateado (Titán).</li> </ul>
Dimensiones	Figura: 77 cm x 56 cm x 22 cm

Tabla 5: Características técnicas de la reproducción escultórica realizada mediante fases de moldeo con alginato dental.

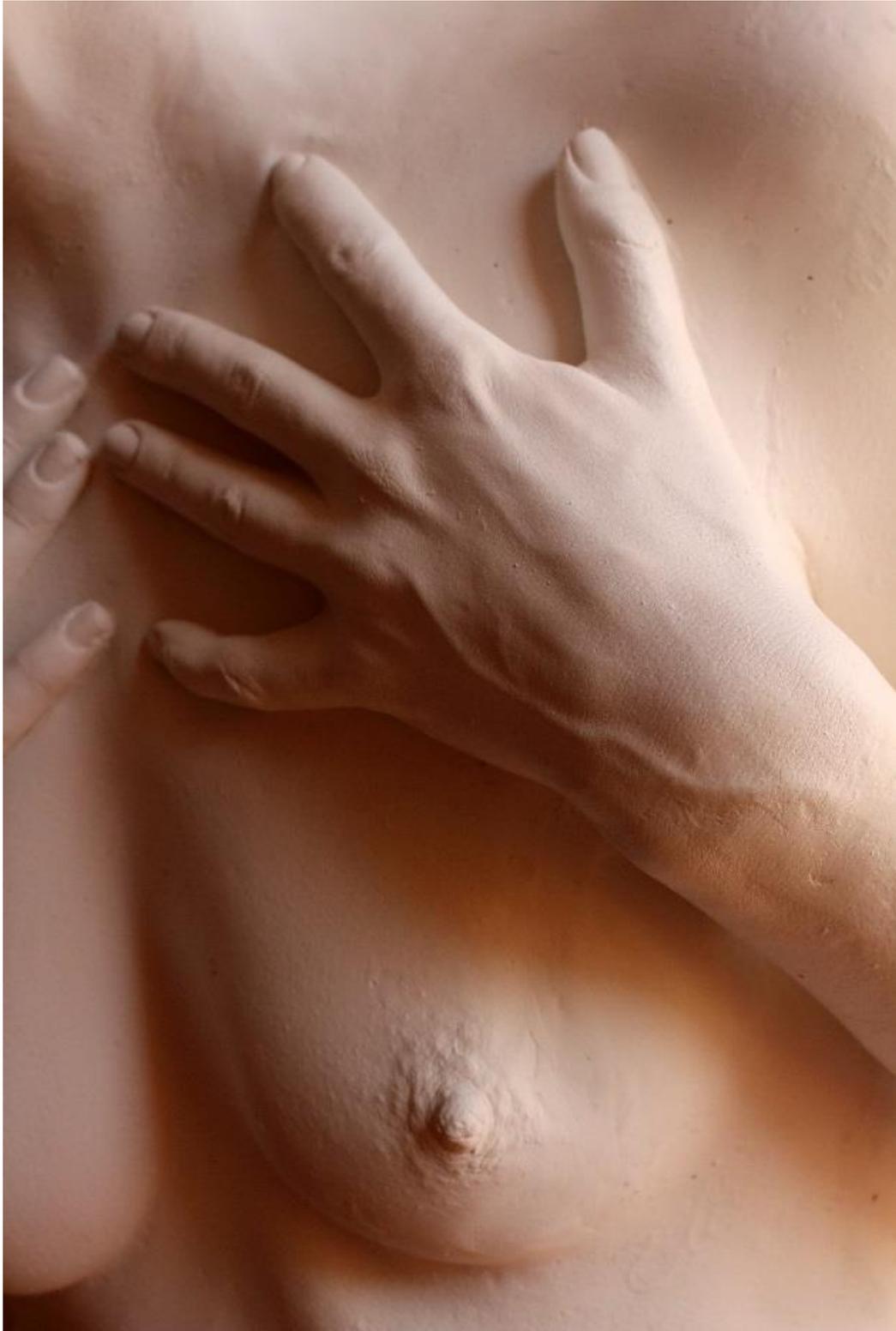
**Obra escultórica nº5.**



*Figura 78: José Javier Ángeles Alejo. (2015) Custodia Milla. Fotografía digital. Obra escultórica reproducida mediante fases de moldeo con alginato dental sobre modelos del natural. Incorporación de elementos tallados a la reproducción.*



*Figura 79: José Javier Ángeles Alejo. (2015) Custodia Vega. Fotografía digital. Obra escultórica reproducida mediante fases de moldeo con alginato dental sobre modelos del natural. Incorporación de elementos tallados a la reproducción. Detalle.*



*Figura 80: José Javier Ángeles Alejo. (2015) Custodias. Fotografía digital. Obra escultórica reproducida mediante fases de moldeo con alginato dental sobre modelos del natural. Detalle*



Figura 81: José Javier Ángeles Alejo. (2015) *Custodias*. Fotografía digital. Obra escultórica reproducida mediante fases de moldeo con alginato dental sobre modelos del natural. Incorporación de elementos tallados a la reproducción. Detalle.

<b>Características técnicas de la obra.</b>	
Técnica mixta	Reproducción escultórica. Fases de moldeo con alginato dental sobre modelos del natural. Incorporación de elementos tallados a la reproducción.
Variedad de alginato dental	<i>Phase Plus (Zhermack).</i>
Cantidad	4 envases por figura (3.624 gramos).
Material de reproducción	Escayola ISO. E-35, escayola cerámica ISO y esparto.
Pátina	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Goma laca.</li> <li>• Imprimación Blanco divinidad</li> </ul>
Dimensiones	Figura: 67 cm x 43 cm x 45 cm

Tabla 6: Características técnicas de la reproducción escultórica realizada mediante fases de moldeo con alginato dental.

## Reproducción escultórica nº6.



*Figura 82: Imagen de Marcelino Miguel de Castro. (2016) Obra de José Javier Ángeles Alejo. Renacer. Fotografía digital. Relieve escultórico reproducido mediante fases de moldeo con alginato dental sobre modelos del natural. Composición en tríptico.*



*Figura 83: Imagen de Marcelino Miguel de Castro. (2016) Obra de José Javier Ángeles Alejo. Renacer. Fotografía digital. Relieve escultórico reproducido mediante fases de moldeo con alginato dental sobre modelos del natural. Detalle.*



*Figura 84:* Imagen de Marcelino Miguel de Castro. (2016) Obra de José Javier Ángeles Alejo. *Renacer*. Fotografía digital. Relieve escultórico reproducido mediante fases de moldeo con alginato dental sobre modelos del natural. Primer plano de reproducciones. Detalle.



*Figura 85:* Imagen de Marcelino Miguel de Castro. (2016) Obra de José Javier Ángeles Alejo. *Renacer*. Fotografía digital. Relieve escultórico reproducido mediante fases de moldeo con alginato dental sobre modelos del natural. Detalle.



Figura 86: Imagen de Marcelino Miguel de Castro. (2016) Obra de José Javier Ángeles Alejo. *Renacer*. Fotografía digital. Relieve escultórico reproducido mediante fases de moldeo con alginato dental sobre modelos del natural. Detalle.

<b>Características técnicas de la obra.</b>	
Técnica	Reproducción escultórica. Fases de moldeo con alginato dental sobre modelos del natural.
Variedad de alginato dental	<i>Phase Plus (Zhermack).</i>
Cantidad	8 envases (3.624 gr).
Material de reproducción	Escayola E-35 (Norma UNE-EN 13.279).
Pátina	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Imprimación sintética en spray negro.</li> <li>• Barniz transparente.</li> </ul>
Dimensiones	Conjunto: 250 cm x 230 cm x 25 cm

Tabla 7: Características técnicas de la reproducción escultórica realizada mediante fases de moldeo con alginato dental.

**Reproducción escultórica nº7.**



*Figura 87: Imagen de Marcelino Miguel de Castro. (2016) Obra de José Javier Ángeles Alejo. Alter ego. Fotografía digital. Reproducción escultórica mediante fases de moldeo con alginato dental sobre modelos del natural. Integración de reproducción modelada.*



*Figura 88:* Imagen de Marcelino Miguel de Castro. (2016) Obra de José Javier Ángeles Alejo. *Alter ego*. Fotografía digital. Reproducción escultórica mediante fases de moldeo con alginato dental sobre modelos del natural. Integración de reproducción modelada. Detalle.



*Figura 89:* Imagen de Marcelino Miguel de Castro. (2016) Obra de José Javier Ángeles Alejo. *Alter ego*. Fotografía digital. Reproducción escultórica mediante fases de moldeo con alginato dental sobre modelos del natural. Integración de reproducción modelada. Detalle.



*Figura 90:* José Javier Ángeles Alejo. (2014) Obra de autor: *Alter ego*. Fotografía digital. Reproducción escultórica mediante fases de moldeo con alginato dental sobre modelos del natural. Integración de reproducción modelada. Vista delantera.



*Figura 91:* José Javier Ángeles Alejo. (2014) Obra de autor: *Alter ego*. Fotografía digital. Reproducción escultórica mediante fases de moldeo con alginato dental sobre modelos del natural. Integración de reproducción modelada. Vistas laterales.



*Figura 92:* José Javier Ángeles Alejo. (2014) Obra de autor: *Alter ego*. Fotografía digital. Reproducción escultórica mediante fases de moldeo con alginato dental sobre modelos del natural. Integración de reproducción modelada. Detalle de la integración.



*Figura 93:* Imagen de Marcelino Miguel de Castro. (2016) Obra de José Javier Ángeles Alejo. *Alter ego*. Fotografía digital. Reproducción escultórica mediante fases de moldeo con alginato dental sobre modelos del natural. Integración de reproducción modelada. Detalle.



*Figura 94:* Imagen de Marcelino Miguel de Castro. (2016) Obra de José Javier Ángeles Alejo. *Alter ego*. Fotografía digital. Reproducción escultórica de tatuaje perteneciente al modelo con alginato dental. Detalle.



Figura 95: Imagen de Marcelino Miguel de Castro. (2016) Obra de José Javier Ángeles Alejo. *Alter ego*. Fotografía digital. Reproducción escultórica de tatuaje perteneciente al modelo con alginato dental. Detalle.

El alginato dental es una materia con la que es posible realizar procesos de moldeo a superficies de índole muy variada. La capacidad de registro de las superficies está intrínsecamente relacionada con los niveles de gelificación y tixotropía del gel. En esta reproducción escultórica se produce un fenómeno en el que además de estas dos cualidades propias de las sustancias coloidales, la temperatura juega un importante papel. Se produce la reproducción de un tatuaje perteneciente al brazo derecho del modelo. La baja temperatura produce en el modelo una piloerección<sup>22</sup>, como respuesta al frío, haciendo que la piel se tense y se produzca la aparición de nuevos detalles.

Del mismo modo, hay personas que tienen un tipo muy concreto de piel en el que el tatuaje cicatriza dejando un relieve casi inapreciable a modo de queloide<sup>23</sup>, que aumenta como respuesta a agentes externos como el frío, calor, picores y algunas alergias. Este relieve puede darse en estos casos, de manera aislada, cuando la piel del modelo permanece de manera prolongada sin transpirar, a consecuencia de la capa de alginato

---

<sup>22</sup> Respuesta fisiológica de la piel ante una bajada de la temperatura, comúnmente conocida como piel de gallina.

<sup>23</sup> Cicatriz abultada con los contornos muy marcados e irregulares que se producen después de una herida o trauma en personas que tienen algún tipo de desorden en la piel (Salem *et al.* 2002, p. 77).

dental que la cubre. Estos factores pueden ir unidos a ciertas hipersensibilidades a componentes como el flúor, presentes en algunas marcas de alginato dental. No se trata de una alergia. En caso de reacción negativa a la materia, la escayola hubiera reproducido las hinchazones irregulares y vesículas producidas por las reacciones adversas al producto, las cuales derivarían en inflamación.

Este ha sido uno de los casos en los que el modelo ha presentado cierto rechazo a la materia de registro, presentando ligeros picores en las zonas en las que se le ha aplicado alginato dental. Esta sensación se ha producido a partir de los quince primeros minutos de la aplicación aproximadamente. Ha sido a partir de ese momento cuando el modelo sufre una piloerección muy brusca, derivando a los veinte minutos en hipersensibilidad en las zonas más delicadas.

Al retirar el molde se pudo comprobar como las zonas de contacto habían producido un leve sarpullido y sensación de picor en hombros, pecho y cuello. Esta reacción desapareció a las pocas horas de retirar el molde<sup>24</sup>.

Los enrojecimientos en las zonas de aplicación pueden darse también por una temperatura ambiente elevada. El molde de alginato dental provoca que la piel no transpire, una de las principales causas de la aparición de sarpullidos. En estas circunstancias de trabajo, la sudoración excesiva también puede ser un factor que condicione al medio para una reacción negativa a una materia de uso odontológico que previamente está tratada para no producir alergias. No olvidemos que la variedad de alginato dental empleado en esta investigación es para uso específico odontológico, pudiendo producirse contrariedades durante los procesos con aquellas personas que presentan intolerancia al contacto con este tipo de mucostáticos.

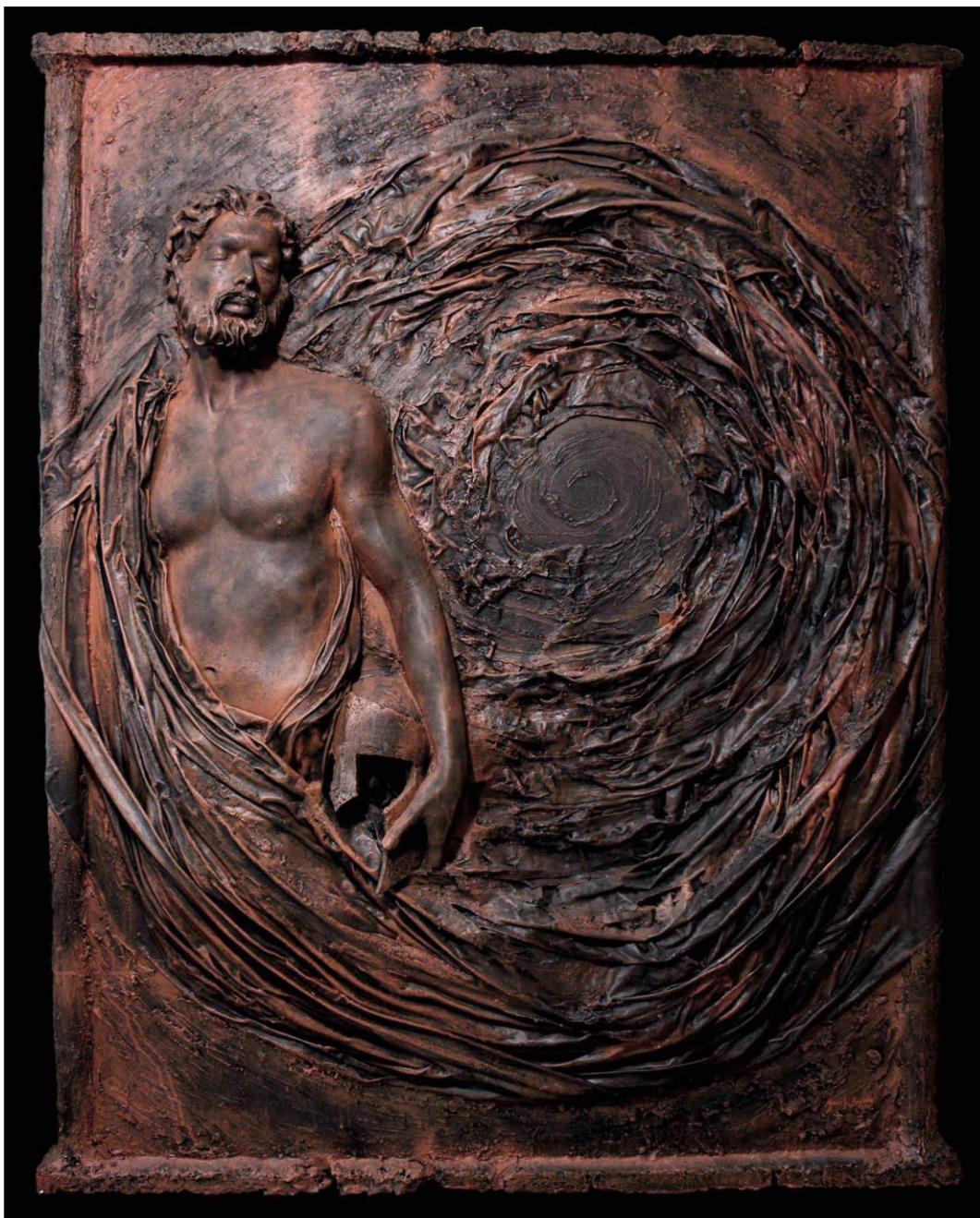
---

<sup>24</sup> En el caso de aparición de sarpullidos o rozaduras derivadas del contacto con la materia es necesario higienizar la zona de contacto para acelerar su desaparición.

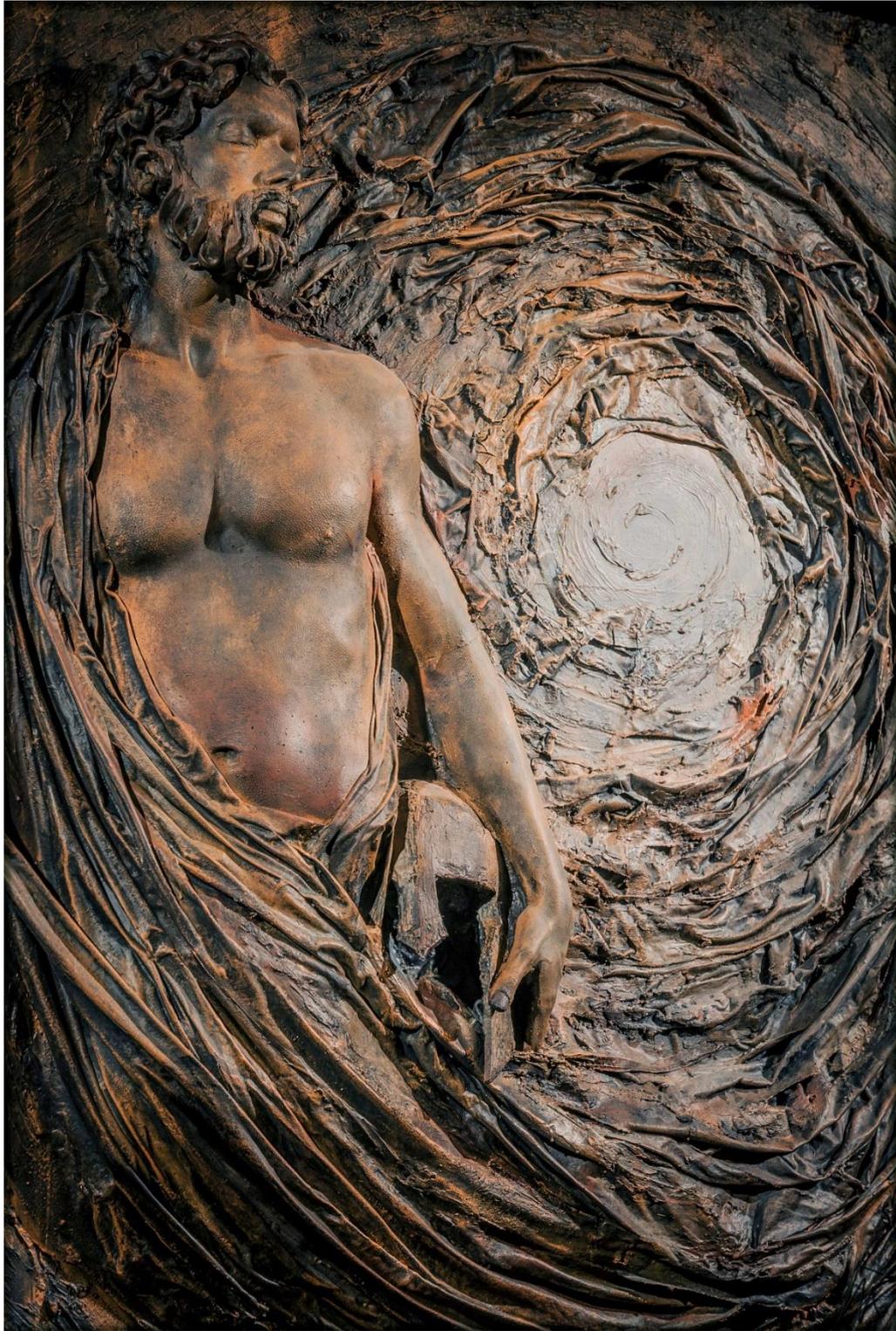
<b>Características técnicas de la obra.</b>	
Técnica	Reproducción escultórica. Fases de moldeo con alginato dental sobre modelos del natural.
Variedad de alginato dental	<i>Phase Plus (Zhermack).</i>
Cantidad	5 envases (2.265 gramos).
Material de reproducción	Escayola <i>E-35</i> (Norma UNE-EN 13.279).
Pátina	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Imprimación sintética en spray negro.</li> <li>• Acrílico verde oliva.</li> <li>• Acrílico rojo óxido de hierro.</li> <li>• Pigmento verde.</li> <li>• Pigmento rojo óxido.</li> <li>• Pintura sintética oro rojo.</li> <li>• Pintura sintética gris metálico.</li> </ul>
Dimensiones	Figura: 68 cm x 43 cm x 48 cm

*Tabla 8:* Características técnicas de la reproducción escultórica realizada mediante fases de moldeo con alginato dental.

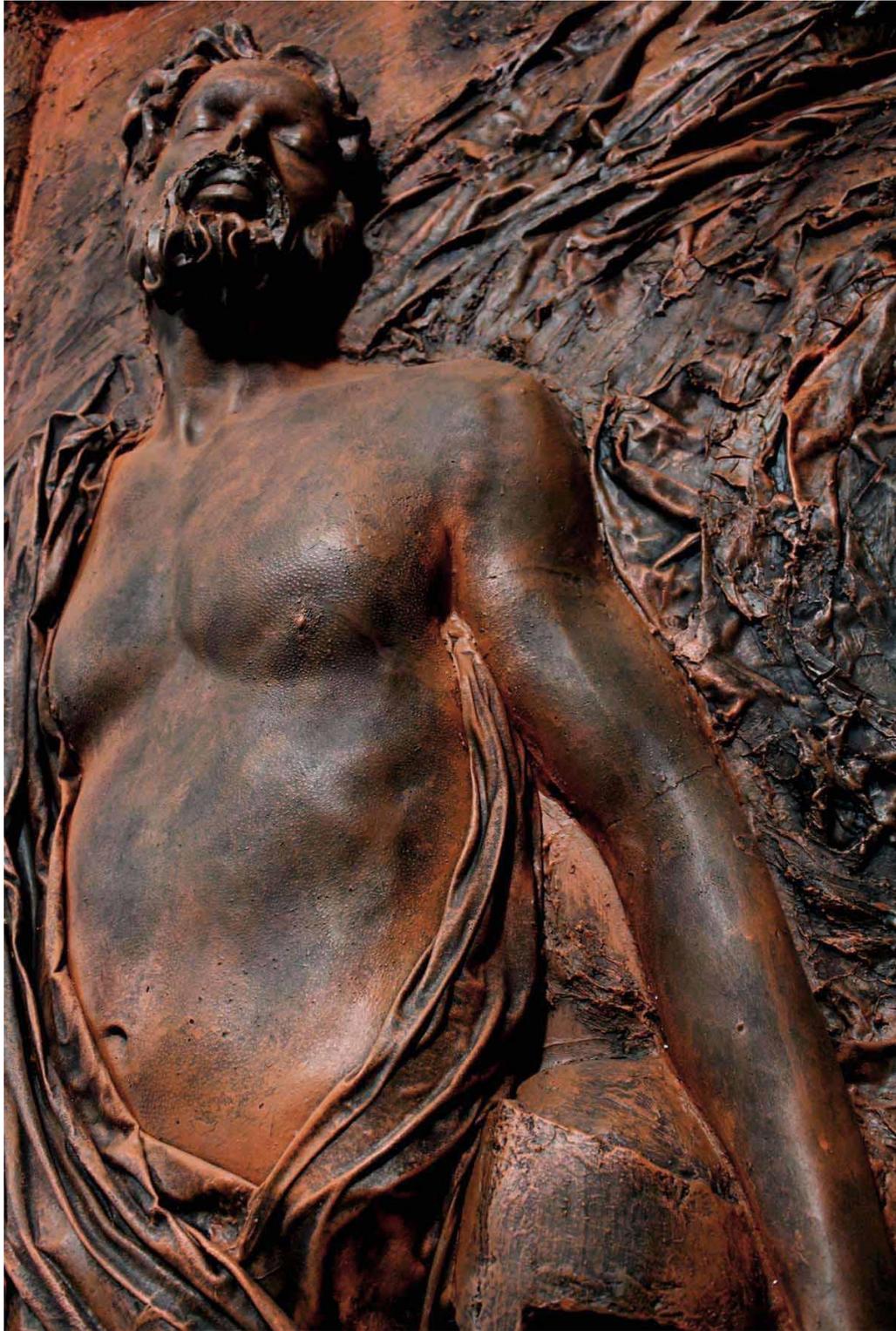
## Reproducción escultórica nº8.



*Figura 96:* José Javier Ángeles Alejo. (2014) Obra de autor: *Odiseo*. Fotografía digital. Reproducción escultórica mediante fases de moldeo con alginato dental sobre modelos del natural.



*Figura 97: Imagen de Marcelino Miguel de Castro. (2016) Obra de autor: Odiseo. Fotografía digital. Reproducción escultórica mediante fases de moldeo con alginato dental sobre modelos del natural.*



*Figura 98:* José Javier Ángeles Alejo. (2014) Obra de autor: *Odiseo*. Fotografía digital. Reproducción escultórica mediante fases de moldeo con alginato dental sobre modelos del natural. Detalle.



Figura 99: José Javier Ángeles Alejo. (2014) Obra de autor: *Odiseo*. Fotografía digital. Reproducción escultórica mediante fases de moldeo con alginato dental sobre modelos del natural. Detalle.

<b>Características técnicas de la obra.</b>	
Técnica	Reproducción escultórica. Fases de moldeo con alginato dental sobre modelos del natural.
Variedad de alginato dental	<i>Phase Plus (Zhermack)</i> .
Cantidad	6 envases (2.718 gramos).
Material de reproducción	Escayola <i>E-35</i> (Norma UNE-EN 13.279).
Pátina	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Imprimación sintética en spray negro.</li> <li>• Acrílico óxido de hierro.</li> <li>• Acrílico bermellón.</li> </ul>
Dimensiones	Figura: 170 cm x 136 cm x 17 cm

Tabla 9: Características técnicas de la reproducción escultórica realizada mediante fases de moldeo con alginato dental.

**Reproducción escultórica nº9.**



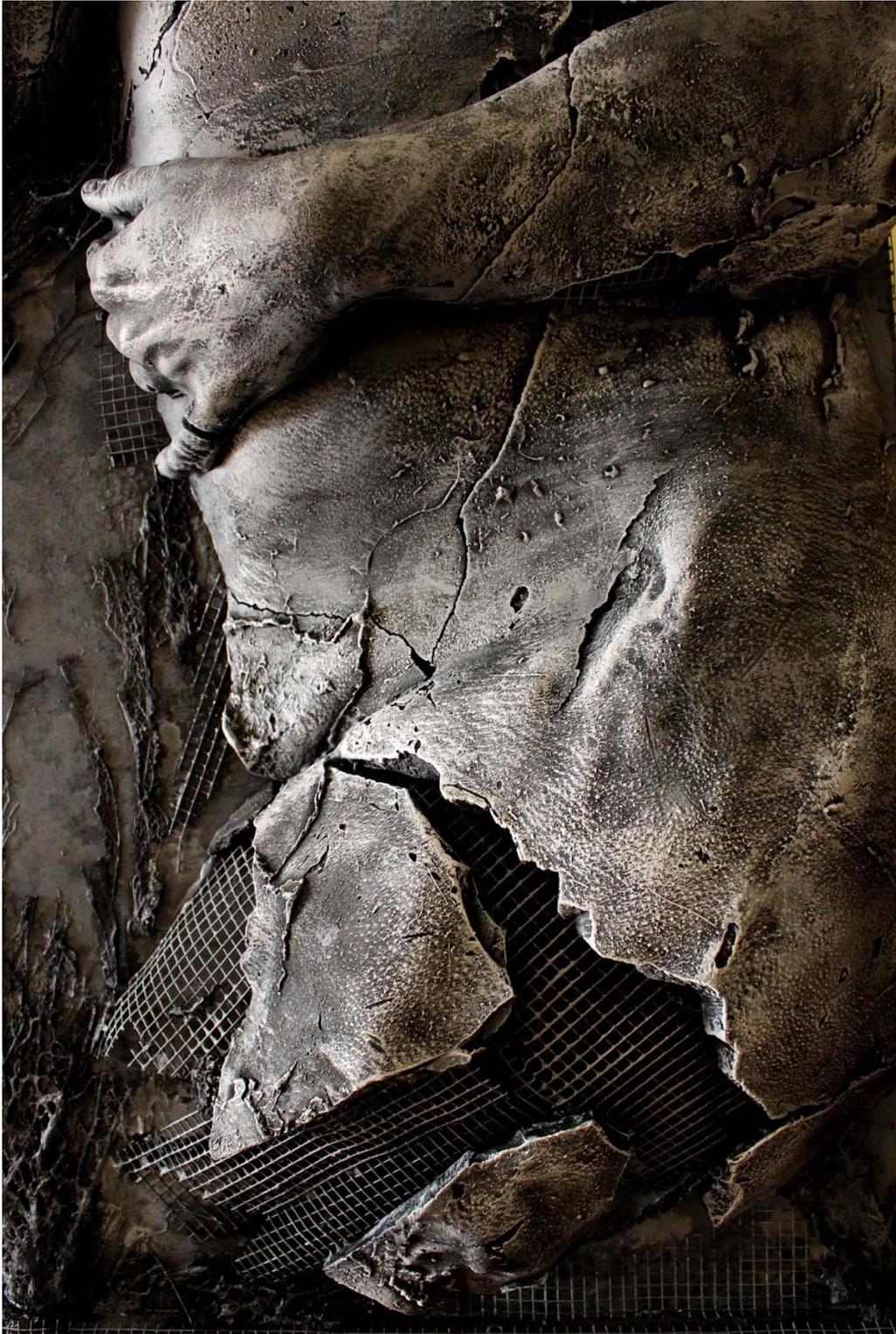
*Figura 100:* José Javier Ángeles Alejo. (2014) Obra de autor: *Sol Rex Regula*. Fotografía digital. Reproducción escultórica mediante fases de moldeo con alginato dental sobre modelos del natural.



*Figura 101:* José Javier Ángeles Alejo. (2014) Obra de autor: *Sol Rex Regula*. Fotografía digital. Reproducción escultórica mediante fases de moldeo con alginato dental sobre modelos del natural. Detalle.



*Figura 102:* José Javier Ángeles Alejo. (2014) Izquierda y derecha: obra de autor: *Sol Rex Regula*. Fotografía digital. Reproducción escultórica mediante fases de moldeo con alginato dental sobre modelos del natural.



*Figura 103: José Javier Ángeles Alejo. (2014) Obra de autor: Sol Rex Regula. Fotografía digital. Reproducción escultórica mediante fases de moldeo con alginato dental sobre modelos del natural. Detalle.*



Figura 104: José Javier Ángeles Alejo. (2014) Obra de autor: *Sol Rex Regula*. Fotografía digital. Reproducción escultórica mediante fases de moldeo con alginato dental sobre modelos del natural. Detalle.

<b>Características técnicas de la obra.</b>	
Técnica	Reproducción escultórica. Fases de moldeo con alginato dental sobre modelos del natural.
Variedad de alginato dental	<i>Phase Plus (Zhermack).</i>
Cantidad	5 envases (2.265 gramos).
Material de reproducción	Escayola <i>E-35</i> (Norma UNE-EN 13.279).
Pátina	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Imprimación sintética en spray negro.</li> <li>• Negro acrílico.</li> <li>• óxido de zinc.</li> </ul>
Dimensiones	Figura: 61 cm x 150 cm x 17,5 cm

Tabla 10: Características técnicas de la reproducción escultórica realizada mediante fases de moldeo con alginato dental.

#### **4.5. Reproducciones escultóricas a pequeña escala mediante fases de moldeo con alginato dental.**

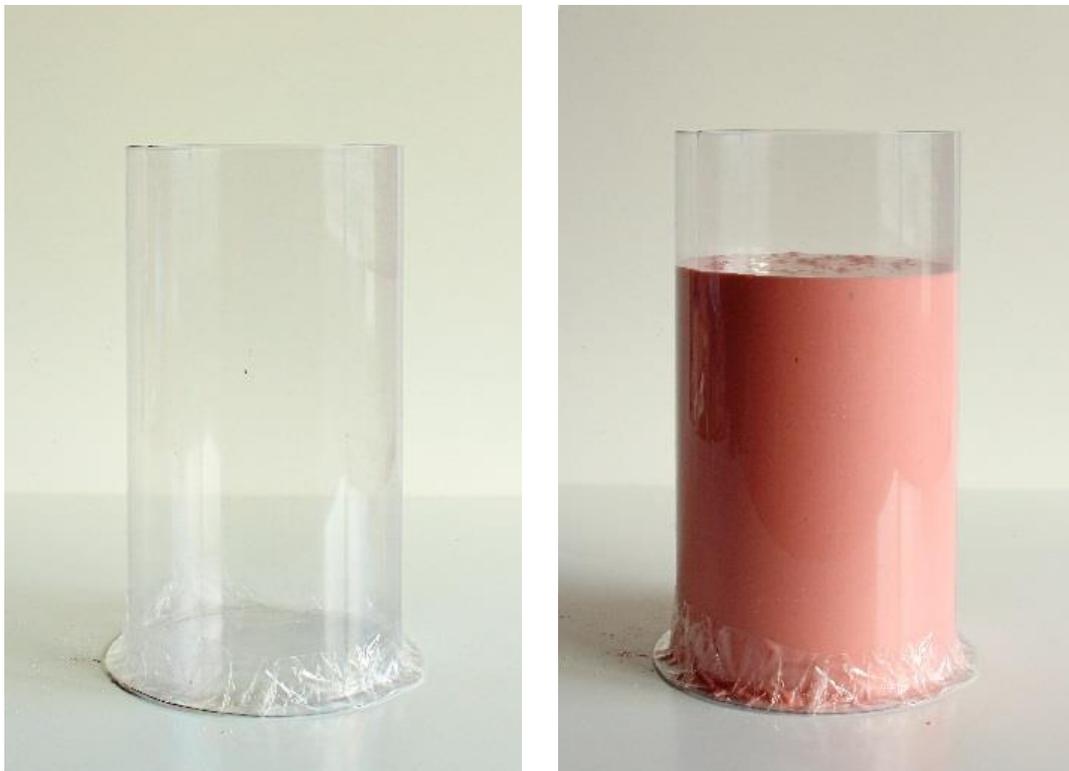
Existen otro tipo de procedimientos de moldeo para confeccionar reproducciones escultóricas de menor envergadura sin la intervención del modelo para la copia total de su cuerpo. La práctica para la realización de este tipo de reproducciones está basada en el diseño de una madreforma de acetato en forma de cilindro que contiene la masa de alginato dental en estado gel. Esta madreforma puede soportar una gran cantidad de materia, hermetizando el fluido y optimizando la cantidad de gel empleado.

Es común emplear este procedimiento para la reproducción de manos, pies y otras composiciones que guarden una posición vertical con respecto a su inserción en la madreforma. Al no requerir el empleo de escayola para obtenerla, es una técnica rápida y limpia para reproducciones de pequeño tamaño.

#### 4.5.1. Reproducciones escultóricas a pequeña escala. Introducción de madreforma cilíndrica.

##### 1. Confección de la madreforma adaptada al objeto o parte del cuerpo a contener.

Se trata de un pliego de acetato cerrado en forma cilíndrica con la ayuda de cinta aislante. Este sistema de montaje permite que el proceso de extracción de la reproducción sea rápido y sencillo. En esta ejemplificación de la técnica, se toma la medida de la mano para que exista una separación de 3 a 5 cm entre esta y las paredes del cilindro (*figura 105*).



*Figura 105: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Fase de moldeo con alginato dental. Fotografía digital. Izquierda: madreforma de acetato para el vertido de alginato dental. Derecha: vertido de alginato en estado gel.*

##### 2. Vertido del gel en el cilindro.

El alginato dental en estado gel se vierte en el cilindro sin ocupar toda la capacidad de este. El volumen que ocupa la mano, al introducirla, provocará una subida de nivel del fluido, ocupando la totalidad de la madreforma y de la superficie a copiar.

### 3. Inserción de la mano.

La mano es introducida mientras la materia se encuentra en estado gel, realizando el menor movimiento posible para una mejor calidad de copia. Es primordial recordar la postura que se ha utilizado para un correcto vertido de la materia de reproducción, de lo contrario, podemos obtener zonas a las que la materia no ha conseguido llegar (*figura 106*).



*Figura 106: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Fase de moldeo con alginato dental. Fotografía digital. Izquierda: introducción de la mano en alginato dental. Derecha: posicionamiento de la mano. Proceso de fraguado del gel.*

### 4. Proceso de fraguado del gel.

El alginato dental en este estado tarda aproximadamente de 3 a 4 minutos en fraguar, rescatando todos los detalles del objeto introducido.

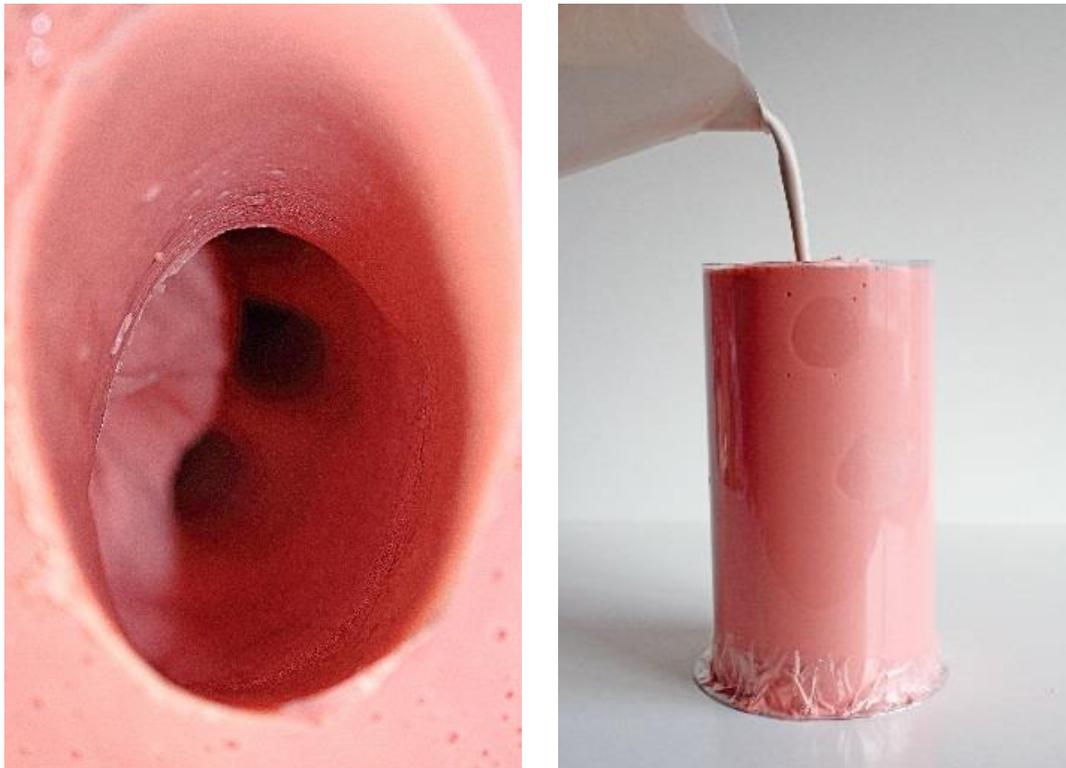
### 5. Extracción de la mano.

Transcurrido el proceso de gelificación y fraguado, extraemos la mano del molde, con la precaución de no ejercer excesiva fuerza. Es común que en procedimientos de esta índole nuestra piel haga efecto vacío en la materia, dificultando la extracción y causando

desperfectos en las paredes internas del molde. Para evitar este agravio, realizamos suaves movimientos en la zona de los dedos y apretamos el molde desde fuera. Estos movimientos permiten el paso de aire al interior del molde, facilitando la extracción de la mano.

#### **6. Vertido de la materia de reproducción.**

La escayola y su amplia gama de variedades, es una de las materias más fieles a la hora de llevar a cabo una reproducción partiendo de esta técnica. Vertida la escayola, se aplican pequeños movimientos al molde para la extracción de burbujas de la materia líquida. La escayola se introduce en un periodo máximo de 4 a 6 horas para impedir el proceso de retracción del alginato dental (*figura 107*).



*Figura 107: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Fase de moldeo con alginato dental. Fotografía digital. Izquierda: interior del molde de alginato dental fraguado. Derecha: vertido de escayola en el molde de alginato.*

## 7. Proceso de fraguado de la escayola.

Transcurridos aproximadamente 40 minutos, la escayola ha concluido su proceso de fraguado. Como indicativo, al iniciar el fraguado, aumenta la temperatura de la materia. Es en este momento cuando se produce un exudado de agua de las paredes del molde de alginato dental. El proceso concluye al descender la temperatura hasta que la materia fraguada está fría.

## 8. Apertura del cilindro.

Se voltea el conjunto y con la precaución de no golpear, se deja caer de la madreforma de acetato. Hay que tener en cuenta que la reproducción tiene partes frágiles y el molde de alginato dental es flexible (*figura 108*). Si la densidad del gel es alta, hará efecto vacío en el acetato. En tal caso, se corta la cinta aislante para desmontar la madreforma.



*Figura 108:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Fase de moldeo con alginato dental.* Fotografía digital. Izquierda: extracción del molde de alginato dental de la madreforma de acetato. Derecha: rotura del molde de alginato dental. Extracción de la reproducción del interior del molde.

### 9. Rotura del molde y extracción de la pieza.

Para la extracción de la pieza del interior del molde de alginato dental, se efectúan incisiones en la superficie. Estos cortes facilitan la extracción, minimizando el riesgo de rotura de alguno de los dedos. Para zonas delicadas, puede introducirse la utilización de vaciadores y palos de modelar. La poca dureza y maleabilidad del alginato, permite retirarlo sin dificultad aparente (*figura 109*).



*Figura 109:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Fase de moldeo con alginato dental*. Fotografía digital. Izquierda: reproducción en escayola a partir de fase de moldeo con alginato dental. Derecha: reproducción de escayola. Detalle de arrugas de la mano.



*Figura 110: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Fase de moldeo con alginato dental. Fotografía digital. Reproducción escultórica. Resultado de la fase de moldeo con alginato dental a partir de madreforma cilíndrica.*



*Figura 111: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Fase de moldeo con alginato dental. Fotografía digital. Reproducción escultórica. Resultado de la fase de moldeo con alginato dental a partir de madreforma cilíndrica.*

<b>Características técnicas de la obra.</b>	
Técnica mixta	Reproducción escultórica. Fases de moldeo con alginato dental a partir de madreforma cilíndrica.
Variedad de alginato dental	CA37 ( <i>Cavex</i> ).
Cantidad	½ envase (266 gramos).
Material de reproducción	Escayola E-35 (Norma UNE-EN 13.279).
Pátina	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Café.</li> <li>• Pintura acrílica.</li> <li>• Esmalte transparente.</li> </ul>
Dimensiones	Figura: 25 cm x 8 cm x 11 cm

*Tabla 11:* Características técnicas de la reproducción escultórica realizada mediante fases de moldeo con alginato dental.

Un añadido estético de esta modalidad artística es una técnica basada en la incorporación de elementos externos a la reproducción, como objetos de índole variada. La mano se introduce en el molde con el objeto siguiendo los mismos parámetros, a diferencia de que al extraerla, el objeto queda alojado en el interior del molde, apareciendo después encajado en la reproducción. Este tipo de reproducciones son efectivas con la introducción de alginatos de alta densidad con la que los objetos quedan totalmente adheridos y asegurados al interior del molde.

#### 4.5.1.1. Reproducciones escultóricas a pequeña escala. Incorporación de objetos.

##### Reproducción n°1.



*Figura 112: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Fase de moldeo con alginato dental. Obra de autor: Vitta. Fotografía digital. Reproducción escultórica. Fases de moldeo con alginato dental a partir de madreforma cilíndrica. Moldeo sucesivo de manos adaptadas a la reproducción e incorporación de objeto.*



*Figura 113: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Fase de moldeo con alginato dental. Obra de autor: Vitta. Fotografía digital. Reproducción escultórica. Fases de moldeo con alginato dental a partir de madreforma cilíndrica. Moldeo sucesivo de manos adaptadas a la reproducción e incorporación de objeto.*



*Figura 114: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Fase de moldeo con alginato dental. Obra de autor: Vitta. Fotografía digital. Reproducción escultórica. Fases de moldeo con alginato dental a partir de madreforma cilíndrica. Moldeo sucesivo de manos adaptadas a la reproducción e incorporación de objeto. Detalle.*

<b>Características técnicas de la obra.</b>	
Técnica	Reproducción escultórica. Fases de moldeo con alginato dental a partir de madreforma cilíndrica. Moldeo sucesivo de manos adaptadas a la reproducción e incorporación de objeto.
Variedad de alginato dental	<i>Phase Plus (Zhermack).</i>
Cantidad	3 envases (1.359 gramos).
Material de reproducción	Escayola <i>Exaduro</i> .
Pátina	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Imprimación sintética en spray negro.</li> <li>• Pincel seco verde oliva.</li> <li>• Pigmento verde esmeralda.</li> <li>• Talco.</li> <li>• Pincel seco oro rojo (Titán).</li> </ul>
Dimensiones	Figura: 58cm x 25cm x 18cm

*Tabla 12:* Características técnicas de la reproducción escultórica realizada mediante fases de moldeo con alginato dental.

## Reproducción escultórica nº2.



*Figura 115: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Fase de moldeo con alginato dental. Obra de autor: Golden Decay. Fotografía digital. Reproducción escultórica mediante fases de moldeo con alginato dental. Incorporación de objetos.*



*Figura 116: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Fase de moldeo con alginato dental. Obra de autor: Golden Decay. Fotografía digital. Reproducción escultórica mediante fases de moldeo con alginato dental. Incorporación de objetos.*



*Figura 117: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Fase de moldeo con alginato dental. Obra de autor: Golden Decay. Fotografía digital. Reproducción escultórica. Fases de moldeo con alginato dental a partir de madreforma cilíndrica. Moldeo de manos adaptadas a la reproducción e incorporación de objeto.*



Figura 118: José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Fase de moldeo con alginato dental*. Obra de autor: *Golden Decay*. Fotografía digital. Reproducción escultórica. Fases de moldeo con alginato dental a partir de madreforma cilíndrica. Moldeo de manos adaptadas a la reproducción e incorporación de objeto. Izquierda: vista trasera. Derecha: vista lateral.

<b>Características técnicas de la obra.</b>	
Técnica	Reproducción escultórica. Fases de moldeo con alginato dental a partir de madreforma cilíndrica.
Variedad de alginato dental	<i>Phase Plus (Zhermack)</i> .
Cantidad	2 envases (906 gramos).
Material de reproducción	Escayola <i>E-35</i> (Norma UNE-EN 13.279).
Pátina	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Imprimación sintética en spray negro.</li> <li>• Acrílico verde oliva.</li> <li>• Acrílico verde turquesa.</li> <li>• Pigmento verde.</li> <li>• Polvo de talco.</li> </ul>
Dimensiones	Figura: 38 cm x 22 cm x 24 cm

Tabla 13: Características técnicas de la reproducción escultórica realizada mediante fases de moldeo con alginato dental.

### Reproducción escultórica nº3.



*Figura 119: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Fase de moldeo con alginato dental. Fotografía digital. Reproducción escultórica. Fases de moldeo con alginato dental a partir de madreforma cilíndrica. Moldeo de manos adaptadas a la reproducción e incorporación de objeto.*



Figura 120: José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Fase de moldeo con alginato dental*. Fotografía digital. Fases de moldeo con alginato dental a partir de madreforma cilíndrica. Moldeo de manos adaptadas a la reproducción e incorporación de objeto.

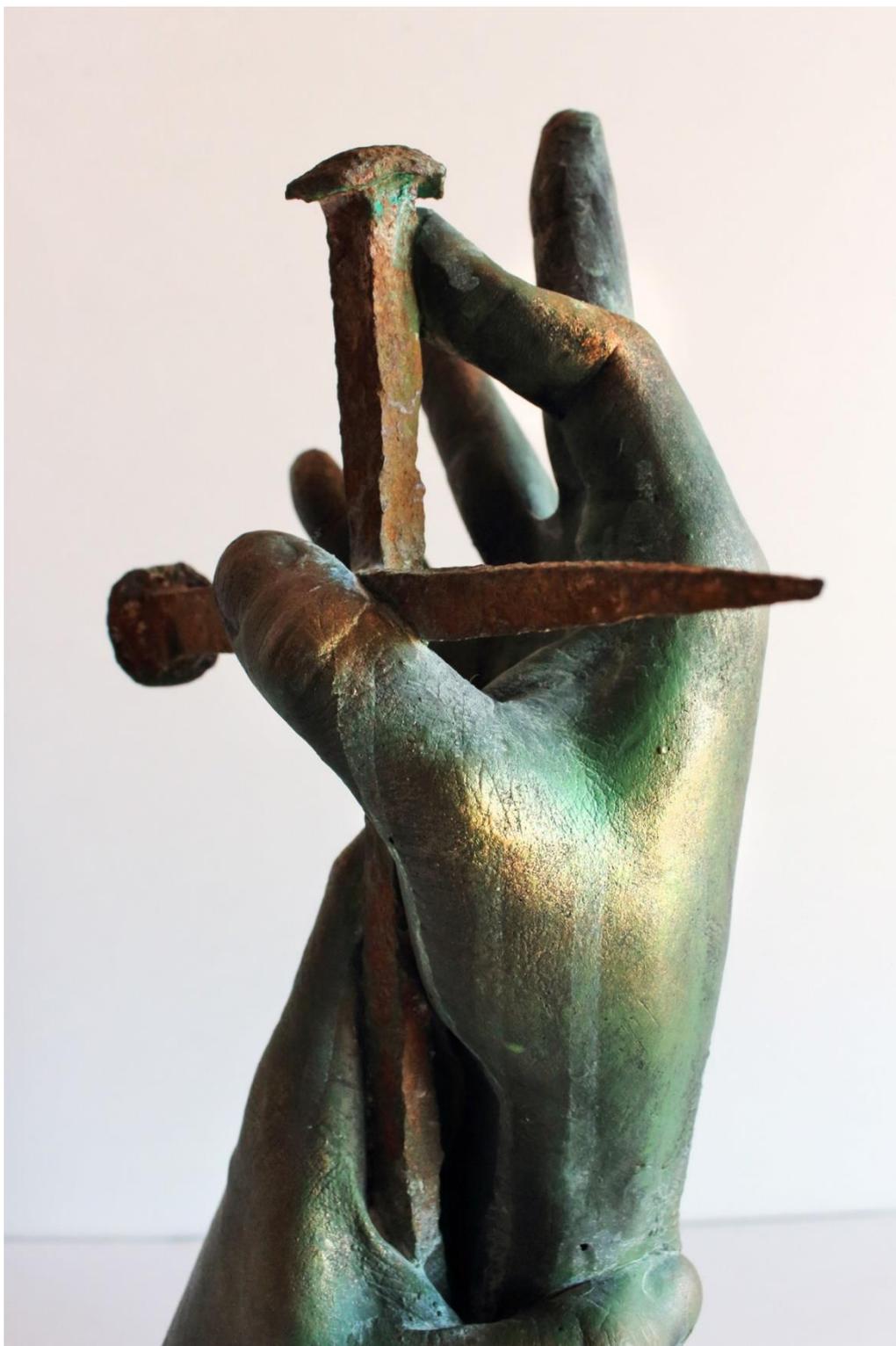
<b>Características técnicas de la obra.</b>	
Técnica	Reproducción escultórica. Fases de moldeo con alginato dental a partir de madreforma cilíndrica.
Variedad de alginato dental	<i>Phase Plus (Zhermack).</i>
Cantidad	½ envase (266 gramos).
Material de reproducción	Escayola E-35 (Norma UNE-EN 13.279).
Pátina	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Café quemado.</li> </ul>
Dimensiones	Figura: 17 cm x 10 cm x 10 cm

Tabla 14: Características técnicas de la reproducción escultórica realizada mediante fases de moldeo con alginato dental.

## Reproducción escultórica nº4.



*Figura 121: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Fase de moldeo con alginato dental. Fotografía digital. Reproducción escultórica. Fases de moldeo con alginato dental a partir de madreforma cilíndrica. Moldeo de manos adaptadas a la reproducción e incorporación de objeto.*



*Figura 122: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Fase de moldeo con alginato dental. Fotografía digital. Reproducción escultórica. Fases de moldeo con alginato dental a partir de madreforma cilíndrica. Moldeo de manos adaptadas a la reproducción e incorporación de objeto.*



*Figura 123: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Fase de moldeo con alginato dental. Fotografía digital. Reproducción escultórica. Fases de moldeo con alginato dental a partir de madreforma cilíndrica. Moldeo de manos adaptadas a la reproducción e incorporación de objeto.*

<b>Características técnicas de la obra.</b>	
Técnica	Reproducción escultórica. Fases de moldeo con alginato dental a partir de madreforma cilíndrica.
Variedad de alginato dental	<i>Phase Plus (Zhermack).</i>
Cantidad	2 envases (906 gramos).
Material de reproducción	Escayola cerámica.
Pátina	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Imprimación sintética en spray negro.</li> <li>• Verde oliva.</li> <li>• Pintura sintética oro rojo.</li> <li>• Polvo de talco.</li> </ul>
Dimensiones	Figura: 28 cm x 11 cm x 12 cm

*Tabla 15:* Características técnicas de la reproducción escultórica realizada mediante fases de moldeo con alginato dental.

## Reproducción n°5.



*Figura 124: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Fase de moldeo con alginato dental. Fotografía digital. Reproducción escultórica. Fases de moldeo con alginato dental a partir de madreforma cilíndrica. Incorporación de clavo de hierro.*



Figura 125: José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Fase de moldeo con alginato dental*. Fotografía digital. Izquierda: reproducción escultórica. Fases de moldeo con alginato dental a partir de madreforma cilíndrica. Incorporación de clavo de hierro. Derecha: incorporación de clavo de hierro. Detalle.

<b>Características técnicas de la obra.</b>	
Técnica mixta	Reproducción escultórica. Fases de moldeo con alginato dental a partir de madreforma cilíndrica. Incorporación de clavo de hierro.
Variedad de alginato dental	<i>Kromopan (Lascod)</i> .
Cantidad	1 envase (453 gramos).
Material de reproducción	Escayola <i>Exaduro</i> .
Pátina	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Café.</li> <li>• Tintas de color tierra.</li> <li>• Agua cola.</li> </ul>
Dimensiones	Figura: 24 cm x 14 cm x 10 cm

Tabla 16: Características técnicas de la reproducción escultórica realizada mediante fases de moldeo con alginato dental.

## Reproducción n°6



*Figura 126: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Fase de moldeo con alginato dental. Fotografía digital. Reproducción escultórica. Fases de moldeo con alginato dental a partir de madreforma cilíndrica. Incorporación de clavo de hierro.*



*Figura 127: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Fase de moldeo con alginato dental. Fotografía digital. Reproducción escultórica. Fases de moldeo con alginato dental a partir de madreforma cilíndrica. Incorporación de clavo de hierro. Detalle.*



*Figura 128: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Fase de moldeo con alginato dental. Fotografía digital. Reproducción escultórica. Fases de moldeo con alginato dental a partir de madreforma cilíndrica. Incorporación de clavo de hierro. Detalle.*

<b>Características técnicas de la obra.</b>	
Técnica mixta	Reproducción escultórica. Fases de moldeo con alginato dental a partir de madreforma cilíndrica. Incorporación de clavo de hierro.
Variedad de alginato dental	<i>Kromopan (Lascod).</i>
Cantidad	1 envase (453 gramos).
Material de reproducción	Escayola exaduro.
Pátina	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Café.</li> <li>• Tintas de color tierra.</li> <li>• Agua cola.</li> </ul>
Dimensiones	Figura: 32 cm x 22 cm x 7 cm

*Tabla 17:* Características técnicas de la reproducción escultórica realizada mediante fases de moldeo con alginato dental.

#### **4.6. El uso del alginato en la pedagogía de las artes plásticas.**

Aprender el uso de los materiales escultóricos sitúa al alumnado entre la asimilación de conocimientos estéticos y la necesidad de transfigurarlos aplicándolos a creaciones propias. Las técnicas de moldes y reproducciones aplicadas al modelo del natural se acercan al concepto de representación de la naturaleza, al ser el resultado de los procesos de moldeo una copia fidedigna de la realidad. Las reproducciones de modelos del natural pueden aportar un sinnúmero de posibilidades estéticas basadas en la posturización, que puede ser más clásica o más contemporánea.

Una manifestación artística se fundamenta en estrategias aplicadas y contextualizadas para la construcción de realidades personales o colectivas. Por esto la construcción plástica contribuye al desarrollo de las competencias humanas basadas en el discurso afectivo, simbólico y emocional (Abad Molina, 2009).

Conocer los materiales, técnicas y procedimientos artísticos potencia la capacidad de comunicar, exponer y reflexionar sobre ciertos temas que den lugar a una mayor fecundidad artística y creativa por parte del alumnado. El alginato, al ser una materia que fragua muy rápidamente, nos obliga a trabajar con ella con bastante rapidez. Esta es la principal dificultad para aprender a usarla como materia para copiar volúmenes. Por medio de la cooperación entre los miembros del grupo del alumnado, se consigue un circuito procesual entre aquellos que realizan la mixtura de alginato y agua, los que aplican la materia y las personas que hacen de modelo. Estas prácticas fomentan la participación activa por medio de ejercicios de moldeo que engloban todos los pasos correspondientes para la confección de un molde directo sobre un modelo del natural.

El uso de alginatos para la realización de fases de moldeo promueve y requiere de trabajo grupal y colaborativo para la consecución de los distintos pasos a seguir para la obtención de una reproducción escultórica. (Rocha Cáceres, 2016, pp. 220-221).

La introducción de materiales novedosos procedentes de otras industrias y su utilización como materias de reproducción escultórica amplían la visión técnica del alumnado al destinarlos a un uso expresamente artístico, ofreciendo nuevos conocimientos prácticos por medio de procedimientos correspondientes a las asignaturas de realización de moldes y reproducciones en ciclos superiores de formación profesional.

Dentro de los talleres de vaciado y modelado pertenecientes a las escuelas de arte y oficios, curricularmente podemos encontrar técnicas de realización de moldes rígidos y flexibles, existiendo objetivos claramente diferenciados, referidos a la confección de moldes a partir de materias poliméricas para la correcta ejecución de la obra plástica. En los contenidos del Ciclo Superior de Artes Plásticas y Diseño en Moldes y Reproducciones Escultóricas existen módulos específicos denominados “Materiales y tecnología de moldes y reproducciones escultóricas” y “Proyectos de moldes y reproducciones escultóricas” basados en la creación, uso y expertización de moldes y reproducciones en los que se estudia de manera detallada cada uno de los procesos constructivos de los moldes aplicados a la escultura. Los objetivos de estos módulos se basan en el estudio de la naturaleza de los materiales de moldeo y su correcta utilización en el ámbito de la reproducción escultórica. La lista de objetivos engloba a todas las materias de moldeo factibles para el uso académico que puedan ofrecer mecanismos para el desenvolvimiento de procesos técnicos de creación. (B.O.E., 23 de abril de 2015)

En las especialidades de moldes y reproducciones, las técnicas de moldeo con alginato se clasifican entre el uso de materias flexibles, caracterizadas por la posibilidad de extracción de la reproducción del molde sin deteriorar el agente de moldeo, entre las que se encuentran materiales elastómeros, ya sean naturales o sintéticos como las siliconas, poliuretanos, o polivinilos (Abad *et al.*, 2004).

Al inicio de la manipulación de materiales de reproducción escultórica son importantes dos puntos:

- (a) La comprensión de los principios físicos del funcionamiento de los moldes.
- (b) el estudio y uso de materias de confección y reproducción.

La utilización de este tipo de materias requiere de una base científica que defina cada uno de sus componentes, su procedencia y como los agentes externos afectan a la composición global durante el proceso de trabajo. El alginato dental posee propiedades naturales que son aplicadas a procedimientos de moldeo, las cuales han de clasificarse para saber cuáles son las condiciones óptimas de aplicación a procesos de moldeo para reproducción escultórica. Para la introducción del alginato dental como agente de moldeo es imprescindible conocer las indicaciones del fabricante para desarrollar adecuadamente cada uno de los procesos aplicables a la realización de proyectos escultóricos. La

tecnología e innovación en la creación de materias permite el uso de estos materiales en relación directa con técnicas de vaciado escultórico gracias a la similitud entre procesos de otras materias de uso artístico como la silicona. Del mismo modo, conocer los riesgos que las materias de moldeo pueden suponer para la salud permite acometer acciones con una mayor higiene y seguridad.

El punto 5 del Módulo de Materiales y tecnología de moldes y reproducciones escultóricas “Materiales poliméricos. Clasificación y propiedades. Materiales auxiliares y complementarios” se refiere directamente a todas las materias que tengan un proceso de catálisis, entre las que se puede incluir el alginato, cuyo fraguado está basada en el proceso de polimerización de sus componentes (B. O. E., 2015, p. 35343).

#### **4.6.1. Contenidos teórico-prácticos para la realización de obra escultórica a partir de moldes de alginato dental.**

Siguiendo la consecución de pasos necesarios para el correcto uso del alginato dental, dentro de la programación específica del *Ciclo Superior de Artes Plásticas y Diseño en Artes Aplicadas a la Escultura*, se ideó una obra escultórica por parte del alumnado de la Escuela de Arte Gaspar Becerra de Baeza. La obra fue llevada a cabo en las instalaciones destinadas a la realización de moldes y reproducciones en mayo del año 2015, desarrollando una comprensión artística y contemporánea y con la participación colectiva de alumnos y profesores, que han intercambiado distintas estrategias de creación y adecuación estética de las distintas partes de la obra partiendo de acciones tanto planificadas como conceptualmente improvisadas (Kahan y Kocur, 1996).

##### **Introducción de contenidos teóricos:**

- Definición y descripción del alginato dental.
- Composición y procesos de obtención.
  1. Acercamiento a las técnicas de extracción para su transformación en compuesto destinado a fases de moldeo.
  2. Identificación y función de todos los componentes que conforman el alginato dental.
- Usos habituales de la materia en distintas industrias.
  1. Narración de cómo el alginato dental fue un producto emergente y usado en diversas industrias como la alimenticia, la médica o la textil.

##### **Introducción de contenidos teórico-prácticos:**

- Mezclado de alginato dental con agua. Método, tiempos y fraguado.
  1. Explicación del método de mezcla en consecución con los tiempos de trabajo de las distintas fases del producto.

2. Medidas concretas de proporciones de polvo y agua para una correcta manipulación.
- Aplicación de la materia en el cuerpo del modelo u otra superficie.
    1. Momento justo de la aplicación durante la fase de polimerización del producto.
    2. Medidas de precaución y estrategias durante los procesos de trabajo.
  - Confección de madreforma adaptada al molde de alginato dental.
    1. Explicación de colocación de la venda de escayola sobre el molde de alginato dental aplicado.

### **Estudio y desarrollo de la idea y concepto de la obra.**

- Posturización de rostros para la confección del molde.
  1. Contextualización del modelo para conseguir reproducciones que se caractericen por su apariencia escultórica.
  2. Posturas y disposiciones de las manos.
- Planificación de la posición de las reproducciones que componen el conjunto.
  1. Número y disposición de planos que componen la obra.
  2. Cómo las reproducciones ocupan el contenido de la obra.
- Selección de materiales que adecuan estéticamente la obra.
  1. Materiales de adhesión para reproducciones.
  2. Elementos añadidos como telas, engrudos y maderas (técnicas mixtas).

### **Ejecución y desarrollo de contenidos prácticos.**

- Mezcla de escayola. Preparación de la materia de reproducción escultórica y su vertido en el interior del molde.

1. Aplicación del polvo en agua y tiempo de fraguado.
  2. Vertido de la escayola en el interior del molde para la total reproducción de la impronta.
- Rotura del molde de alginato dental para la extracción de la reproducción.
    1. Eliminación de la madreforma.
    2. Retirada del molde de alginato dental.
    3. Retoques para la eliminación de rebabas, burbujas y materias sobrantes de la reproducción.
  - Colocación de las reproducciones en el soporte.
    1. Utilización de resinas y pegamentos.
  - Adecuación estética de la obra, imprimaciones y patinas.
    1. Preparación de pátina de bronce a base de imprimación negro sintético, pintura acrílica verde, rojo óxido de hierro y tonos bronce y pigmentos de óxidos verdes, rojos y polvos de talco.

La obra escultórica realizada por los alumnos está compuesta a modo de relieve siguiendo una composición clásica. Las reproducciones han sido adheridas a un soporte de madera y adaptadas estéticamente según el proyecto ideado por el alumnado.

Este proyecto se ha desarrollado siguiendo las directrices marcadas en cuanto a comprensión de los contenidos teóricos para el adecuado uso de herramientas y materiales. Han sido los propios alumnos los encargados de confeccionar tanto moldes de alginato como madreformas, en medidas y proporciones indicadas en el marco teórico. Concluido el primer acercamiento con la materia para comprobar los límites de trabajo marcados por el tiempo, proceden a realizar copias faciales y de manos (*figura 129*). Durante la acción de retirada de los moldes, el alumno comprende el funcionamiento físico de los moldes al ver la impronta o negativo de su rostro (*figura 131*). A medida que las reproducciones terminan de fraguar, da comienzo la planificación para su colocación en el soporte para obtener una composición equilibrada. La adecuación estética de la obra se ha llevado a cabo introduciendo telas a modo de túnicas y ropajes para que la

reminiscencia de relieve clásico esté presente en la composición. La tela ha sido endurecida por medio de pulverización de agua-cola hasta lograr una rigidez suficiente como para aplicar determinadas pinturas y barnices. La pátina se compone por una primera imprimación negra y una segunda imprimación color turquesa, para emular el óxido del bronce antiguo. Por último, se ha procedido con los colores propios de la oxidación, terminando por aplicar pigmentos de óxidos metálicos para otorgar a la obra un aspecto envejecido y pulverulento.



*Figura 129: Fotografía de Antonio Pérez Almahano. (2015) Fases de moldeo con alginato dental llevadas a cabo por los alumnos de la Escuela de Arte Gaspar Becerra de Baeza. Fotografía digital. Aplicación del alginato dental en estado gel.*



*Figura 130: Fotografía de Antonio Pérez Almahano. (2015) Fases de moldeo con alginato dental llevadas a cabo por los alumnos de la Escuela de Arte Gaspar Becerra de Baeza. Fotografía digital. Aplicación del alginato dental en estado gel.*



*Figura 131: Fotografía de Antonio Pérez Almahano. (2015) Fases de moldeo con alginato dental llevadas a cabo por los alumnos de la Escuela de Arte Gaspar Becerra de Baeza. Fotografía digital. Izquierda : separación del molde de alginato del rostro del modelo. Derecha: impronta registrada. Parte interna del molde para reproducción facial.*



*Figura 132: Fotografía de Antonio Pérez Almahano. (2015) Fases de moldeo con alginato dental llevadas a cabo por los alumnos de la Escuela de Arte Gaspar Becerra de Baeza. Fotografía digital. Impronta registrada. Parte interna del molde para reproducción facial.*



*Figura 133: Fotografía de Antonio Pérez Almahano. (2015) Fases de moldeo con alginato dental llevadas a cabo por los alumnos de la Escuela de Arte Gaspar Becerra de Baeza. Fotografía digital. Improntas registradas. Parte interna delos moldes para reproducción facial.*



*Figura 134: Fotografía de Francisco Milla Gómez. (2015) Fases de moldeo con alginato dental llevadas a cabo por los alumnos de la Escuela de Arte Gaspar Becerra de Baeza. Fotografía digital. Vertido de escayola en el interior del molde.*



*Figura 135: Fotografía de Antonio Pérez Almahano. (2015) Fases de moldeo con alginato dental llevadas a cabo por los alumnos de la Escuela de Arte Gaspar Becerra de Baeza. Fotografía digital. Izquierda: fase de moldeo colectiva. Derecha: extracción de manos del interior del molde.*



*Figura 136: Fotografía de Antonio Pérez Almahano. (2015) Fases de moldeo con alginato dental llevadas a cabo por los alumnos de la Escuela de Arte Gaspar Becerra de Baeza. Fotografía digital. Fase de moldeo colectiva. Impronta del molde.*



*Figura 137: Fotografía de Antonio Pérez Almahano. (2015) Fases de moldeo con alginato dental llevadas a cabo por los alumnos de la Escuela de Arte Gaspar Becerra de Baeza. Fotografía digital. Izquierda: vertido de escayola en el interior del molde. Derecha: reproducción de escayola extraída de uno de los moldes.*



*Figura 138: Fotografía de Antonio Pérez Almahano. (2015) Fases de moldeo con alginato dental llevadas a cabo por los alumnos de la Escuela de Arte Gaspar Becerra de Baeza. Fotografía digital. Planificación de las reproducciones para su integración en el soporte de madera.*



*Figura 139: Fotografía de Francisco Milla Gómez. (2015) Fases de moldeo con alginato dental llevadas a cabo por los alumnos de la Escuela de Arte Gaspar Becerra de Baeza. Fotografía digital. Detalle de las reproducciones.*



*Figura 140: Fotografía de Francisco Milla Gómez. (2015) Fases de moldeo con alginato dental llevadas a cabo por los alumnos de la Escuela de Arte Gaspar Becerra de Baeza. Fotografía digital. Detalle de las reproducciones.*



Figura 141: Antonio Perez Almahano. (2015) *Fases de moldeo con alginato dental llevadas a cabo por los alumnos de la Escuela de Arte Gaspar Becerra de Baeza*. Fotografía digital. Izquierda: imprimación sintética en spray negro. Derecha: imprimación tono turquesa.



Figura 142: José Javier Ángeles Alejo. (2015) *Fases de moldeo con alginato dental llevadas a cabo por los alumnos de la Escuela de Arte Gaspar Becerra de Baeza*. Fotografía digital. Aplicación de pátina tono turquesa por Antonio Pérez Almahano, Jefe de estudios de la Escuela de Arte Gaspar Becerra.



*Figura 143: José Javier Ángeles Alejo. (2015) Relieve escultórico realizado a partir de fases de moldeo con alginato dental en cooperación con los alumnos de la Escuela de Arte Gaspar Becerra de Baeza. Fotografía digital. Escayola sobre madera, 120 x 90 x 10 cm. Baeza: Escuela de Arte.*



*Figura 144: José Javier Ángeles Alejo. (2015) Relieve escultórico realizado a partir de fases de moldeado con alginato dental en cooperación con los alumnos de la Escuela de Arte Gaspar Becerra de Baeza. Fotografía digital. (Detalle). Escayola sobre madera, 120 cm x 90 cm x 10 cm. Baeza: Escuela de Arte.*



*Figura 145: José Javier Ángeles Alejo. (2015) Relieve escultórico realizado a partir de fases de moldeo con alginato dental en cooperación con los alumnos de la Escuela de Arte Gaspar Becerra de Baeza. Fotografía digital. (Detalle). Escayola sobre madera, 110 x 80 x 15 cm. Baeza: Escuela de Arte.*



*Figura 146: José Javier Ángeles Alejo. (2015) Relieve escultórico realizado a partir de fases de moldeo con alginato dental en cooperación con los alumnos de la Escuela de Arte Gaspar Becerra de Baeza. Fotografía digital. (Detalle) Escayola sobre madera, 120 x 90 x 10 cm. Baeza: Escuela de Arte.*

<b>Características técnicas de la obra.</b>	
Técnica	Reproducción escultórica. Fases de moldeo con alginato dental sobre modelos del natural.
Variedad de alginato dental	<i>Phase Plus (Zhermack).</i>
Cantidad	8 envases (3.624 gramos).
Material de reproducción	Escayola ISO E-35.
Pátina	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Imprimación sintética en spray negro.</li> <li>• Acrílico tono turquesa.</li> <li>• Acrílico verde oliva.</li> <li>• Acrílico óxido de hierro.</li> </ul>
Dimensiones	Conjunto: 110 cm x 80 cm x 15 cm

*Tabla 18:* Características técnicas de la reproducción escultórica realizada mediante fases de moldeo con alginato dental.

El manejo de los materiales en prácticas de vaciado del natural permite al alumnado conocer la naturaleza y el comportamiento de estos, como el empleo de proporciones entre materias, los procesos de fraguado de la escayola, los tiempos de trabajo del alginato dental y propiedades inherentes a la materia como la viscosidad y la tixotropía. De igual modo, la asimilación de la realización y el funcionamiento de moldes rígidos y elásticos completa gran parte del contenido teórico basado en procesos de reproducción escultórica.

La introducción y uso de materias gelificantes dentro del ámbito de la pedagogía artística, ayuda al alumnado a comprender el funcionamiento físico de los moldes aplicado en superficies humanas, contribuyendo al aprendizaje de la técnica de “life-casting”, usada en prácticas de reproducción escultórica desde tiempos remotos, con la que grandes artistas dieron vida a muchas de sus obras y que hoy día gracias a la investigación forman parte del curriculum de los centros de Formación Profesional, pudiendo utilizar el arte como lenguaje pedagógico (Marín Viadel, 2005).

**5. Reciclaje del hidrocoloide irreversible.  
Transformación de los residuos para su reutilización.**

## 5.1. Antecedentes en el uso de los desechos.

En el ámbito de la reproducción escultórica se realizan procesos de moldeo y vaciado empleando gran diversidad de técnicas y materiales, encontrando positivados de piezas compuestas de distintos tipos de escayolas, cementos, hormigones, resinas, espumas o metales procedentes de la industria de la fundición. Basándonos en los procesos de moldeo con alginato aplicado a la escultura, se ha procedido a la búsqueda de nuevas materias y procedimientos, con el propósito de transmitir las características más proclives del hidrocólido a otras técnicas de moldeo y vaciado, como su fácil preparación o la sencilla consecución de pasos a seguir, dejando atrás cualidades no deseadas propias de otras materias como la toxicidad, gran cantidad de desechos sólidos o fluidos, sobreesfuerzos físicos o los altos costes económicos de materiales específicos.

Observando el comportamiento del alginato al perder el agua por completo, tras finalizar su proceso de sinéresis, pudimos comprobar que, aunque sufre una considerable retracción, goza de gran resistencia a la fractura en relación con su carencia de peso. Este importante dato se tomó como punto de partida para la búsqueda de una materia que tuviera características similares para introducirla como materia de reproducción escultórica. Para el libro *La utilización del alginato como árido en la reproducción escultórica* (Ángeles Alejo, 2015) se llevaron a cabo pruebas basadas en la combinación de alginato dental y otras materias en estado pulverulento, siendo el punto de partida de esta investigación. Con las pruebas realizadas a diversos, materiales obtuvimos como resultado un producto que, aunque con cierta corporeidad y evidenciando una alta disminución de su peso, era demasiado quebradizo. Ninguno de los materiales en combinación mantenía sus propiedades con respecto al correcto fraguado y su posterior dureza. También se idearon pruebas de inmersión en las que el material perdió toda su dureza y forma superficial deshaciéndose al contacto, quedando inservible para su introducción como material de reproducción escultórica.

Tras estos resultados, se tomó la determinación de cambiar la naturaleza del alginato, debido a que la única vía factible de combinarlo era en polvo. Este hecho fue el que nos condujo al reciclaje de los desechos de procesos de moldeo. Decidimos centrarnos en los cascotes de alginato tras concluir el proceso de sinéresis. En ese estado, aunque sin posibilidad de reutilización como gel, tenemos un elemento muy sólido, resultado de un

proceso de fraguado. Decidimos someter los cascotes duros de alginato a un tratamiento de micronizado, con la intención de obtener un polvo derivado del alginato que siguiera conservando los mismos componentes y que además, tuviera una granulometría lo más parecida posible al polvo de la escayola. Tras un laborioso proceso de micronizado, obtuvimos un polvo muy volátil e intangible al tacto, al que en ese momento se denominó *ADM*, cuyas siglas corresponden a “alginato deshidratado micronizado”.

Habiendo realizado observaciones previas, hoy día se define como *árido algínico*, describiéndose como un polvo de grano muy fino, derivado del reciclaje del alginato dental (*figura 1*). Se trata de una **materia de uso polivalente aplicable a procesos de reproducción escultórica, actuando como agente modificador de fraguado y endurecimiento.**



*Figura 1:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Árido algínico*. Fotografía digital. Polvo derivado del reciclaje de los cascotes de alginato tras su proceso de fraguado y endurecimiento.

## **5.2. Procesos de obtención de árido algínico.**

### **5.2.1. Método empleado.**

La obtención de esta materia pulverulenta está basada en un método de reciclaje de los fragmentos de alginato fraguado procedentes de procesos de moldeo. El alginato experimenta diversos estados de la materia hasta convertirse nuevamente en polvo micronizado. A continuación, se describe el proceso por el cual, los cascotes de alginato pasan de ser el desecho de un proceso de moldeo a un árido para su reutilización.

Aunque se trata de un proceso de reciclaje, se detallan fases de obtención óptima para lograr una materia que no haya sido sometida a manipulaciones o procesos innecesarios, extrayéndolo y procesándolo directamente de su envase comercial. Con este método evitamos situaciones en las que el alginato empleado pueda entrar en contacto con superficies en las que haya residuos de escayola u otros materiales de reproducción, restos de madreforma, suciedad, sudor (sal) o fragmentos de mayor grosor que nos dificulten su tratamiento y procesado. Estos elementos proporcionan un ambiente de humedad muy alto, que sin las precauciones correspondientes de higiene y sequedad en el ambiente, provocarán la aparición de moho en la superficie del alginato a procesar, incluyendo el arrastre de piel muerta que queda adherida a la impronta del molde de alginato al retirarlo de la superficie del modelo.

Evitando este tipo de agentes externos obtenemos una materia que no ha sido expuesta a ningún tipo de alteración, aconteciendo únicamente los estados inherentes a sus distintos ciclos de mezclado, trabajo, fraguado y endurecimiento. La consecución de estos procesos se ha llevado a cabo en un lugar con una temperatura comprendida entre 18° C y 20° C, para igualar las condiciones en el momento de la apertura del envase con las de su almacenaje (Batista *et al.* 2007).

La manipulación se ha realizado en superficies lisas y debidamente higienizadas, eliminando cualquier tipo de impureza que pudiera suponer un obstáculo para la consecución de los distintos cambios que la materia experimenta.

La mezcla de alginato en relación a la cantidad de agua ha de ser la misma que nos indica el fabricante, con la finalidad de obtener un gel que se caracterice por su densidad y su viscosidad. El volumen de agua no puede exceder la cantidad indicada, ya que en determinadas circunstancias puede atenuar las propiedades del hidrocoloide. Se ha tomado como referencia, la variedad de alginato dental *Phase Plus* de la compañía *Zhermack*, descrito anteriormente. Este modelo de alginato goza de resultados óptimos en todas sus fases de mezcla, trabajo, gelificación y copia de superficies. Estas cualidades, junto con la maleabilidad que presenta para introducirlo en procesos de reciclaje y transformarlo en árido, son las que nos han llevado a su uso para el desarrollo de estas pruebas. El agua se ha aplicado a mínima temperatura con el propósito de ralentizar la polimerización y por lo tanto, lograr una mayor permanencia en el estado gel. En este caso, se han introducido bloques de hielo en agua refrigerada.

#### **Medidas de precaución.**

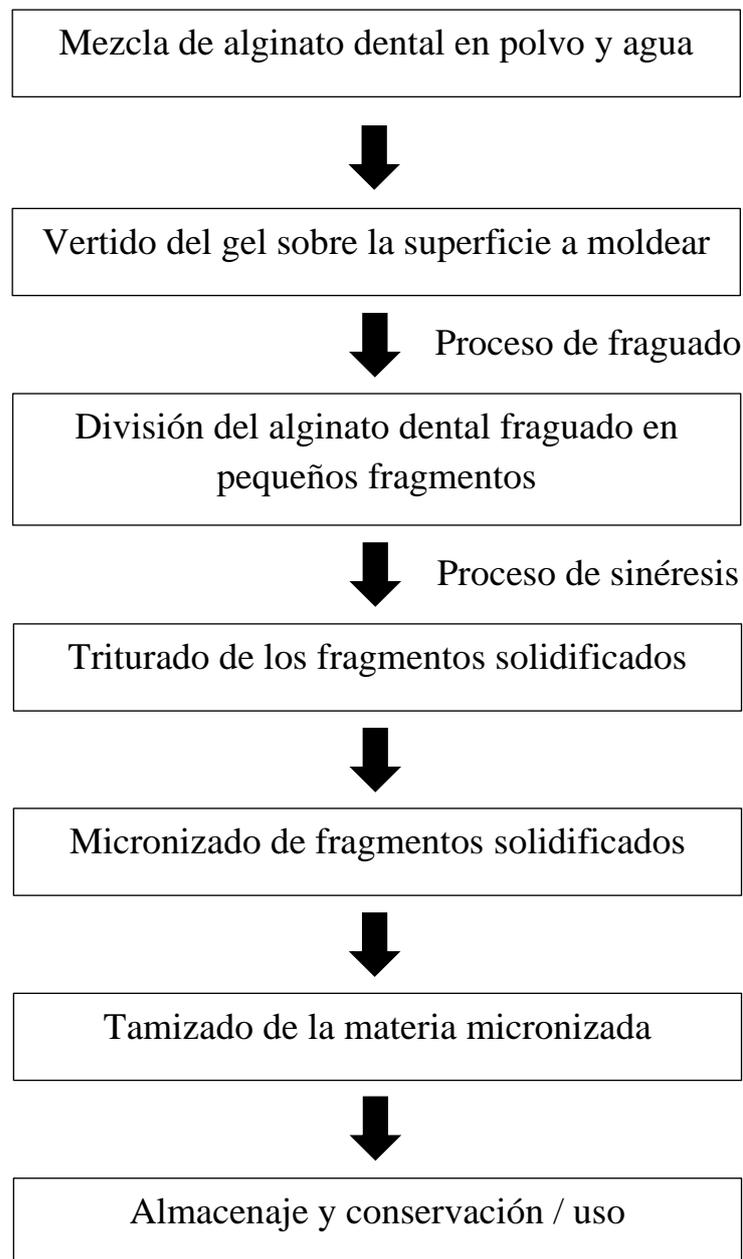
El árido algínico es un polvo muy volátil que puede permanecer durante varios minutos en suspensión. Aunque el alginato no presente ningún riesgo para la salud, los procesos de transformación en árido para su reutilización alteran su comportamiento natural, por lo que se recomienda el uso de mascarilla en el comienzo del procesado de fragmentos en polvo.



Uso de mascarilla

### 5.2.2. Fases de transformación, procesado y obtención.

Esquema de las fases de transformación de los residuos de alginato dental para su procesado y obtención del árido algínico (*figura 2*).



*Figura 2:* Fases de reciclaje de alginato y obtención de polvo deshidratado micronizado.

## 1 Mezcla de alginato y agua.

El agua refrigerada es vertida en el recipiente donde se encuentra el alginato dental para realizar la mezcla (*figura 3*). El proceso de mezcla no puede durar más de un minuto para no ocupar la fase de aplicación en la superficie (*figura 4*).



*Figura 3:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Mezcla de alginato y agua*. Fotografía digital. Izquierda: alginato dental cromático *Phase Plus* de *Zhermack*. 500 gr. Derecha: vertido de agua refrigerada.



*Figura 4:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Obtención del gel*. Fotografía digital. Izquierda: fase de mezcla del alginato con agua con ayuda de taladro y hélice. Derecha: gelificación del alginato. Inicio de coloración púrpura de la materia correspondiente a la fase de trabajo o manipulación.

## 2 Vertido del gel.

Gelificada la mezcla, se realiza el vertido de alginato dental en una superficie plana totalmente limpia, proporcionando una capa lo más fina posible (*figura 5*). Esta capa se extiende totalmente por sí misma gracias a las propiedades tixotrópicas de la materia. A medida que el tiempo transcurre, el gel cambia su coloración progresivamente en función de la fase en la que se encuentre. El cambio de coloración se ralentiza al igual que la sucesión de fases de la materia por la presencia de agua refrigerada (*figura 6*).



*Figura 5:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Alginato en estado gel*. Fotografía digital. Izquierda: vertido del gel en la superficie de trabajo. Izquierda: Fluidificación o avance tixotrópico de la materia.



*Figura 6:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Proceso de fraguado del alginato*. Fotografía digital. Izquierda: cambio de coloración del gel producido por la finalización de su fase de trabajo y aplicación. Derecha: finalización del proceso de fraguado.

### **3 División de la superficie del alginato fraguado.**

Al prolongarse los tiempos de fraguado a consecuencia del uso de agua refrigerada, hay que esperar hasta que la masa de alginato tenga un aspecto terso y compacto. Trascurrido el tiempo de fraguado, se practican incisiones a lo largo su superficie para reducirlo a una mínima fracción de tamaño (*figuras 7*). Las incisiones permiten que el agua sea expulsada desde más puntos, y no únicamente por la superficie. Es una práctica en la que se acelera el proceso de sinéresis sin que ningún agente externo actúe. La materia dividida en minúsculos fragmentos tiende a perder el agua al producirse el proceso de sinéresis, una de las características propias del hidrocoloide (*figura 8*) y (*figura 9*). Del mismo modo que la temperatura ambiente mantenida y el agua a refrigerada ralentizan el proceso de fraguado, también lentifica la retracción, haciendo que el exudado de agua sea menos brusco. Evitar aumentos repentinos de temperatura para acelerar el proceso, elude posibles contrariedades en fases posteriores que pudieran ocasionar una reacción distinta a la esperada o un cambio en las características del polvo resultante.



*Figura 7:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Tratamiento de la materia*. Fotografía digital. Izquierda: división de la superficie de alginato dental fraguado. Derecha: separación de las divisiones para favorecer el exudado de agua.



*Figura 8:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Proceso de secado de la materia*. Fotografía digital. Izquierda: división de la superficie de alginato dental fraguado en pequeños fragmentos. Derecha: separación de los fragmentos de alginato dental fraguado para favorecer la evaporación de agua.



*Figura 9:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Proceso de secado de la materia*. Fotografía digital. Izquierda: reducción de los fragmentos de alginato dental fraguado por medio de triturado manual. Derecha: fragmentos de alginato dental seco. Proceso de sinéresis concluido.

En este proceso, aunque la materia quede aparentemente seca, no se encuentra totalmente deshidratada. El punto de deshidratación de determinadas materias se alcanza a partir de los 45° C - 50° C de temperatura. A esta temperatura, las propiedades del alginato se

atenúan, desapareciendo si la temperatura es constante, perdiendo una de las propiedades más importantes que la materia conserva incluso después de su utilización, como la viscosidad.

#### 4 Triturado de los fragmentos.

Finalizado el proceso de sinéresis se muelen los fragmentos de alginato hasta obtener un grano micronizado. Estos fragmentos quedan adheridos entre sí formando pequeñas agrupaciones. Este hecho se produce gracias a la viscosidad de los componentes del alginato<sup>25</sup> (*figura 10*). La pérdida de agua proporciona unos fragmentos muy quebradizos, a consecuencia de su tamaño y grosor, facilitando la molienda para su micronizado. Se ha empleado un mortero de mezcla metálico<sup>26</sup> para aplicar presión a los fragmentos hasta reducirlos a polvo (*figura 11*). El polvo resultante se fricciona en el mortero para lograr una granulometría intangible. El polvo obtenido se caracteriza por su alta volatilidad.



*Figura 10: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Fragmentos de alginato dental seco adheridos entre sí después del proceso de sinéresis. Fotografía digital. Detalle.*

---

<sup>25</sup> Después del proceso de sinéresis, la parte orgánica de la fórmula del alginato dental correspondiente a las algas, continúa funcional, presentando gran viscosidad en contacto con el agua.

<sup>26</sup> El empleo de útiles fabricados con materiales no porosos evita la transmisión de posibles humedades y contaminación de otras materias tratadas con anterioridad.



*Figura 11:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Obtención de árido algínico*. Fotografía digital. Izquierda: fase de molienda de los fragmentos de alginato dental seco en mortero metálico. Derecha: micronizado de los fragmentos.

## **5 Tamizado de la materia micronizada.**

La materia obtenida en la fase de molienda y micronizado es sometida a un proceso de tamizado para obtener un polvo cuya granulometría sea lo más fina posible, separando secciones de mayor tamaño que afecten a la homogeneidad a la hora de usarlo (*figura 12*). Durante este proceso el polvo estará suspendido en el aire, por lo que recomienda el uso de una mascarilla de filtros.



*Figura 12:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Árido algínico*. Fotografía digital. Tamizado de los fragmentos triturados para la obtención de polvo con granulometría intangible.

El resultado de esta consecución de procesos es un polvo al que hemos denominado **árido algínico**. El motivo por el cual se denomina algínico, es por las cualidades relativas al alginato que posee. Este árido dispone de una coloración similar a la del alginato dental del que se extrae, en este caso, blanco en su origen (*figura 13*). El polvo es de aspecto aterciopelado y muy volátil. En este estado aún conserva el olor característico de este tipo de alginato. Tiene una apariencia similar a la escayola, aunque a simple vista posee otras cualidades como una distinta compactación debido a un menor peso en relación con su volumen. El tacto también es distinto al de la escayola. Al ser un polvo impalpable, es muy difícil percibir su temperatura.



*Figura 13: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Árido algínico obtenido por medio del triturado y tamizado de fragmentos de alginato dental seco.*

## **6 Almacenaje.**

Por su granulometría, el árido algínico tiene gran capacidad higroscópica, pudiendo absorber la totalidad de su volumen en agua. Del mismo modo, es sensible a la humedad, quedando apelmazado e inservible. Estas muestras de árido han sido guardadas en tubos de ensayo para prever cualquier exposición no deseada.

### 5.3. Características y peculiaridades del árido algínico.

Por medio de distintas fases de observación y experimentación, la materia muestra características cíclicas basadas en la absorción de agua, maleabilidad, expulsión de agua, cambio dimensional y endurecimiento. Estas características muestran cierta similitud con los estados del alginato dental correspondientes a los ciclos de mezclado, gelificación, fraguado y endurecimiento. Al haber perdido la capacidad de formación de geles, los resultados obtenidos por medio de esta sucesión de ciclos y estados, ofrece características que, aunque totalmente distintas a las del hidrocóide, son muy proclives a su aplicación en procesos de producción escultórica (*tabla 1*).

ARIDO ALGÍNICO
Alta volatilidad (granulometría impalpable)
Alta capacidad higroscópica.
Formación de pasta maleable al contacto con agua
Coloración atenuada del alginato del que se obtiene.
Expulsión de agua absorbida (Sinéresis)
Formación de materia sólida y compacta
Cambio dimensional (disminución y aumento)

*Tabla 1:* Características del árido algínico

### **Alta volatilidad.**

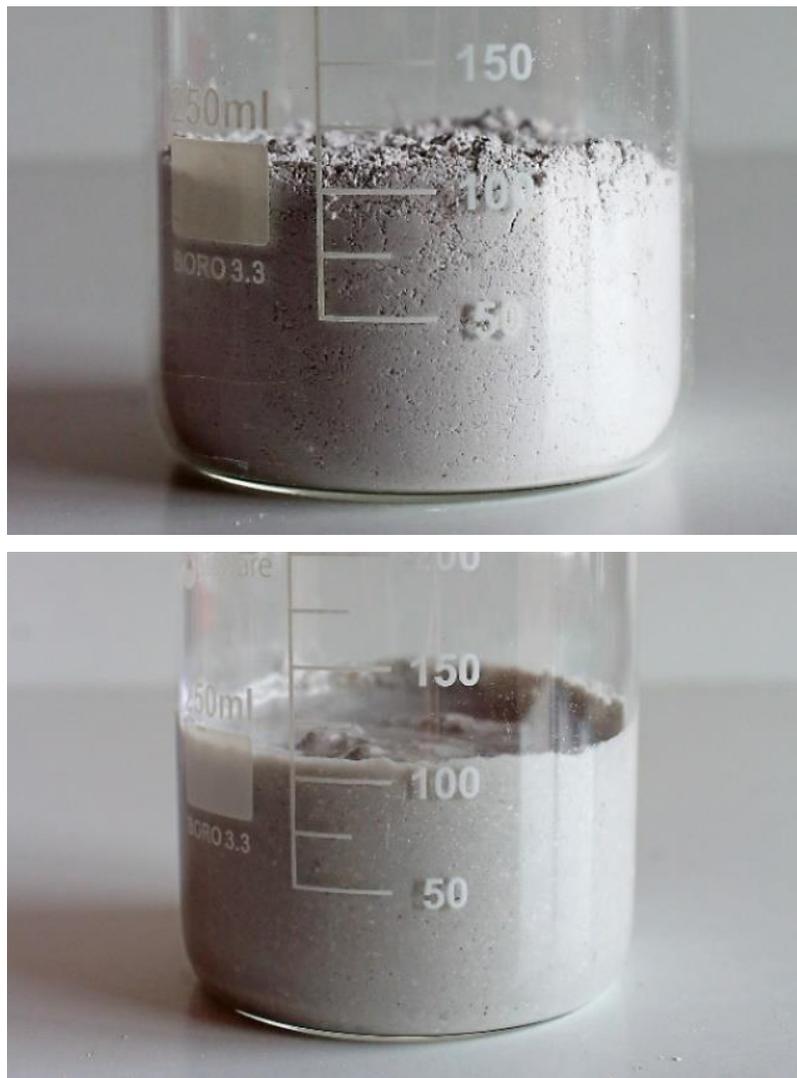
Esta propiedad se muestra a partir de la fase de molienda durante el proceso de obtención. El polvo tarda varios minutos en depositarse en la superficie, quedando suspendido en el aire (*figura 14*). Este hecho indica que se trata de un polvo intangible que puede ocasionarnos lesiones en ojos y vías respiratorias. Aunque el alginato no presente elevada toxicidad en ingesta o aspiración, la práctica que se desarrolla en este estudio puede desatender en determinados momentos las indicaciones del fabricante, por lo que es recomendable no estar expuestos de manera directa y prolongada a las partículas volátiles del árido.



*Figura 14: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Muestra de árido algínico en la que se aprecia su alta volatilidad. Fotografía digital.*

### **Alta capacidad higroscópica.**

Los cascotes de alginato dental tras el proceso de expulsión de agua, se convierten en un material muy poroso, característica que se mantiene tras su fase de micronizado. Al tratarse de una granulometría fina y no compactada las cualidades higroscópicas del árido algínico son muy altas. Se ha realizado una pequeña mezcla de polvo y agua para comprobar la capacidad de absorción. 40 gramos de árido algínico tienen la capacidad de absorber 100 gramos de agua sin variar su volumen (*figura 15*).



*Figura 15:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) Izquierda: 40 gr de árido algínico. Derecha: 40 gr de árido algínico mezclado con 100 gr de agua. Fotografía digital.

### **Formación de pasta maleable al contacto con agua.**

Aunque no se trate de un proceso de gelificación, la adición de agua permite formar una pasta maleable, gracias a las características de viscosidad y gelificación de la materia en su estado anterior. En este estado la materia ha perdido parte de sus propiedades coloidales. (García *et al.* 2000). La pasta derivada de la mezcla de árido algínico y agua tiene una textura muy parecida a la de una pasta de modelar. En este caso, goza de una coloración grisácea apagada y expide un olor muy característico que se potencia con el agua. El color es indicativo de la gama o variedad de alginato dental empleado para la obtención del árido, teniendo un color semejante durante todos los estados de manipulación (*figura 16*). Al manipularla, deja un residuo que se adhiere fuertemente, eliminándose fácilmente con agua. Esta pasta dura relativamente poco en este estado debido a los procesos de expulsión de agua que sufre la materia. La pasta de árido algínico puede ser más o menos maleable en función de la cantidad de agua que se emplee en la realización de la mezcla.



*Figura 16:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Mezcla de árido algínico y agua.* Fotografía digital. Formación de pasta maleable.

### **Coloración atenuada del alginato del que se obtiene.**

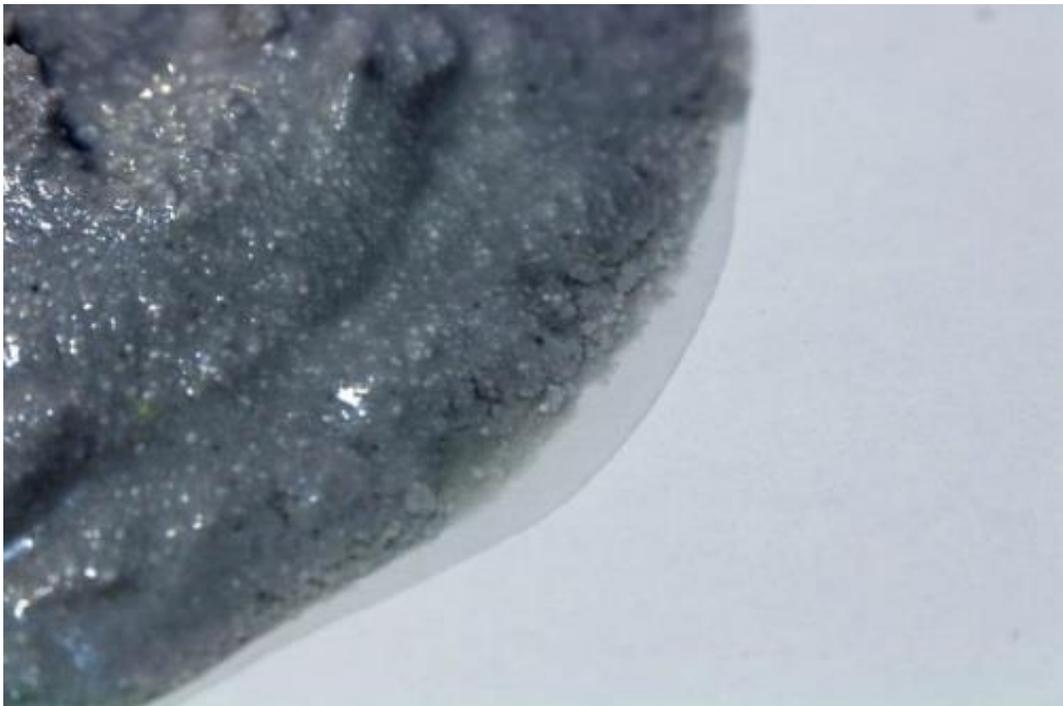
La gama cromática de los alginatos (con colorante) de los que se ha extraído el árido ha sido muy amplia, dando una coloración muy similar. Únicamente existe diferencia cromática en aquellos modelos que presentan distinta coloración en sus fases de trabajo, los llamados alginatos cromáticos, en la que se obtiene un polvo de una coloración similar a la última fase de trabajo, una vez que el alginato ha fraguado y endurecido. Aunque posee un tono blanquecino, en algunas ocasiones puede ser gris. Este hecho indica que el grano contiene cierta cantidad de humedad (*figura 17*).



*Figura 17:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Comparativa*. Fotografía digital. Izquierda: alginato dental *Phase Plus* de *Zhermack* en polvo. Derecha: árido algínico procedente de ese mismo alginato dental.

### **Expulsión de agua absorbida (Sinéresis).**

Durante las pruebas de estudio del comportamiento del árido algínico mezclado con agua, se hace patente como se inicia rápidamente el proceso de sinéresis. El agua comienza a ser expulsada instantes después de la mezcla (*figura 18*). Uno de los motivos aparentes por los que se produce este fenómeno es por la no existencia de componentes que inicien un proceso de fraguado en contacto con el agua. En su estado comercial y según la formula publicada, el alginato puede contener cierta cantidad de escayola cuya función sería iniciar un proceso reactivo que da lugar a la gelificación de la materia.



*Figura 18:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Mezcla de árido algínico y agua*. Fotografía digital. Proceso de expulsión de agua.

Al procesar la materia una vez usada, determinados componentes pierden o disminuyen su efectividad, prolongando el tiempo de fraguado o convirtiéndolo en un proceso normal de secado que puede durar varios días hasta que el agua de la mezcla se evapora por completo.

### **Formación de materia sólida y compacta.**

Al expulsar el agua y secar, queda una materia dura, liviana y muy compacta. Como ya se ha expuesto anteriormente, la composición de las sales de alginato está basada en residuos monoméricos de ácido manurónico y ácido gulurónico. Dependiendo de cada una de las cantidades de ácido que contenga la sal de alginato, tendrá mayores o menores cualidades de gelificación y viscosidad. Tras la transformación de los residuos de alginato dental en árido, aunque en menor medida, determinadas propiedades prevalecen, como la viscosidad. La viscosidad de la materia es la que hace que los microgránulos vuelvan a adherirse con la adición de agua, aunque solo sea de manera parcial, proporcionando de nuevo una materia muy sólida (*figura 20*).

Al no existir ningún componente reactivo que inicie un proceso de fraguado, el endurecimiento de la materia está basado en la expulsión y evaporación del agua, en la viscosidad de la materia orgánica de su composición interna y en la capacidad de gelificación del alginato del que se obtiene.



*Figura 20: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Formación de materia sólida y compacta tras la pérdida de agua. Fotografía digital.*

### **Cambio dimensional (disminución).**

Del mismo modo que el alginato comercial experimenta un cambio dimensional tras su proceso de secado, esta materia también sufre una variación de su tamaño al perder el agua (*figura 19*). El cambio dimensional que se produce en el árido es un dato positivo; del mismo modo que el alginato produce una materia altamente resistente, esta mezcla también genera la formación de una materia muy sólida.



*Figura 19:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Comparativa*. Fotografía digital. Izquierda: probeta de pasta de árido algínico antes de perder el agua. Dimensiones: 125mm x 65mm x 25mm. Derecha: probeta de pasta de árido algínico tras el secado.

#### **5.4. Observación y estudio superficial para la comparativa visual de la materia.**

El estudio de microscopía<sup>27</sup> muestra como el microgránulo que compone el alginato dental, es similar al de la materia procesada convertida en árido. Se han analizado distintos estados de varios modelos de alginato dental, tanto en estado comercial como tras su conversión a árido.

El análisis de distintos modelos de alginatos dentales y su posterior árido, nos demuestra que las características de este tipo de árido son comunes para el resto de alginatos. El punto equivalente entre tamaño, apariencia, volatilidad y textura ofrece claves para la realización de ensayos empíricos. Estas observaciones muestran cómo tras la molienda de los cascotes de alginato dental gelificado, es posible igualar los estados de la materia, haciendo que el grano sea similar al de su estado comercial.

Las muestras de árido algínico han sido sometidas a distintos filtros de luces ultra violeta e infrarrojos por medio de un comparador multiespectral<sup>28</sup>, en busca de algún tipo de respuesta lumínica, con el propósito de averiguar si alguno de los componentes reacciona a diferencia de otros.

En primer lugar, se ha analizado el polvo de escayola en estado comercial y en estado micronizado después de su proceso de fraguado. El proceso a seguir ha sido el mismo que con el reciclaje de los cascotes de alginato, con el propósito de comprobar hasta qué punto existe equivalencia y homogeneidad entre los microgránulos de las distintas materias (*figura 21*) y (*figura 22*). A continuación, se han realizado observaciones a diversas variedades de alginatos y sus respectivos áridos tras la transformación de los residuos (*figura 23*) a la (*figura 28*).

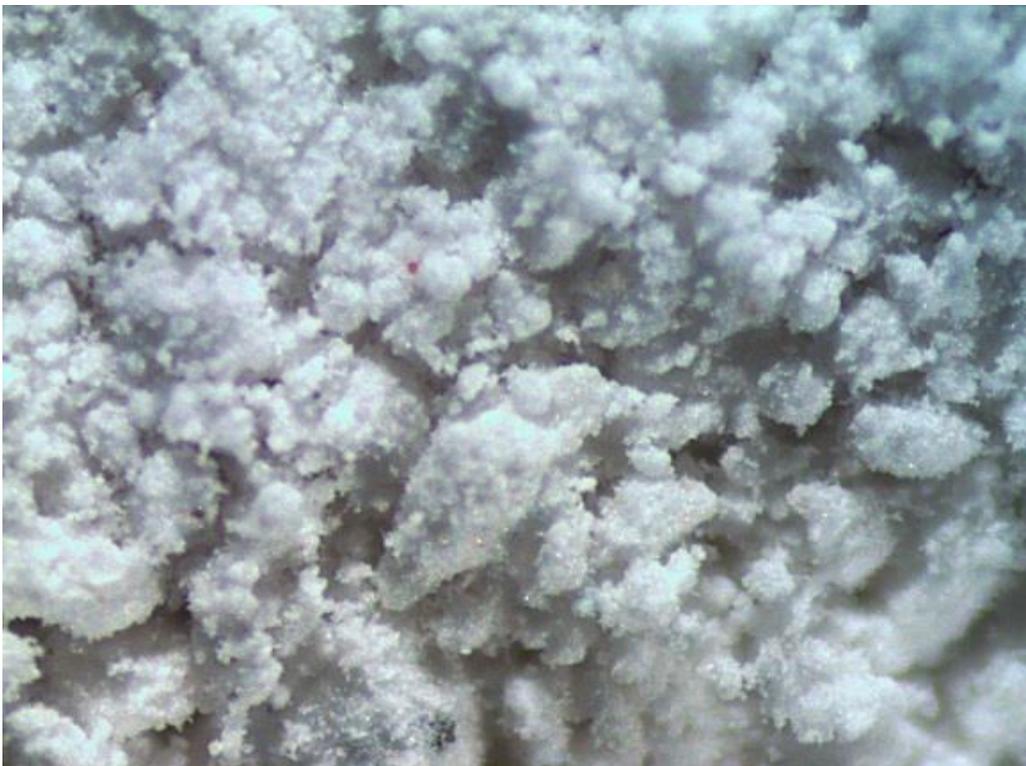
---

<sup>27</sup> Observaciones realizadas por medio de Microscopio Metalográfico Trinocular *AmScope*.

<sup>28</sup> Video comparador multiespectral *LUMINISYS TR* para estudio mediante Luminiscencia Cromática de las reacciones fisicoquímicas de pigmentos, escrituras, firmas y soportes. Con sistemas de radiación completa UV-LV-IR, y luces a 45°, rasante y transmitidas LV e IR. Filtrados específicos para Luminiscencia IR, Cromática y UV.



*Figura 21: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Observación superficial de escayola E-35 por medio de Microscópio Metalográfico Trinocular AmScope. Fotografía digital.*



*Figura 22: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Observación superficial de escayola E-35 fraguada de escayola E-35 por medio de Microscópio Metalográfico Trinocular AmScope. Fragmentos micronizados. Fotografía digital.*



*Figura 23: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Observación superficial de alginato dental Phase Plus de Zhermack por medio de Microscópio Metalográfico Trinocular AmScope. Fotografía digital.*



*Figura 24: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Observación superficial de árido algínico obtenido del alginato dental Phase plus de Zhermack por medio de Microscópio Metalográfico Trinocular AmScope. Fotografía digital.*



*Figura 25: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Observación superficial de alginato dental Orthoprint de Zhermack por medio de Microscópio Metalográfico Trinocular AmScope. Fotografía digital.*



*Figura 26: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Observación superficial de árido algínico obtenido del alginato dental Orthoprint de Zhermack por medio de Microscópio Metalográfico Trinocular AmScope. Fotografía digital.*



*Figura 27: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Observación superficial de alginato (no dental) PR de Sumbeart por medio de Microscópio Metalográfico Trinocular AmScope. Fotografía digital.*

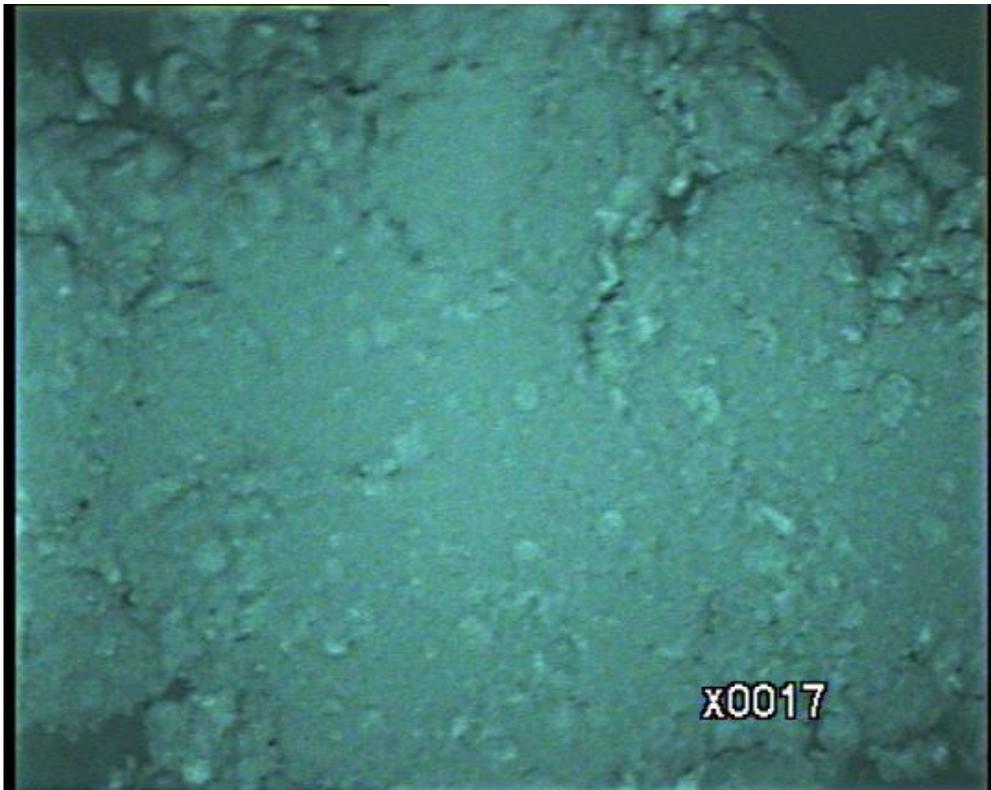


*Figura 28: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Observación superficial de árido alginico obtenido del alginato (no dental) PR de Sumbeart por medio de Microscópio Metalográfico Trinocular AmScope. Fotografía digital.*

Tras introducir las muestras de árido algínico en el comparador multiespectral, se aprecia como con filtros infrarrojos se detecta el polvo de mayor diámetro al refractar la luz de manera distinta (*figura 29*). Sin embargo, los filtros ultravioleta interpretan la imagen como una masa de polvo uniforme, sin ofrecer ninguna respuesta lumínica que pueda ser relevante para el desarrollo de los ensayos empíricos de la investigación (*figura 30*).

Los resultados obtenidos de la observación superficial para la comparativa de los microgránulos que componen la masa de polvo muestran como se ha producido una aproximación aparente de la materia con respecto a la granulometría. El propósito de la aplicación de distintas luces ha sido buscar diferencias visuales entre la materia que pudieran corresponder a componentes distintos.

Sin embargo, no se produce ninguna respuesta lumínica con ninguno de los filtros aplicados. El alginato dental en estado comercial muestra un aspecto apelmazado a causa de la fina granulometría que presenta el polvo y de las condiciones de almacenaje del producto. El árido algínico tiene una apariencia más aireada y volátil debido al tratamiento agresivo que se emplea para su reutilización y reconversión a polvo.



*Figura 29:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) Árido algínico obtenido del alginato dental Phase Plus de Zhermack Aplicación de luces Infrarrojas 940. 560-600. Comparador multiespectral. Pasa Alto 630 Nanómetros.



*Figura 30: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Árido algínico obtenido del alginato dental Phase Plus de Zhermack. Comparador multispectral. Aplicación de luz Ultra Violeta: 580-670 nanómetros.*

**6. Ensayo empírico 1.**  
**Estudio de la naturaleza de los materiales**  
**y su comportamiento ante agentes externos.**

## 6.1. Consideraciones previas.

El desarrollo de los siguientes ensayos empíricos gira en torno a la observación de las distintas fases de trabajo del alginato dental, la naturaleza de su composición interna, su comportamiento ante distintos agentes externos y su aplicación como árido en distintos procedimientos escultóricos. Los estudios aplicados a las fases de reciclaje de esta materia han sido muy importantes para determinar si el árido algínico, resultado del reciclaje de un hidrocoloide, cumple los requisitos para la resolución de los objetivos de esta investigación. Al ser el árido algínico, un subproducto del alginato dental, podemos extraer grandes variedades de esta materia, dependiendo de la naturaleza del alginato y de las características internas de su fórmula. Habiendo realizado una aproximación entre los estados de la materia, la finalidad de esta sucesión de pruebas es demostrar si el uso de un hidrocoloide puede influir en el correcto funcionamiento de ciertos materiales, además de tener una introducción útil como materia o agente para reproducción escultórica.

Como punto de partida, sabemos que el alginato dental en estado comercial puede guardar cierta relación con otros materiales de uso habitual en reproducción escultórica, debido a que tienen en común la existencia de acelerantes o retardantes, como sulfatos o fosfatos (Navarro, 2000). Al reciclar los cascotes de alginato dental y convertirlos en árido, todos los componentes cuya función era ofrecer algún tipo de reactividad química han desaparecido o permanecen casi inservibles. Nos encontramos ante una materia que no fragua, aunque posee otras características como la viscosidad y la maleabilidad que merecen ser analizadas para su posible funcionalidad como material escultórico.

En primer lugar, se ha llevado a cabo una pequeña mezcla a base de árido algínico y agua, siguiendo los mismos parámetros de uso para realizar una mezcla normal y corriente de escayola, manteniendo un equilibrio por tanteo de proporciones lógicas. El objetivo ha sido obtener datos primarios acerca del comportamiento del árido en contacto con el agua. El polvo micronizado, anteriormente descrito como un polvo muy volátil con la misma coloración del alginato del que se obtiene, torna a gris al mezclarlo con agua. Concluido el proceso de mezcla, se obtiene una pasta densa y maleable.

A priori, sin ningún tipo de componente o reacción externa que iniciara un proceso de fraguado, ha tardado aproximadamente quince días en secar por completo. Durante este

largo proceso, la pasta ha exudado agua de la mezcla del mismo modo en que procede el alginato dental durante su proceso de sinéresis. La pieza obtenida, ha sufrido un proceso de retracción, perdiendo aproximadamente un 20% de su volumen. Por otra parte, tiene una dureza relativa que ha sido muy útil para determinar proporciones de mezcla para su uso correcto. Al sumergirla, absorbe gran cantidad de agua, aumentando su volumen hasta agrietarse. Su alta capacidad higroscópica hace que la materia se disgregue por completo, desmoronándose al tacto y solubilizando al agitar o mover el agua.

Uno de los datos más importantes obtenidos con este primer acercamiento es que el polvo derivado del alginato dental deshidratado tiene la capacidad de compactarse, formando una pasta maleable en contacto con el agua. Otro dato es que el reciclaje del hidrocóide en estado pulverulento ofrece una materia muy higroscópica que absorbe gran cantidad de agua. En función de los resultados obtenidos, se ha llevado a cabo un estudio de la materia, con proporciones y medidas concretas, determinando un método adecuado para la conformación de esta pasta.

Teniendo en cuenta la no cohesión que la materia sufre en contacto con el agua, se ha planteado si realmente se trata de un producto susceptible de ser introducido como agente de moldeo para el positivado de determinados materiales, consiguiendo un **molde que no se altere por manipulación, pero que se disgregue por completo al introducirlo en agua**, solubilizando por sí solo, dejando la pieza al descubierto sin la necesidad de actuar de forma agresiva sobre él para la extracción de la reproducción.

## **6.2. Estudio de Probetas. Comportamiento natural de la materia.**

### **6.2.1. Método empleado.**

A partir de los resultados obtenidos en la primera manipulación y mezcla de esta materia, se ha ideado una metodología para proceder a una serie de pruebas que determinan si tanto el árido como el alginato dental en polvo poseen características de calidad para introducirlos en técnicas de reproducción. Para ello, se ha llevado a cabo un análisis comparativo entre las características del alginato dental sin manipular y el árido algínico derivado de su reciclaje.

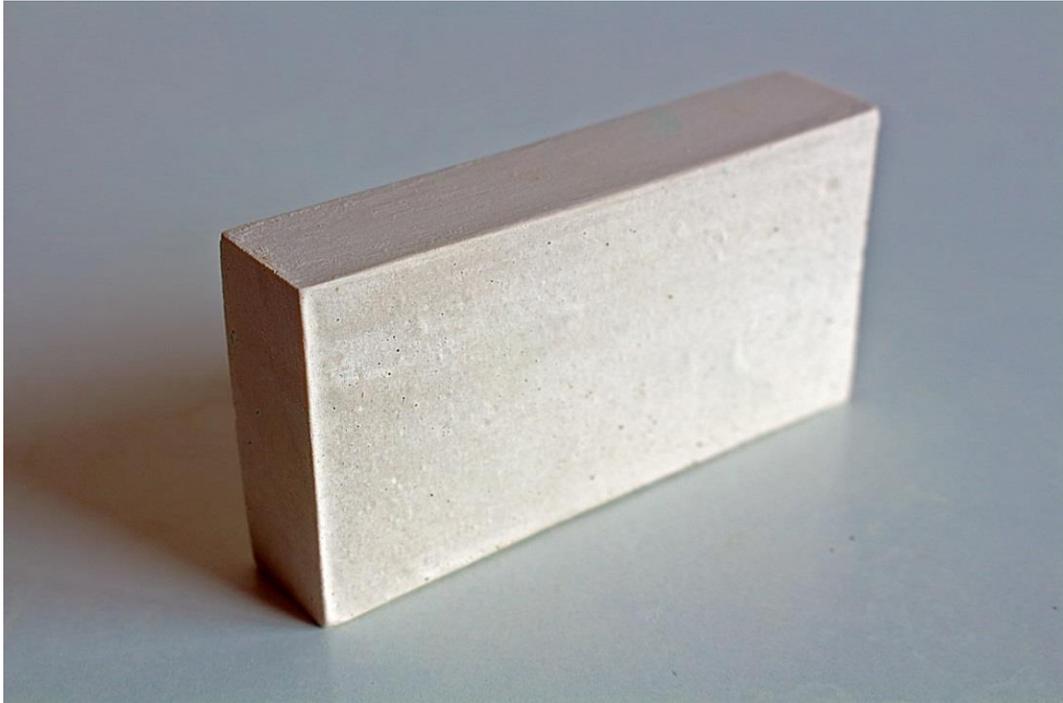
El primer ensayo comparativo está basado en la realización, observación y análisis de probetas de distinta variedad de alginatos. Como resultado, se obtiene una media aritmética del comportamiento de las distintas variedades en cuanto a gelificación, retracción, endurecimiento y disgregación, además de determinar cuáles son los más apropiados en lo que a tiempos de mezclado, trabajo y aplicación se refiere (Sedda *et al*, 2008, p. 8).

Se ha confeccionado un molde de silicona<sup>29</sup> sobre un modelo de probeta inicial, para establecer las dimensiones referenciales de las probetas posteriores, que corresponden a 125 mm x 65 mm x 25 mm (*figura 1*). Esta probeta inicial se ha confeccionado después de que la escayola estuviera seca por completo para evitar la más mínima retracción que la materia pudiera tener. Partiendo de estas dimensiones, se han anotado los distintos porcentajes de retracción devenidos del proceso de sinéresis, los cambios dimensionales y pesajes al inicio y al fin de la prueba.

Obtenidos todos estos datos, se realiza un estudio comparativo con probetas constituidas con distintas cantidades de árido algínico y agua para comprobar qué tipo de relación existe entre la materia en estado comercial y después de haber realizado todos sus cambios físicos procesuales. A su vez, las probetas de árido algínico han sido sometidas a las mismas observaciones, habiendo sido expuestas a altas temperaturas y al efecto del agua por medio de la inmersión para obtener respuestas acerca de la resistencia, capacidad higroscópica y solubilidad de la materia.

---

<sup>29</sup> Variedad de Silicona XIAMETER RTV-BASE 3481.



*Figura 1:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Probeta inicial de escayola para la reproducción sucesiva de muestras.* Fotografía digital. Dimensiones: 125mm x 65mm x 25mm.

Para confeccionar el molde de silicona, se ha adherido el modelo de probeta inicial a una superficie plana con adhesivo de contacto. La superficie, ha sido delimitada con cuatro pequeñas tablas cortadas a medida, haciendo las veces de cajón (*figura 2*).

Aplicada una capa de desmoldeante, se ha vertido la silicona en el interior del cajón, cubriendo la probeta inicial por completo. Catalizada la silicona, se han retirado las tablas y la probeta inicial del interior del molde para las fases de reproducción sucesiva de distintos materiales (*figura 3*).

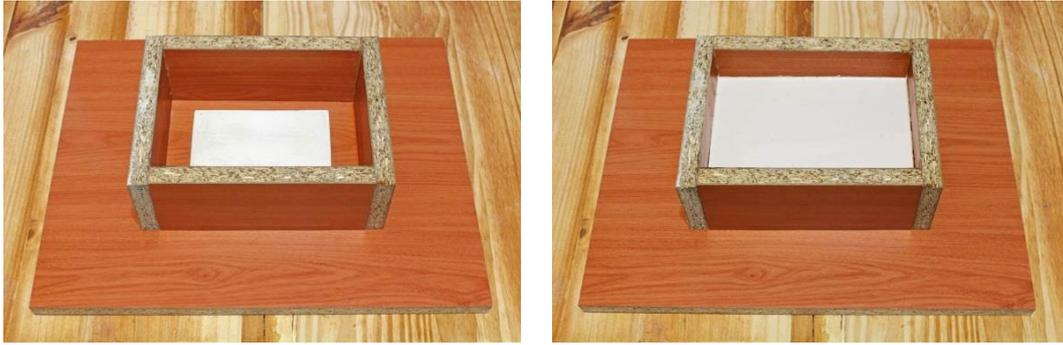


Figura 2: José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Realización de molde de silicona*. Fotografía digital. Izquierda: encofrado de la probeta inicial de escayola para el vertido de silicona. Derecha: vertido de silicona en el encofrado hasta su maduración.



Figura 3: José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Realización de molde de silicona*. Fotografía digital. Izquierda: desmontaje del encofrado para la obtención del molde. Derecha: molde de silicona para la reproducción sucesiva de probetas.

Se ha establecido el listado de criterios para un correcto estudio de los materiales y sus posteriores reacciones en distintas situaciones (*tabla 1*). Este tipo de observaciones se han llevado a cabo tanto con el alginato dental como con la materia obtenida después del procesado de sus desechos (*tabla 2*). Los parámetros aplicados a las probetas compuestas de árido algínico, ofrecen datos orientativos para conocer los efectos de la mezcla o el compuesto en contacto con agua.

<b>Parámetros de estudio de las probetas de alginato.</b>	
Variedad de alginato	Referencia del tipo de alginato con el que se confecciona la probeta.
Composición	Componentes y proporciones que conforman la probeta
Tiempo de mezcla	Periodo recomendado para llevar a cabo la mixtura entre materiales.
Tiempo de trabajo	Intervalo en el que los materiales permiten ser manipulados o aplicados de manera óptima.
Tiempo de fraguado	Plazo estimado desde que el material comienza su fase de fraguado hasta que endurece por completo.
Dimensiones iniciales	Medida fijada para el positivado de cada probeta, que establece una dimensión primigenia.
Volumen inicial	Espacio cúbico ocupado por materia.
Peso inicial	Peso que marca la probeta al ser extraída del molde de silicona.
Tiempo de secado	Tiempo transcurrido desde que el material fragua hasta que pierde completamente el agua.
Dimensiones tras el secado	Medida obtenida después de que el proceso de retracción haya finalizado.
Volumen tras el secado	Espacio ocupado por la materia tras el periodo de secado.

*Tabla 1:* Parámetros de estudio para las probetas de alginato.

<b>Parámetros de estudio de las probetas de árido algínico<sup>30</sup>.</b>	
Composición	Componentes y proporciones que conforman la probeta
Dimensiones iniciales	Medida fijada para el positivado de cada probeta, que establece una dimensión primigenia.
Volumen inicial	Espacio ocupado por materia.
Peso inicial	Peso que marca la probeta al ser extraída del molde de silicona.
Tiempo de secado	Tiempo transcurrido desde la mezcla de materiales hasta que la probeta pierde completamente el agua.
Dimensiones tras el secado	Medida obtenida después de que el proceso de retracción haya finalizado.
Volumen tras el secado	Espacio ocupado por la materia tras el periodo de secado.

*Tabla 2:* Parámetros de estudio para las probetas de árido algínico.

### **Medidas de precaución.**

Se toman las siguientes medidas de precaución ante agentes que quedan adheridos a la piel y polvos de naturaleza muy volátil.



Uso de guantes de látex y mascarilla

<sup>30</sup> Los parámetros de tiempo de mezcla, tiempo de trabajo, tiempo de fraguado, índice de absorción de agua y aumento de volumen por absorción, no se han tenido en cuenta en los ensayos realizados a las probetas de árido algínico al no poseer un componente reactivo que inicie alguna de estas acciones.

## **6.2.2. Variedades de alginatos dentales utilizados en las pruebas. Características, datos técnicos y normativas según el fabricante.**

Los siguientes ensayos basados en la reproducción de probetas de alginato se centran en la observación de la materia para el estudio de los procesos de secado y retracción y en la evaluación de las características propias de la materia como la viscosidad y la tixotropía. Se han empleado siete marcas distintas de alginatos dentales y dos marcas de alginatos no dentales, para establecer una comparativa con respecto las reacciones del propio alginato frente a los procesos de retracción.

Las observaciones realizadas a cada uno de las marcas de alginato nos han permitido determinar cuál de ellos posee las características más adecuadas para su utilización en los distintos ensayos realizados en esta investigación y su transformación para su reutilización como árido en técnicas de reproducción escultórica centradas en fases de moldeo.

Listado de alginatos empleados:

- Alginato dental *Alginine (Medicaline)*.
- Alginato dental *Phase Plus (Zhermack)*.
- Alginato *PR-3 (Sumbeart)*.
- Alginato *911 (IDEPO)*.
- Alginato dental *Clipalgin (Vannini Dental Industry)*.
- Alginato dental *PRALG'X (Pierre Rollan)*.
- Alginato dental *Kromopan (LASCOD)*.
- Alginato dental *Alginmajor (MAJOR)*.

A continuación, se muestran las especificaciones de cada variedad de alginato dental y no dental citados, incluyendo datos técnicos del producto, cantidades y proporciones de mezcla, tiempos de trabajo y normativas de estandarización internacional (ISO).

1. Variedad de alginato dental *Algiline* de la compañía *Medicaline*. Exclusivo para uso odontológico (Adquirido en el *Depósito Dental Andalusí* de Granada en noviembre de 2016).



Figura 4: Medicaline. (s.f.) Envase de alginato dental *Algiline*, de la compañía *Medicaline*. Recuperada de [www.medicaline.es](http://www.medicaline.es) Fecha de consulta: 11/09/2017 [En línea].

<b>Datos técnicos y normativa<sup>31</sup>.</b>
ISO 1563
Exento de polvo
Estabilidad dimensional: Permite vaciar el modelo hasta 5 veces.
Resistencia elevada a la compresión y a la extracción, supera estándares ISO.
Compatibilidad óptima con escayolas
Exento de plomo y cadmio
Biocompatibilidad
Color naranja.
Sabor afrutado

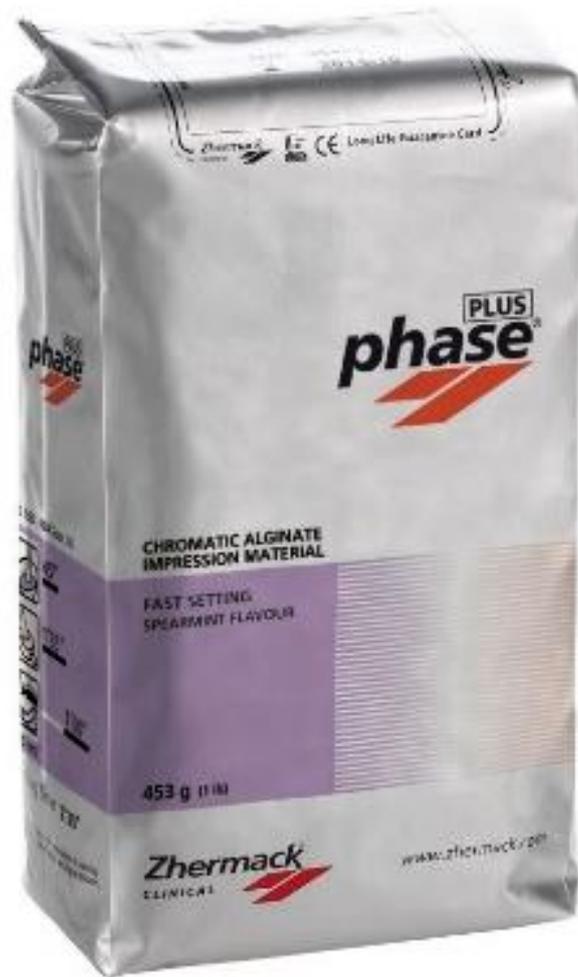
*Tabla 3:* Datos técnicos del producto dados por el fabricante.



*Figura 5:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Muestra de alginato dental en polvo Algiline de la compañía Medicaline.* Fotografía digital.

<sup>31</sup> Información recuperada de: <http://www.medicaline.es/index.php/restorative/product/algiline-normal-set>  
 Fecha de consulta: 13/03/2018 [En línea].

2. Variedad de alginato dental *Phase Plus* de la compañía *Zhermack*. Exclusivo para uso odontológico (Adquirido en el *Depósito Dental Andalusí* de Granada julio de 2017).



*Figura 6: Zhermack. (s.f.) Envase de alginato dental Phase Plus de la compañía Zhermack. Recuperada de [www.zhermack.com](http://www.zhermack.com) Fecha de consulta: 11/09/2017 [En línea].*

<b>Datos técnicos y normativas<sup>32</sup>.</b>	
Tiempo de mezcla	45''
Tiempo de trabajo (23°C/73°F)	1'35''
Tiempo de permanencia en la cavidad oral	60''
Tiempo de polimerización (23°C/73°F)	2'35''
Memoria elástica (ISO 1563)	99%
Deformación permanente (ISO 1563)	11'5%
Resistencia a la compresión (ISO 1563)	1.4MPa

*Tabla 4:* Datos técnicos del producto dados por el fabricante.



*Figura 7:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Muestra de alginato dental en polvo Phase Plus de la compañía Zhermack.* Fotografía digital.

<sup>32</sup> Información recuperada de:

[http://es.zhermack.com/Consulta\\_dental/Impresion/Alginatos/Phase\\_Plus/C302086.kl](http://es.zhermack.com/Consulta_dental/Impresion/Alginatos/Phase_Plus/C302086.kl) Fecha de consulta: 07/09/2017 [En línea].

3. Variedad de alginato PR-3 de la compañía *Sumbeart*. Adaptado para fases de moldeo sobre la piel (Adquirido en [www.sumbeart.com](http://www.sumbeart.com) en septiembre de 2017).



Figura 8: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Envase de alginato (no dental) PR-3 de la compañía *Sumbeart*.

<b>Composición<sup>33</sup></b>	
Alginato de Sodio	8-10 %
Sulfato Cálcico	5-8 %
Rellenos	70-75 %
Componentes reactivos	5-8 %
Retardantes	1-2 %
Pigmentos	< 1 %
Anti polvos	1-3 %

Tabla 5: Datos técnicos del producto dados por el fabricante.

<sup>33</sup> Información extraída de: <http://sumbeart.es/alginato-de-reproduccion/123-alginato-para-reproduccion.html> Fecha de consulta: 07/09/2017 [En línea].

Tabla de normativas <sup>34</sup> .	
Recuperación de la deformación	> 96 % (ISO 1563)
Resistencia compresión	14 % (ISO 1563)
Fuerza compresiva	> 0,8 MPa (ISO 1563) (Ratio de mezcla 1:3)
Resistencia al desgarre	> 0´6 N/mm (ASTM D624) (Ratio de mezcla 1:3)
Detalle de reproducción	50 um (ISO 1563)
Biocompatibilidad	Libre de plomo y cadmio

Tabla 6: Datos técnicos y normativas del producto dados por el fabricante.



Figura 9: José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Muestra de alginato en polvo (no dental) PR-3 de la compañía Sumbeart.* Fotografía digital.

<sup>34</sup> Información recuperada de: <http://sumbeart.es/alginato-de-reproduccion/123-alginato-para-reproduccion.html> Fecha de consulta: 07/09/2017 [En línea].

4. Variedad de alginato 911 de la compañía IDEPO. Adaptado para fases de moldeo sobre la piel (Adquirido en [www.siliconasparamoldes.net](http://www.siliconasparamoldes.net) en junio de 2017).



Figura 10: Anónima. (s.f.) Envase de alginato 911 (no dental) de la compañía IDEPO. Recuperada de [www.siliconasparamoldes.net](http://www.siliconasparamoldes.net) Fecha de consulta: 09/09/2017 [En línea].

<b>Datos técnicos<sup>35</sup>.</b>
Alginato de larga duración
Masa fluida para moldes flexibles de un solo uso
Tiempo de trabajo 9-11 minutos
Destinado a la realización de moldes de partes del cuerpo.
Utilizado en odontología
Utilizado para la realización de efectos especiales
Gran capacidad de detalle
Biocompatibilidad
Totalmente atoxico

*Tabla 7: Datos técnicos del producto dados por el fabricante*



*Figura 11: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Muestra de alginato en polvo (no dental) 911 de la compañía IDEPO. Fotografía digital.*

<sup>35</sup> Información extraída de <http://www.siliconaparamoldes.net/productos/alginatos/> Fecha de consulta: 13/03/2018 [En línea].

5. Variedad de alginato dental *Clipalgin* de la compañía *Vannini*. Exclusivo para uso odontológico (Adquirido en el depósito dental *iDenting* de Granada en noviembre de 2016).



*Figura 12: Vannini. (s.f.) Envase de alginato dental Clipalgin de la compañía Vannini. Recuperada de <http://www.vanninidental.com/spanish/products/clipalgin.html> Fecha de consulta: 11/09/2017 [En línea].*

<b>Datos técnicos y normativas<sup>36</sup>.</b>	
ISO 1563 - ADA 18	
Mezcla	30''
Tiempo de trabajo	1' 10''
Permanencia en cavidad oral	1'
Setting time	2' 10''
Recuperación Elástica	99 %
Deformación a la compresión (ISO 1563)	1,6 MPa
Endurecimiento final (ISO 1563)	11,5%
Color	Verde
Envase	453 gr

*Tabla 8:* Datos técnicos del producto dados por el fabricante.



*Figura 13:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Muestra de alginato dental en polvo Clipalgin de la compañía Vannini.* Fotografía digital.

<sup>36</sup> Información recuperada de: <http://www.vanninidental.com/spanish/products/clipalgin.html> Fecha de consulta: 11/03/2018 [En línea]

6. Variedad de alginato dental *PRALG'X* de la compañía *Pierre Rollan*. Exclusivo para uso odontológico (Adquirido en el depósito dental *iDenting* de Granada en febrero de 2017).

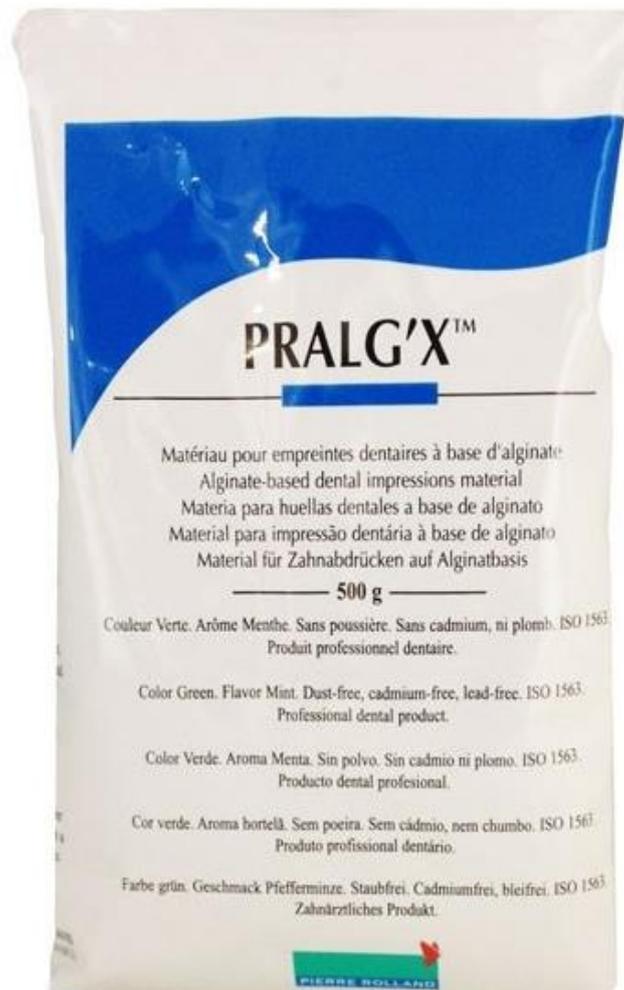


Figura 14: Pierre Rollan. (s.f.) *Envase de alginato dental Pralg'x de la compañía Pierre Rollan*. Recuperada de [www.dentalnovodent.com](http://www.dentalnovodent.com) Fecha de consulta: 11/09/2017 [En línea].

<b>Datos técnicos y normativas<sup>37</sup></b>	
Sin plomo ni cadmio	ISO 1563
Tiempo de mezcla	30''
Tiempo de fraguado	50''
Tiempo de toma en boca	1'
Color	Verde
Aroma	Menta
Envase	500 gr

Tabla 9: Datos técnicos del producto dados por el fabricante.



Figura 15: José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Muestra de alginato dental en polvo Pralg'x de la compañía Pierre Rollan*. Fotografía digital.

<sup>37</sup> Información recuperada de: <https://dentpro.es/catalog/producto/1440/PRALGX-500gr> Fecha de consulta: 13/03/2018 [En línea].

7. Variedad de alginato dental *Kromopan* de la compañía *LASCOD*. Exclusivo para uso odontológico (Adquirido en el *Depósito Dental Andalusí* de Granada en septiembre de 2017).



Figura 16: Lascod. (s.f.) Envase de alginato dental *Kromopan* de la compañía *LASCOD*. Recuperada de <http://www.dentalcremer.com.br/produto/930757/alginate-kromopan-168---lascod> Fecha de consulta: 11/03/2018 [En línea].

Datos técnicos y normativas <sup>38</sup> .	
Clase A tipo 1	ISO 1563
Tixotrópico	
Tiempo en boca	30''
Alto nivel de copia	20 micras
Alta estabilidad dimensional	168 horas

Tabla 10: Datos técnicos del producto dados por el fabricante.

<sup>38</sup> Información recuperada de: [http://www.lascod.it/kromopan\\_alginates\\_en.html](http://www.lascod.it/kromopan_alginates_en.html) Fecha de consulta: 11/03/2018 [En línea].

Características y almacenaje <sup>39</sup>	
Compatible con desinfectantes de alginatos	
Libre de polvo	
Sabor	Menta
Fases	Púrpura/rosa/blanco
Caducidad	5 años
Envase	450 gr

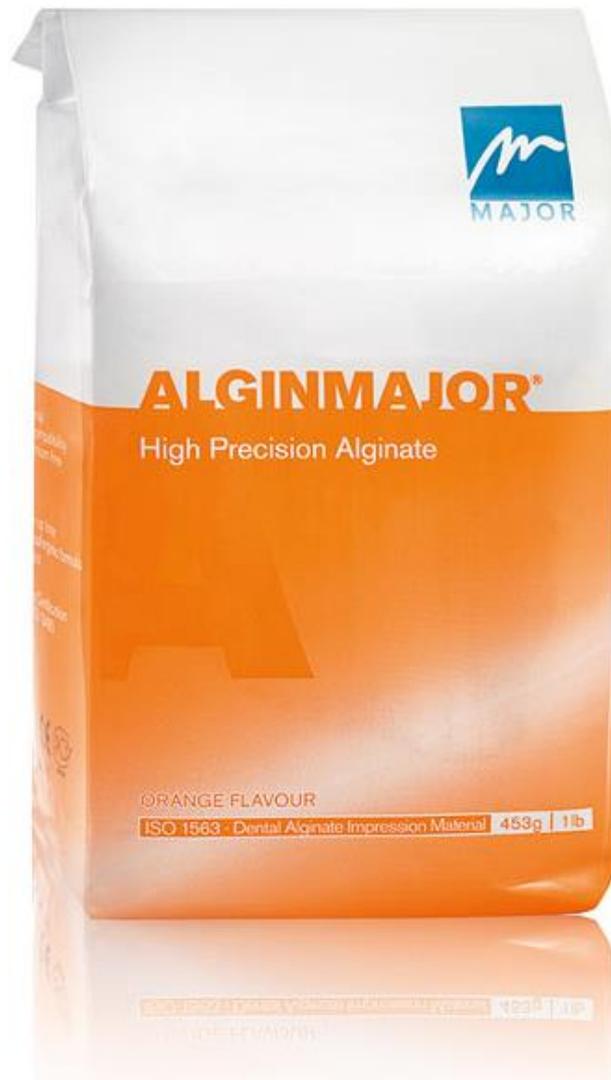
Tabla 11: Características del producto dadas por el fabricante.



Figura 17: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Muestra de alginato dental en polvo Kromopan de la compañía Lascod. Fotografía digital.

<sup>39</sup> Información recuperada de: [http://www.lascod.it/kromopan\\_alginates\\_en.html](http://www.lascod.it/kromopan_alginates_en.html) Fecha de consulta: 09/03/2018 [En línea].

8. Variedad de alginato dental *Alginmajor* de la compañía *Major*. Exclusivo para uso odontológico (Adquirido en el depósito dental *iDenting* de Granada en abril de 2017).



*Figura 18:* Major. (s.f.) *Envase de alginato dental Alginmajor de la compañía Major.* Recuperada de [http://majordental.com/?post\\_type=products&p=85](http://majordental.com/?post_type=products&p=85)  
Fecha de consulta: 07/09/2017 [En línea].

<b>Datos técnicos y normativas<sup>40</sup>.</b>	
ISO 1563	
Libre de polvo	
Biocompatibilidad	
Libre de plomo y cadmio	
Tiempo de almacenaje	5 años
Tiempo de mezcla	35''
Tiempo de trabajo	1' 20''
Tiempo en la cavidad oral	40''
Tiempo total	2' 00''
Envase	453 gr

*Tabla 12: Datos técnicos del producto dados por el fabricante*



*Figura 19: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Muestra de alginato dental en polvo Alginmahor de la compañía Major. Fotografía digital.*

<sup>40</sup> Información recuperada de: [http://majordental.com/?post\\_type=products&p=85](http://majordental.com/?post_type=products&p=85) Fecha de consulta: 07/09/2017 [En línea].

9. Variedad de alginato dental CA37 de la compañía Cavex Exclusivo para uso odontológico (Adquirido en el *Depósito Dental Andalusi* de Granada en septiembre de 2017).



Figura 20: Cavex (s.f.) Envase de alginato dental CA37 de la compañía Cavex. Recuperada de <https://www.dentaltix.com/cavex/ca37-fast-alginato-1x500gr-impresion> Fecha de consulta: 12/03/2018 [En línea].

<b>Datos técnicos y normativas<sup>41</sup>.</b>
CA37 Fast alginato de Tipo I, clase B
Libre de cadmio y plomo
Sin polvo, absorbe rápidamente el agua
Fuerte elástico y homogéneo
ISO 1563, ADA 18 y BS 4269
Fraguado rápido (1 minuto)
Fabricante: <i>Cavex</i>
Referencia fabricante: AA025
Envase de 500 gr

*Tabla 13:* Datos técnicos del producto dados por el fabricante.



*Figura 21:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Muestra de alginato dental en polvo CA37 de la compañía Cavex.* Fotografía digital.

<sup>41</sup> Información recuperada de <https://www.dentaltix.com/cavex/ca37-fast-alginato-1x500gr-impresion>  
Fecha de consulta: 13/03/2018 [En línea].

### 6.3. Estudio de probetas. Alginatos dentales.

<b>Probeta n°1</b>	
Variedad de alginato dental	Alginato <i>Alginine (Medicaline)</i> .
Composición	54 gr de polvo por cada 160 ml de agua
Tiempo de mezcla	30''
Tiempo de trabajo	50''
Tiempo de fraguado	40''
Dimensiones iniciales	125 mm x 65 mm x 25 mm
Volumen inicial	203.125 mm <sup>3</sup>
Peso inicial	240 gr
Tiempo de secado	4 días
Dimensiones tras el secado	101'2 mm x 53'4 mm x 22'04 mm
Volumen tras el secado	119.105'92 mm <sup>3</sup>

Tabla 14: Resultados de las mediciones realizadas a la probeta de alginato dental n°1

<b>Volumen y peso</b>	
Volumen inicial: 203.125 mm <sup>3</sup> (100%)	Peso inicial: 240 gr (100%)
Volumen final: 119.105'92 mm <sup>3</sup> (58'7%)	Peso final: 78 gr (32'5%)
Reducción de volumen por retracción: 41'3%	Pérdida de peso por secado: 67'5%

Tabla 15: Datos obtenidos en el cálculo de reducción de volumen y peso de la probeta n°1

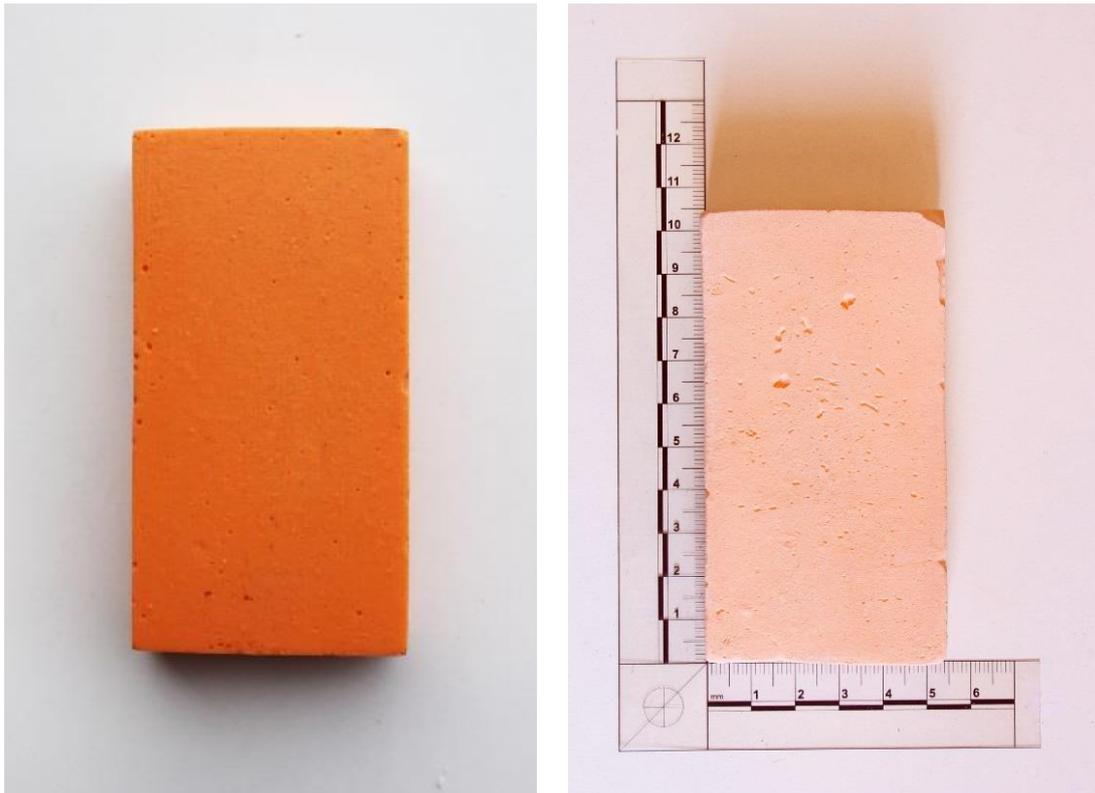


Figura 22: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Izquierda: *probeta n°1*. Fotografía digital. Alginato fraguado tras el proceso de gelificación. Derecha: *probeta n°1*. Retracción de la materia tras el secado.

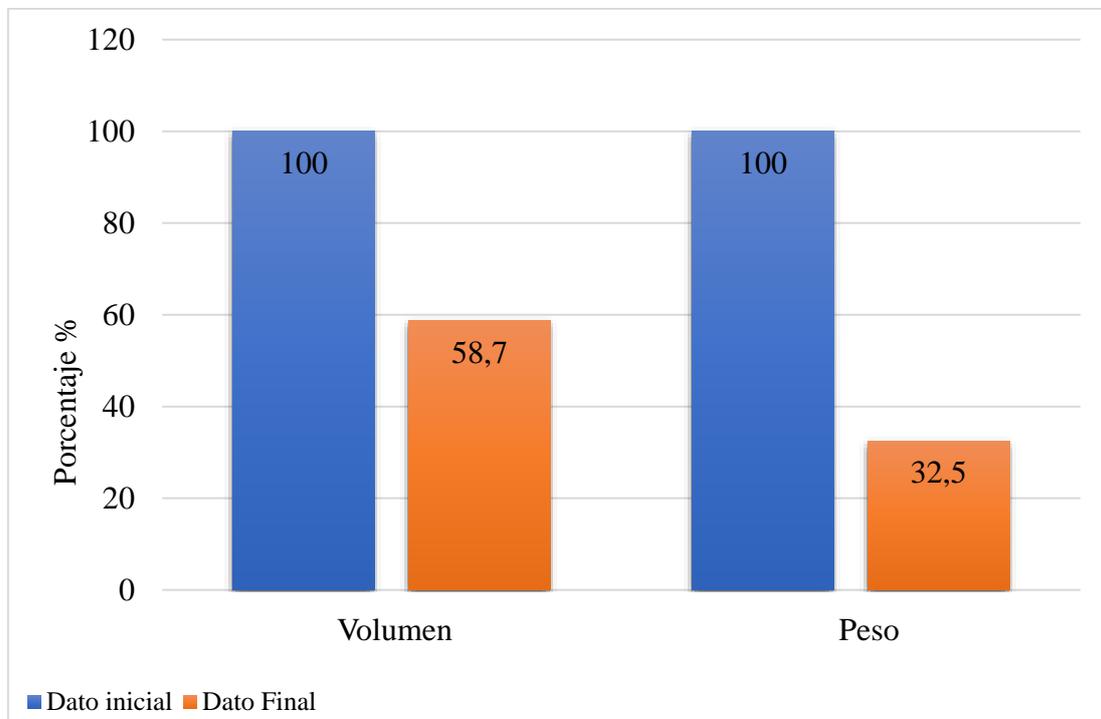


Figura 23: Gráfica comparativa de reducción en volumen y peso

<b>Probeta n°2</b>	
Variedad de alginato dental	Alginato <i>Phase Plus</i> (Zhermack).
Composición (Indicadas por el fabricante)	81gr de polvo por cada 162ml de agua
Tiempo de mezcla	45''
Tiempo de trabajo	1'35''
Tiempo de fraguado	1'00''
Dimensiones iniciales	125 mm x 65 mm x 25 mm
Volumen inicial	203.125 mm <sup>3</sup>
Peso inicial	242 gr
Tiempo de secado	4 días
Dimensiones tras el secado	106'5mm x 56'3mm x 22'2mm
Volumen tras el secado	133.582'95 mm <sup>3</sup>

Tabla 16: Resultados de las mediciones realizadas a la probeta de alginato dental n°2.

<b>Volumen y peso</b>	
Volumen inicial: 203.125 mm <sup>3</sup> (100%)	Peso inicial: (100%)
Volumen final: 119.105'92 mm <sup>3</sup> (65'8 %)	Peso final: 80 gr (33%)
Reducción de volumen por retracción: 34'2%	Pérdida de peso por secado: 67%

Tabla 17: Datos obtenidos en el cálculo de reducción de volumen y peso de la probeta n°2.



Figura 24: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Izquierda: *probeta n°2*. Fotografía digital. Alginato fraguado tras el proceso de gelificación. Derecha: *probeta n°2*. Retracción de la materia tras el secado.

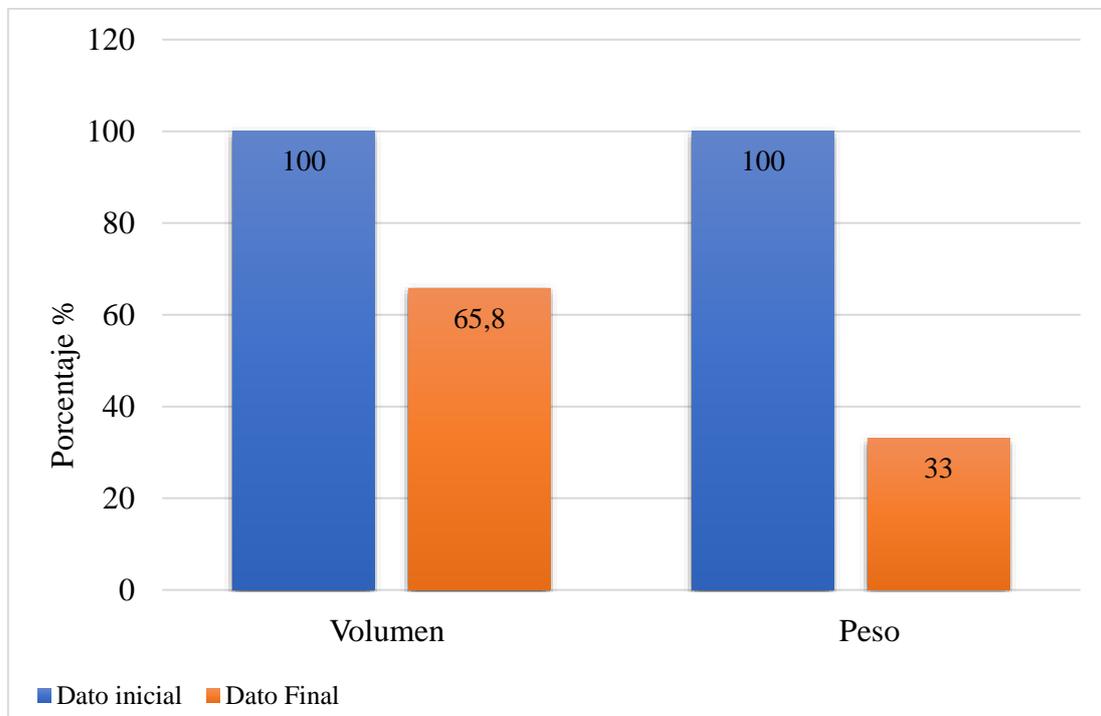


Figura 25: Gráfica comparativa de reducción en volumen y peso.

<b>Probeta nº3</b>	
Variedad de alginato (no dental)	Alginato <i>PR-3 (Sumbeart)</i> .
Composición (Indicada por el fabricante)	1 parte de polvo por cada 2 partes de agua
Tiempo de mezcla	20''-30''
Tiempo de trabajo	2'
Tiempo de fraguado	1' 20''
Dimensiones iniciales	125 mm x 65 mm x 25 mm
Volumen inicial	203.125 mm <sup>3</sup>
Peso inicial	215 gr
Tiempo de secado	3 días
Dimensiones tras el secado	84'2 mm x 42'3 mm x 17'5 mm
Volumen tras el secado	62.329'05 mm <sup>3</sup>

*Tabla 18:* Resultados de las mediciones realizadas a la probeta de alginato dental nº3.

<b>Volumen y peso</b>	
Volumen inicial: 203.125 mm <sup>3</sup> (100%)	Peso inicial: (100%)
Volumen final: 119.105'92 mm <sup>3</sup> (30'7%)	Peso final: 31 gr (14'4%)
Reducción de volumen por retracción: 69'3%	Pérdida de peso por secado: 85'6%

*Tabla 19:* Datos obtenidos en el cálculo de reducción de volumen y peso de la probeta nº3.

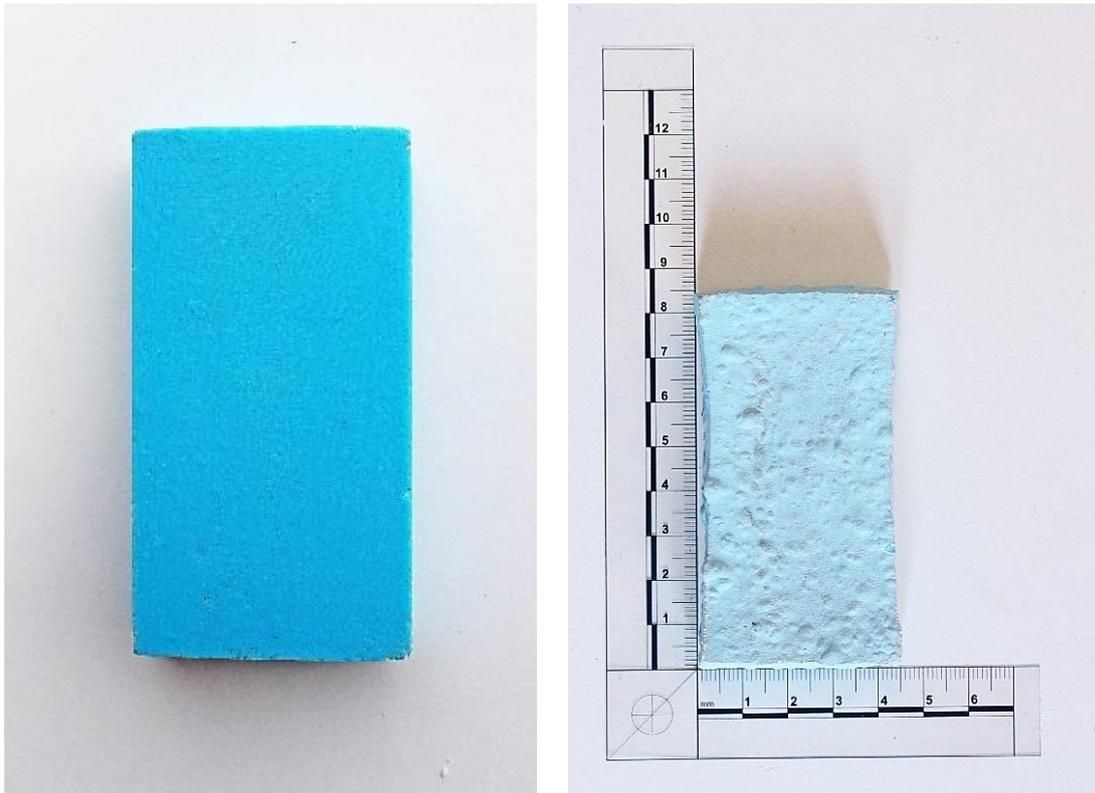


Figura 26: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Izquierda: *probeta n°3*. Fotografía digital. Alginato fraguado tras el proceso de gelificación. Derecha: *probeta n°3*. Retracción de la materia tras el secado.

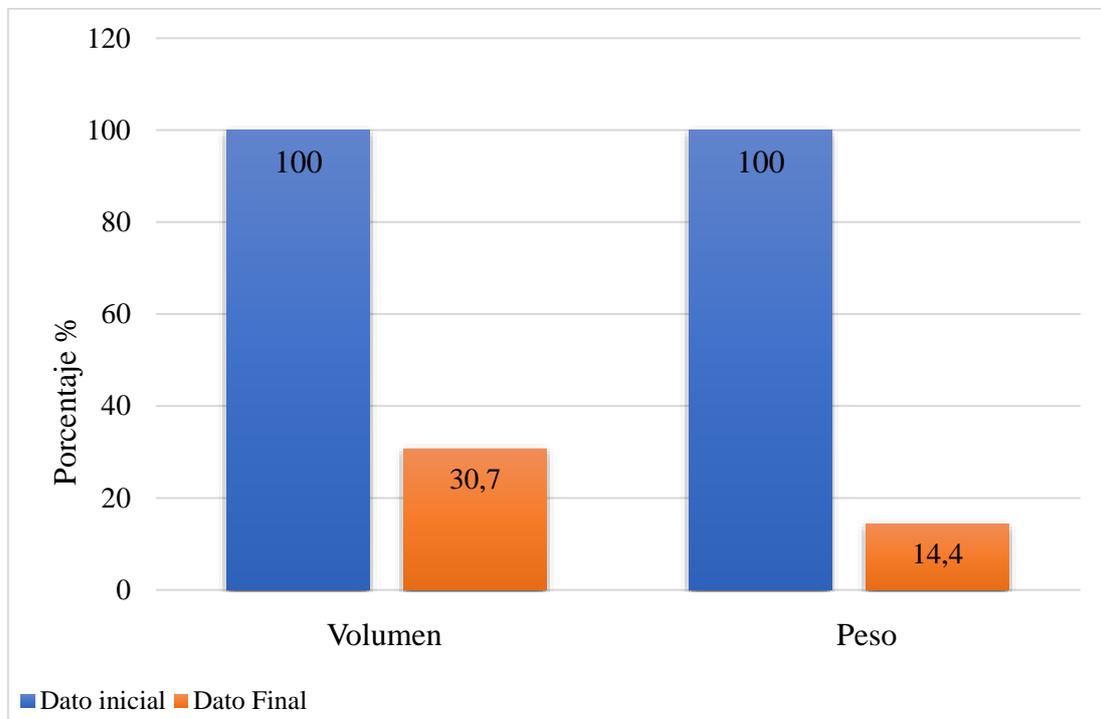


Figura 27: Gráfica comparativa de reducción en volumen y peso.

<b>Probeta n°4</b>	
Variedad de alginato (no dental)	Alginato 911 (IDEPO).
Composición (Indicadas por el fabricante)	2 partes de agua -1 parte de polvo (en peso).
Tiempo de mezcla	3'
Tiempo de trabajo	De 9 a 11 minutos.
Tiempo de fraguado	4'
Dimensiones iniciales	125 mm x 65 mm x 25 mm
Volumen inicial	203.125 mm <sup>3</sup>
Peso inicial	248 gr
Tiempo de secado	5 días
Dimensiones tras el secado	101'8 mm x 51,4 mm x 21'8 mm
Volumen tras el secado	114.068'93 mm <sup>3</sup>

*Tabla 20:* Resultados de las mediciones realizadas a la probeta de alginato dental n°4.

<b>Volumen y peso</b>	
Volumen inicial: 203.125 mm <sup>3</sup> (100%)	Peso inicial: (100%)
Volumen final: 119.105'92 mm <sup>3</sup> (56%)	Peso final: 79 gr (31'8%)
Reducción de volumen por retracción: 44%	Pérdida de peso por secado: 68'2%

*Tabla 21:* Datos obtenidos en el cálculo de reducción de volumen y peso de la probeta n°4.



Figura 28: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Izquierda: *probeta n°4*. Fotografía digital. Alginato fraguado tras el proceso de gelificación. Derecha: *probeta n°4*. Retracción de la materia tras el secado.

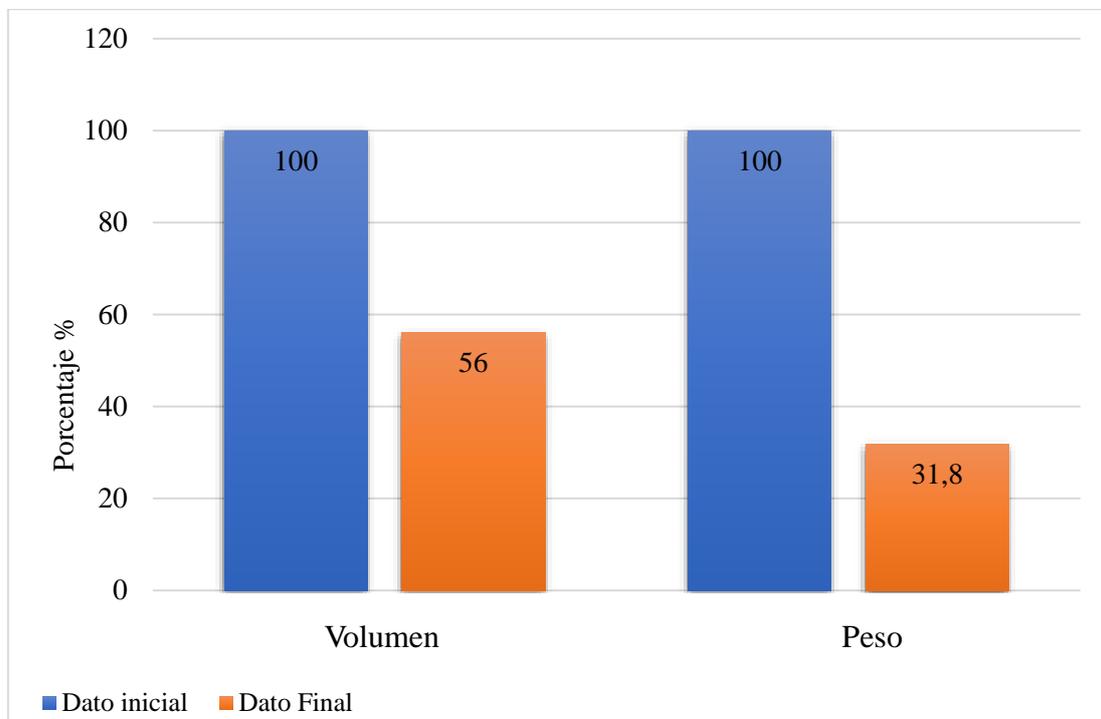


Figura 29: Gráfica comparativa de reducción en volumen y peso.

<b>Probeta n°5</b>	
Variedad de alginato dental	Alginato <i>Clipalgin</i> ( <i>Vannini Dental Industry</i> ).
Composición (Indicadas por el fabricante)	80 gr de polvo + 168 ml de agua
Tiempo de mezcla	30''
Tiempo de trabajo	1'10''
Tiempo de fraguado	1'
Dimensiones iniciales	125 mm x 65 mm x 25 mm
Volumen inicial	203.125 mm <sup>3</sup>
Peso inicial	242 gr
Tiempo de secado	4 días
Dimensiones tras el secado	105'3 mm x 55'4 mm x 22'9 mm
Volumen tras el secado	133.589'89 mm <sup>3</sup>

Tabla 22: Resultados de las mediciones realizadas a la probeta de alginato dental n°5.

<b>Volumen y peso</b>	
Volumen inicial: 203.125 mm <sup>3</sup> (100%)	Peso inicial: (100%)
Volumen final: 119.105'92 mm <sup>3</sup> (65'7%)	Peso final: 76 gr (31'4%)
Reducción de volumen por retracción: 34'3%	Pérdida de peso por secado: 68'6%

Tabla 23: Datos obtenidos en el cálculo de reducción de volumen y peso de la probeta n°5.



Figura 30: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Izquierda: *probeta n°5*. Fotografía digital. Alginato fraguado tras el proceso de gelificación. Derecha: *probeta n°5*. Retracción de la materia tras el secado.

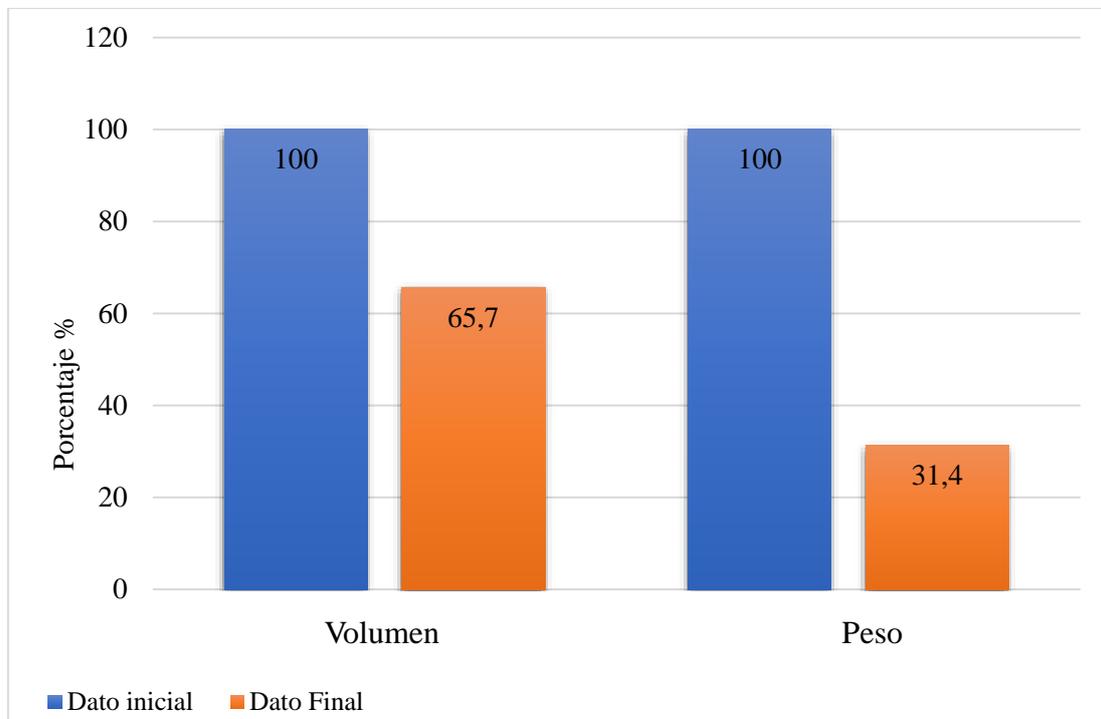


Figura 31: Gráfica comparativa de reducción en volumen y peso.

<b>Probeta n°6</b>	
Variedad de alginato dental	Alginato <i>PRALG'X</i> ( <i>Pierre Rollan</i> ).
Composición (Indicadas por el fabricante)	85 gr de polvo + 168'4 ml de agua
Tiempo de mezcla	30''
Tiempo de trabajo	50''
Tiempo de fraguado	1'
Dimensiones iniciales	125 mm x 65 mm x 25 mm
Volumen inicial	203.125 mm <sup>3</sup>
Peso inicial	253 gr
Tiempo de secado	4 días
Dimensiones tras el secado	104'7 mm x 54'7 mm x 22'3 mm
Volumen tras el secado	127.714'1 mm <sup>3</sup>

*Tabla 24:* Resultados de las mediciones realizadas a la probeta de alginato dental n°6.

<b>Volumen y peso</b>	
Volumen inicial: 203.125 mm <sup>3</sup> (100%)	Peso inicial: (100%)
Volumen final: 119.105'92 mm <sup>3</sup> (62'8%)	Peso final: 83 gr (32'8%)
Reducción de volumen por retracción: 37'2%	Pérdida de peso por secado: 67'2%

*Tabla 25:* Datos obtenidos en el cálculo de reducción de volumen y peso de la probeta n°6 .



Figura 32: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Izquierda: *probeta n°6*. Fotografía digital. Alginato fraguado tras el proceso de gelificación. Derecha: *probeta n°6*. Retracción de la materia tras el secado.

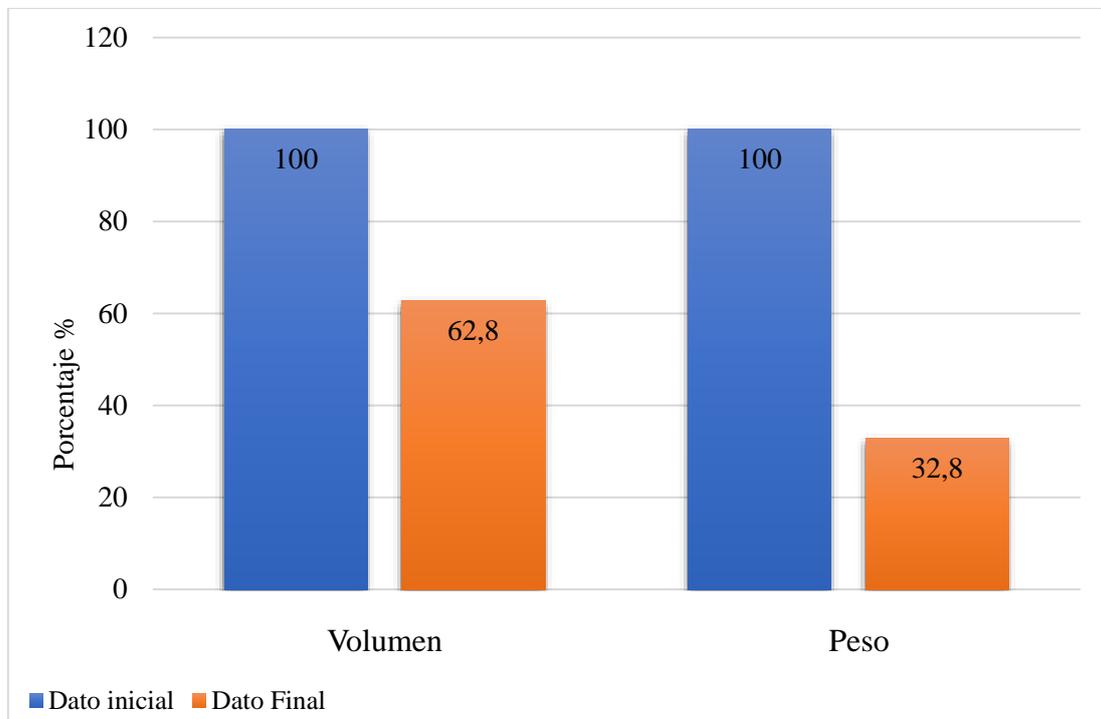


Figura 33: Gráfica comparativa de reducción en volumen y peso.

<b>Probeta n°7</b>	
Variedad de alginato dental	Alginato <i>Kromopan (LASCOD)</i> .
Composición (Indicadas por el fabricante)	80 gr de polvo + 177'7 ml de agua
Tiempo de mezcla	45''
Tiempo de trabajo	1'45''
Tiempo de fraguado	30''
Dimensiones iniciales	125 mm x 65 mm x 25 mm
Volumen inicial	203.125 mm <sup>3</sup>
Peso inicial	257 gr
Tiempo de secado	3 días
Dimensiones tras el secado	102'3 mm x 53 mm x 21'7 mm
Volumen tras el secado	117.655'2 mm <sup>3</sup>

Tabla 26: Resultados de las mediciones realizadas a la probeta de alginato dental n°7.

<b>Volumen y peso</b>	
Volumen inicial: 203.125 mm <sup>3</sup> (100%)	Peso inicial: (100%)
Volumen final: 119.105'92 mm <sup>3</sup> (58%)	Peso final: 78 gr (30'3%)
Reducción de volumen por retracción: 42%	Pérdida de peso por secado: 69'7%

Tabla 27: Datos obtenidos en el cálculo de reducción de volumen y peso de la probeta n°7.

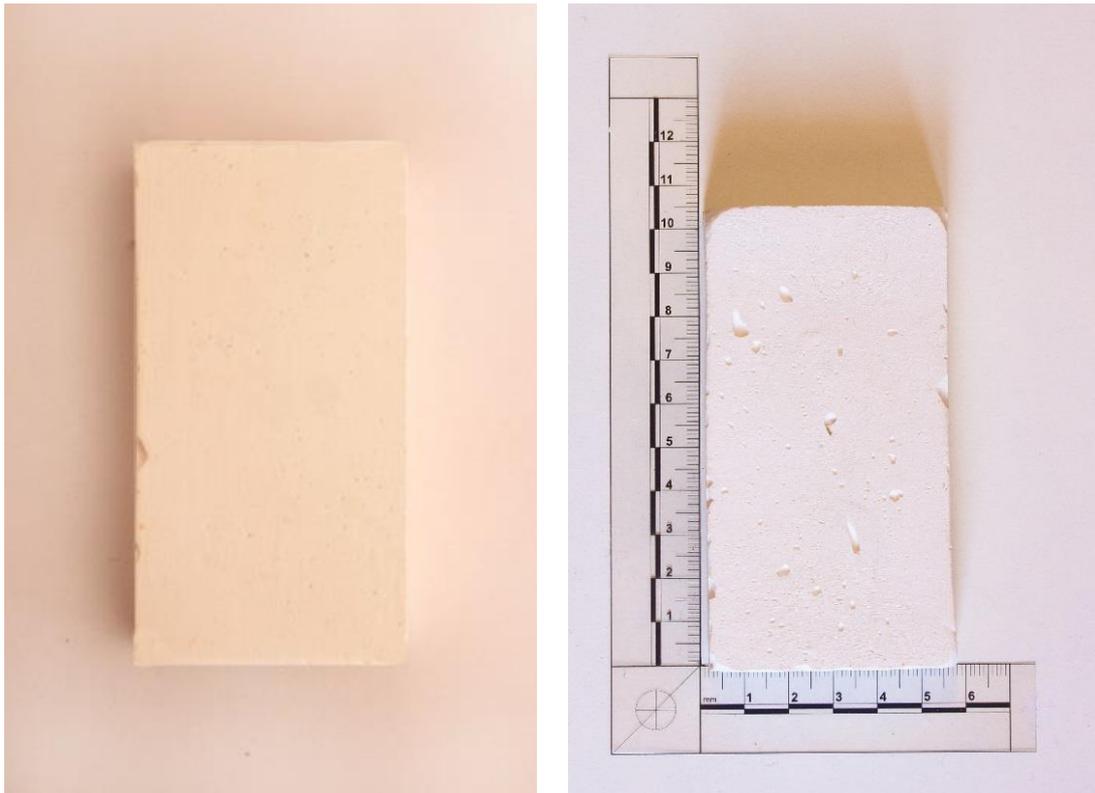


Figura 34: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Izquierda: *probeta n°7*. Fotografía digital. Alginato fraguado tras el proceso de gelificación. Derecha: *probeta n°7*. Retracción de la materia tras el secado.

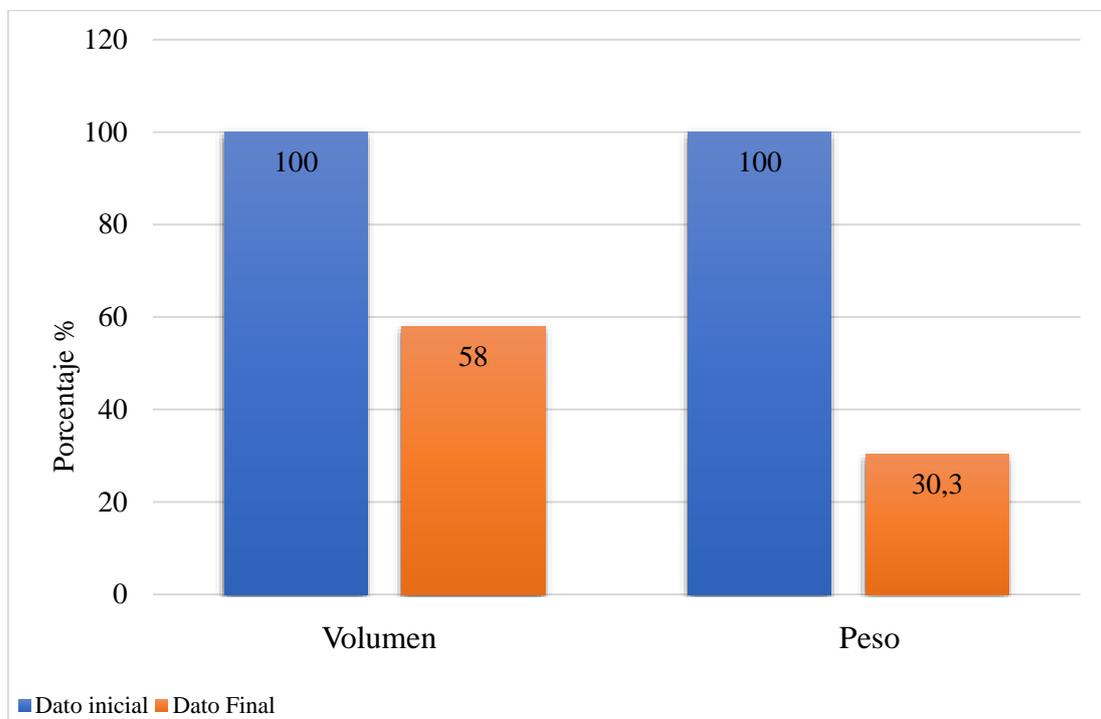


Figura 35: Gráfica comparativa de reducción en volumen y peso.

<b>Probeta n°8</b>	
Variedad de alginato dental	Alginato <i>Alginmajor (MAJOR)</i> .
Composición (Indicadas por el fabricante)	80 gr de polvo + 168'4 ml de agua
Tiempo de mezcla	35''
Tiempo de trabajo	1'20''
Tiempo de fraguado	40''
Dimensiones iniciales	125 mm x 65 mm x 25 mm
Volumen inicial	203.125 mm <sup>3</sup>
Peso inicial	248 gr
Tiempo de secado	3 días
Dimensiones tras el secado	101 mm x 52'6 mm x 21'8 mm
Volumen tras el secado	115.814'68 mm <sup>3</sup>

Tabla 28: Resultados de las mediciones realizadas a la probeta de alginato dental n°8.

<b>Volumen y peso</b>	
Volumen inicial: 203.125 mm <sup>3</sup> (100%)	Peso inicial: (100%)
Volumen final: 119.105'92 mm <sup>3</sup> (57%)	Peso final: 82 gr (33%)
Reducción de volumen por retracción: 43%	Pérdida de peso por secado: 67%

Tabla 29: Datos obtenidos en el cálculo de reducción de volumen y peso de la probeta n°8.

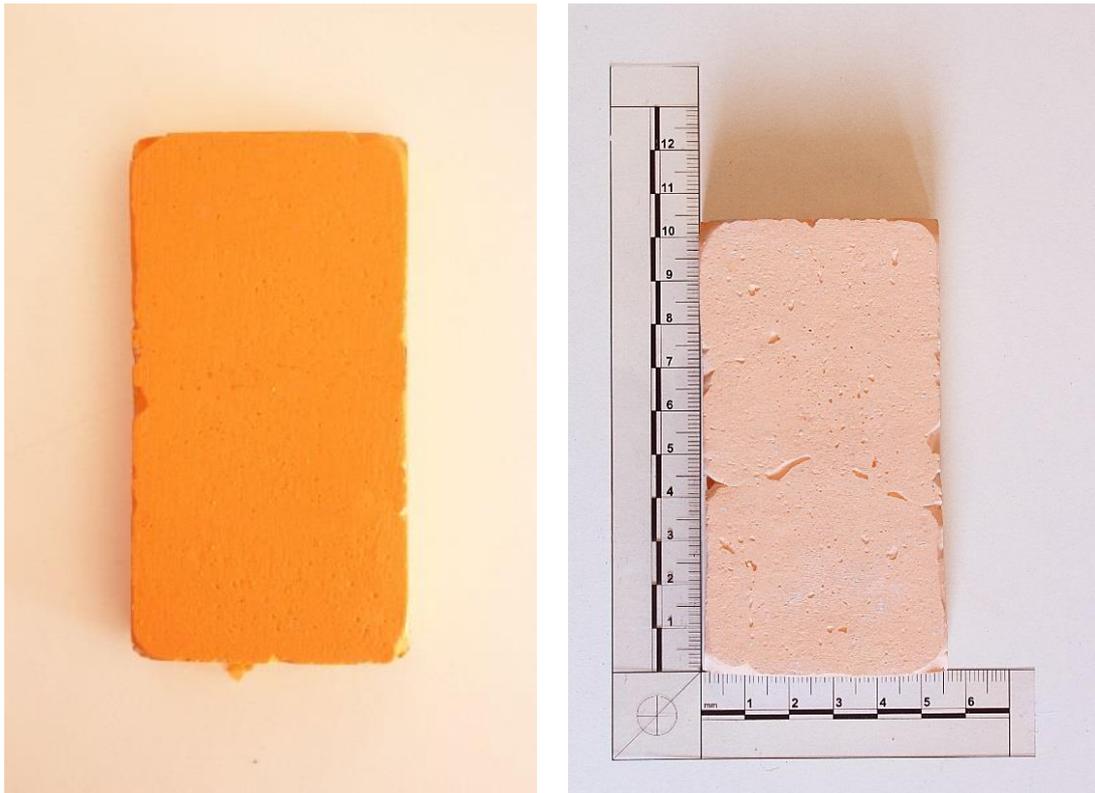


Figura 36: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Izquierda: *probeta n°8*. Fotografía digital. Alginato fraguado tras el proceso de gelificación. Derecha: *probeta n°8*. Retracción de la materia tras el secado.

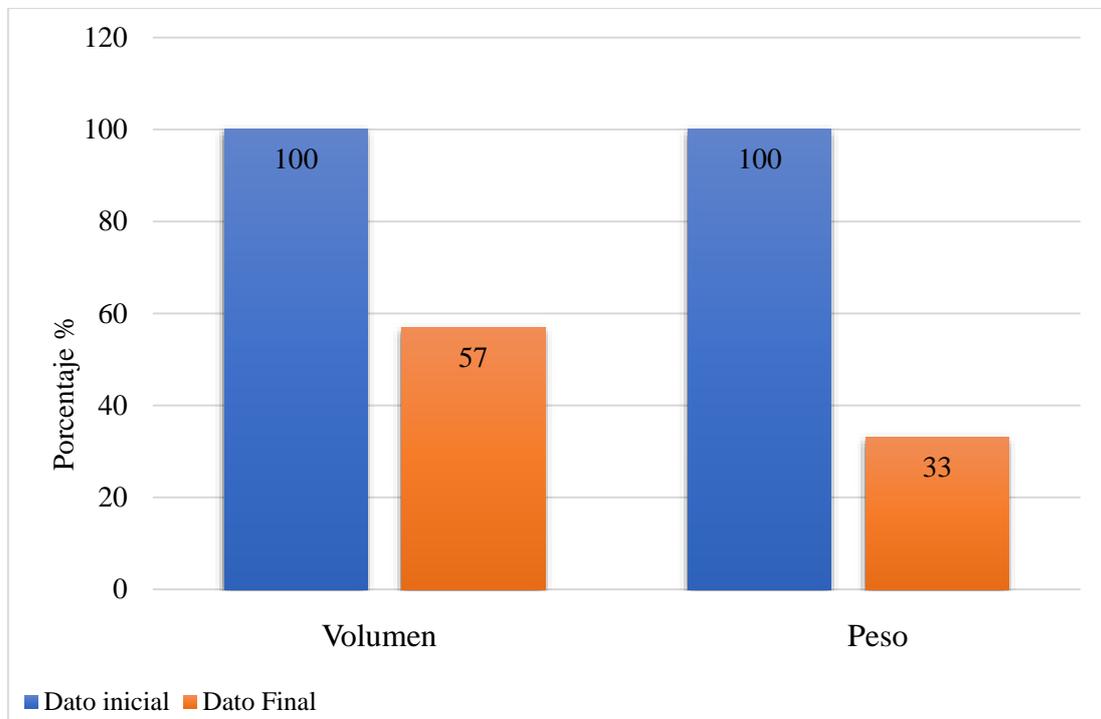


Figura 37: Gráfica comparativa de reducción en volumen y peso.

<b>Probeta n°9</b>	
Variedad de alginato dental	Alginato CA37 (Carvex).
Composición (Indicadas por el fabricante)	80 gr de polvo + 171'4 ml de agua
Tiempo de mezcla	30''
Tiempo de trabajo	1'30''
Tiempo de fraguado	1'30''
Dimensiones iniciales	125 mm x 65 mm x 25 mm
Volumen inicial	203.125 mm <sup>3</sup>
Peso inicial	250 gr
Tiempo de secado	3 días
Dimensiones tras el secado	111'7 mm x 52'8 mm x 20'8 mm
Volumen tras el secado	122.673'4 mm <sup>3</sup>

Tabla 30: Resultados de las mediciones realizadas a la probeta de alginato dental n°9.

<b>Volumen y peso</b>	
Volumen inicial: 203.125 mm <sup>3</sup> (100%)	Peso inicial: (100%)
Volumen final: 119.105'92 mm <sup>3</sup> (60'3%)	Peso final: 82 gr (32'8%)
Reducción de volumen por retracción: 39'7 %	Pérdida de peso por secado: 67'2%

Tabla 31: Datos obtenidos en el cálculo de reducción de volumen y peso de la probeta n°9.

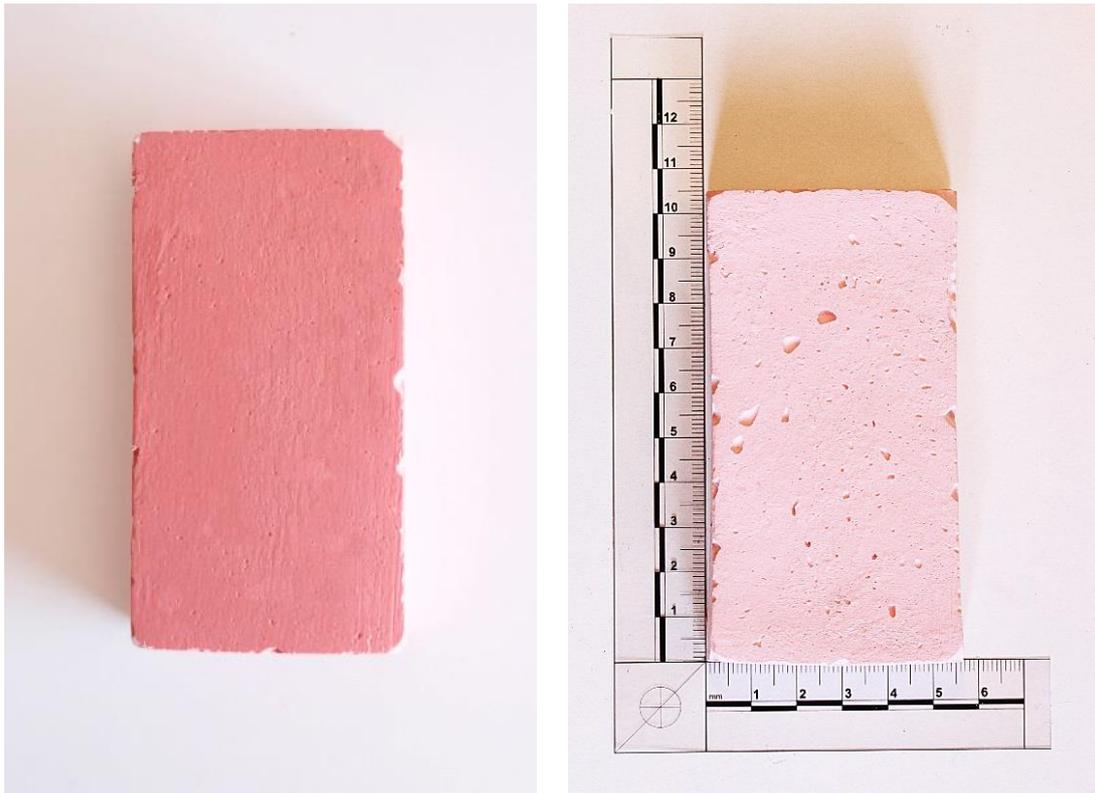


Figura 38: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Izquierda: *probeta n°9*. Fotografía digital. Alginato fraguado tras el proceso de gelificación. Derecha: *probeta n°9*. Retracción de la materia tras el secado.

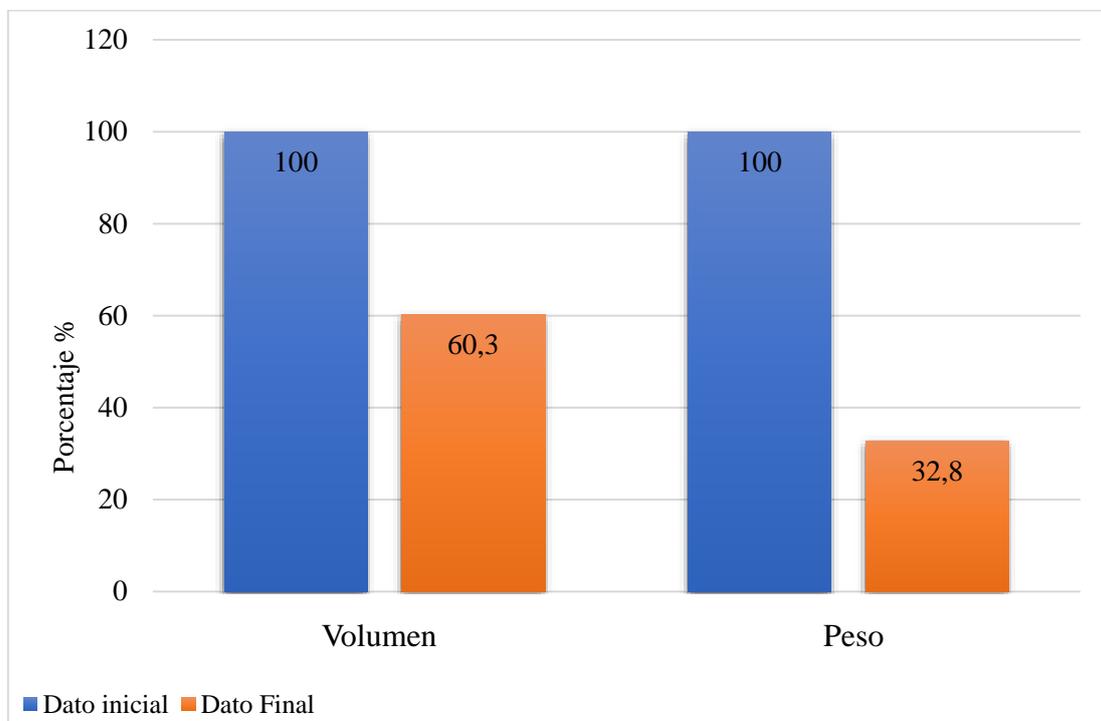


Figura 39: Gráfica comparativa de reducción en volumen y peso.

<b>Probeta n°10</b>	
Muestra mixta. Gamas utilizadas.	- <i>Alginine. Medicaline.</i> 10 gr - <i>Phase Plus. Zhermack.</i> 10 gr - <i>Alginato 911. IDEPO.</i> 10 gr - <i>Clipalgin Vannini Dental Industry.</i> 10 gr - <i>PRALG'X. Pierre Rollan.</i> 10 gr - <i>Kromopan. LASCOD.</i> 10 gr - <i>Alginmajor. MAJOR.</i> 10 gr - <i>CA37. Carvex.</i> 10 gr
Composición	80 gr de polvo por cada 175 ml de agua
Tiempo de mezcla	3'
Tiempo de trabajo	3'
Tiempo de fraguado	4'
Dimensiones iniciales	125 mm x 65 mm x 25 mm
Volumen inicial	203.125 mm <sup>3</sup>
Peso inicial	251 gr
Tiempo de secado	5 días
Dimensiones tras el secado	104 mm x 54'6 mm x 21'8 mm
Volumen tras el secado	123.789'12 mm <sup>3</sup>

Tabla 32: Resultados de las mediciones realizadas a la probeta de alginato dental n°10.

<b>Volumen y peso</b>	
Volumen inicial: 203.125 mm <sup>3</sup> (100%)	Peso inicial: (100%)
Volumen final: 119.105'92 mm <sup>3</sup> (61%)	Peso final: 82 gr (32'6%)
Reducción de volumen por retracción: 39 %	Pérdida de peso por secado: 67'4%

Tabla 33: Datos obtenidos en el cálculo de reducción de volumen y peso de la probeta n°10.

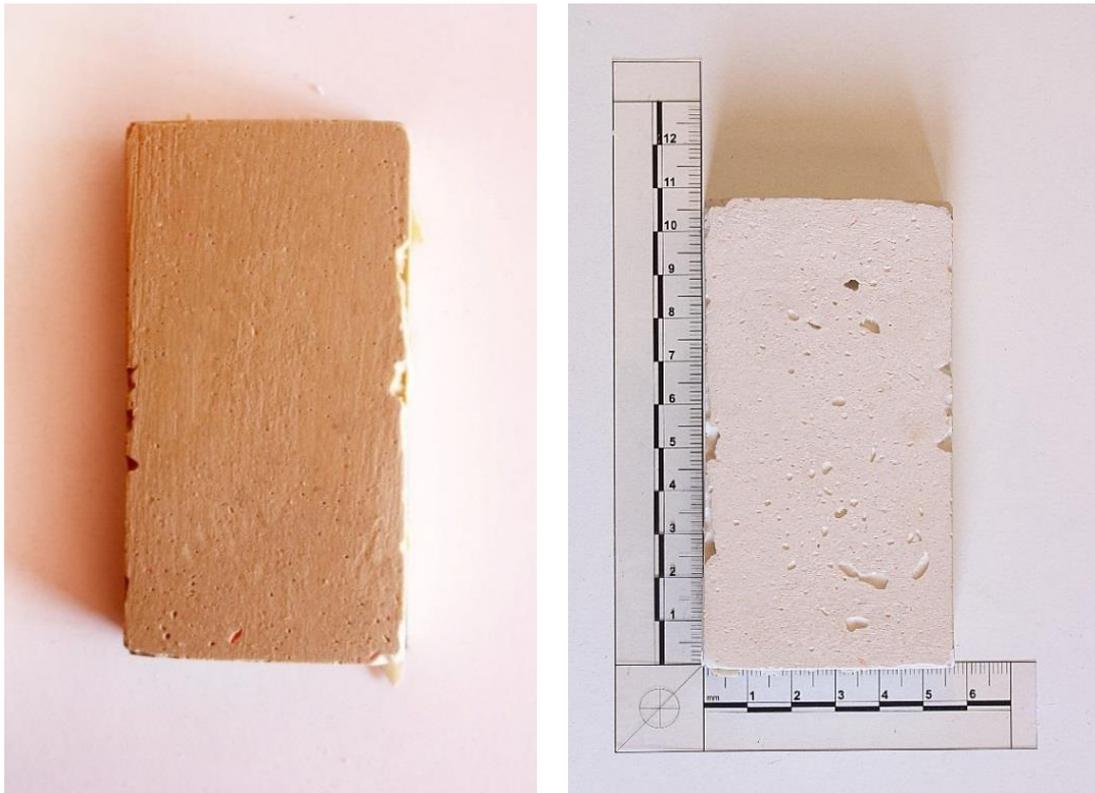


Figura 40: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Izquierda: *probeta n°10*. Fotografía digital. Alginato fraguado tras el proceso de gelificación. Derecha: *probeta n°10*. Retracción de la materia tras el secado.

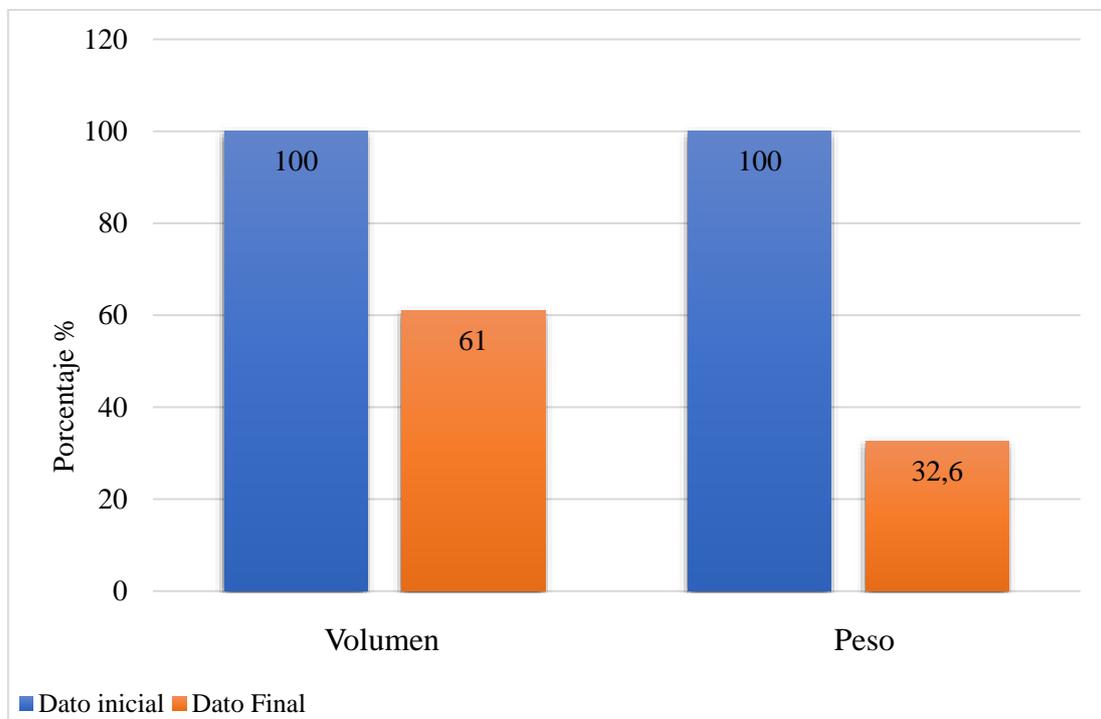
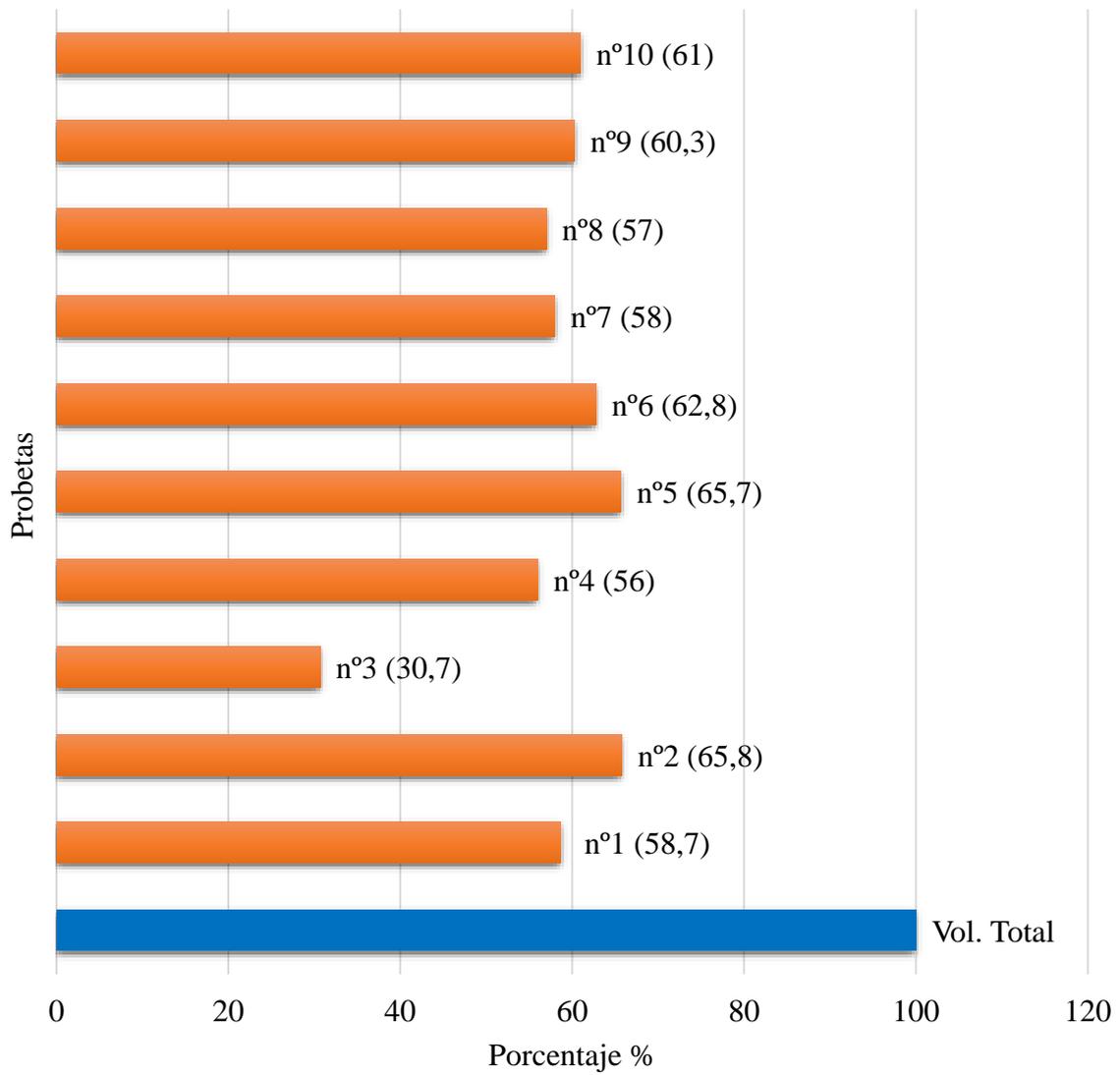


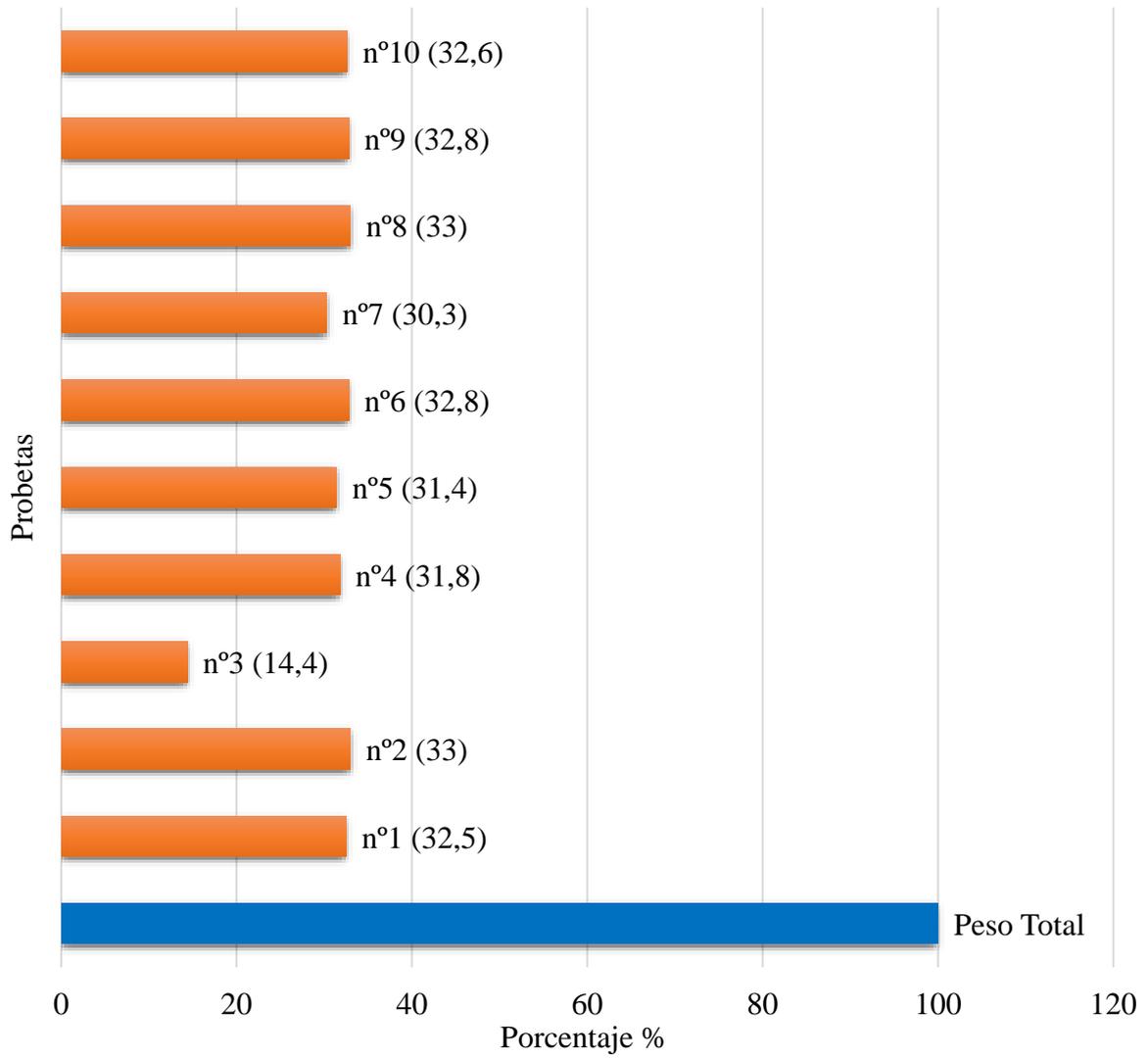
Figura 41: Gráfica comparativa de reducción en volumen y peso.

**Gráfica comparativa entre la reducción de volumen del total de muestras.**



*Figura 42: Gráfica comparativa de reducción en volumen.*

**Gráfica comparativa entre la reducción de peso del total de muestras.**



*Figura 43: Gráfica comparativa de reducción de peso.*

### **6.3.1. Alginato dental *Phase Plus* de la compañía *Zhermack* como variedad de alginato asignado para la realización de ensayos empíricos.**

El hecho de haber utilizado distintas marcas de alginatos dentales para la ejecución de moldes de distinta índole nos ha dado la oportunidad de comprobar cómo actúa cada uno de ellos, analizando su disposición para la aplicación y sus características de gelificación, el tiempo de fraguado, su reacción en presencia de un árido e incluso durante los procesos irreversibles de sinéresis e imbibición en los que el producto queda inservible (Gonçalves *et al.* 2014).

La sucesión de probetas reproducidas con distintas variedades de alginato dental y no dental nos ha permitido determinar cuál es el más adecuado para los fines de esta investigación, marcando una gran diferencia en cuanto a características que favorecen los procesos de moldeo, la variedad de alginato dental *Phase Plus*<sup>42</sup> de la compañía *Zhermack*. La compañía se fundó en 1981. Los principales componentes de este alginato pertenecen a la especie de alga marina parda *Laminaria hyperborea*. Todas las materias primas utilizadas para la fabricación de los hidrocoloides son de origen natural, compatibles con el pH de la piel. La variedad *Phase Plus*, es un alginato cromático, que posee unas características de gelificación y tixotropía superiores a las de otras gamas.

Este alginato de consistencia cremosa posee tres fases de trabajo divididas por distintas coloraciones. En la primera fase, la de mezclado, la materia torna a color violeta, tonalidad que se intensifica si el agua está a baja temperatura. En la segunda fase torna a color rosa, siendo esta la fase de trabajo. En la última fase, la de fraguado, su coloración es totalmente blanca. Esta peculiaridad lo hace una variedad de alginato dental ideal para la confección de moldes. Este producto está envasado en atmósfera modificada que conserva todas sus propiedades para evitar la oxidación y el deterioro de sus componentes. Según el fabricante, este hidrocoloide contiene una fórmula especial que facilita el proceso de mezcla y reduce notablemente el polvo en suspensión, gracias a la adición de harina fósil, procedente de las tierras diatomeas. Admite un periodo de almacenaje de 5 años desde su fecha de producción. Posee una estabilidad dimensional superior que evita la contracción de los modelos realizados de 48 a 120 horas. Goza de

---

<sup>42</sup> Información recuperada de [www.zhermack.com](http://www.zhermack.com) Fecha de consulta: 05/01/2018 [En línea].

una alta tixotropía, fluyendo únicamente bajo el efecto de la presión manual (Zhermack, 2017).

Este alginato tiene la capacidad de producir superficies homogéneas lisas y compactas, siendo esta una de sus muchas características por la que lo hemos introducido como objeto de estudio. Por ello, hemos empleado este material destinado a la realización de prótesis dentales al ámbito de la reproducción escultórica y su posterior procesado para su reutilización.

### 6.3.2. Vista al microscopio metalográfico trinocular de la superficie del alginato dental durante el proceso de gelificación.

Para la observación microscópica<sup>43</sup>, se ha introducido la variedad de alginato cromático *Phase Plus* para un estudio más detallado. El propósito de estas observaciones se centra en el estudio de los cambios superficiales inapreciables. El análisis radica en el cambio superficial de la materia desde que se encuentra en estado gel hasta fraguar. Durante su estado de gelificación, se hacen patentes las cualidades tixotrópicas del hidrocoloide, presentándose como una materia muy fluida (*Figura 44*).



*Figura 44:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Vista superficial al Microscopio Metalográfico Trinocular*. Fotografía digital. Proceso de gelificación del alginato *Phase Plus*, de *Zhermack*. 20 segundos de la mezcla con agua.

---

<sup>43</sup> Microscopio Metalográfico Trinocular *AmScope* de luz polarizada para análisis de fibras y papeles, observación de muestras metalográficas para el análisis de detalles en superficies con alta reflectancia. Distintos grados de iluminación y magnificación (hasta 2500x), monitorizados con incorporación de cuerpo fotográfico para microfotografías mediante cámara *CCD* y cambio de oculares reticulados. Laboratorio Científico de ICCD. Granada.

Esta variedad de alginato tiene fases de transformación muy diferenciadas, produciéndose importantes cambios superficiales aparentes. Estos cambios facilitan las labores de aplicación durante su uso. Trascurridos 2,5 minutos, el alginato se adapta a la forma de la superficie dando por finalizado su proceso de gelificación. Es en este momento cuando muestra un aspecto más densificado, en cuya superficie aparecen abultamientos. Podemos observar cómo tras el proceso de fraguado, la cámara capta la presencia de agua. Este hecho se debe al inicio de expulsión de agua de la materia (*figura 45*).



*Figura 45:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Vista superficial* al Microscopio Metalográfico Trinocular Fotografía digital. Proceso de gelificación del alginato *Phase Plus*, de *Zhermack*. 3 minutos después de la gelificación.

### **6.3.3. Análisis químico por espectroscopía fotoelectrónica de rayos X de la variedad de alginato dental *Phase Plus* de la compañía *Zhermack*.**

#### **6.3.3.1. Método empleado.**

Para el estudio de esta materia se ha realizado un análisis espectroscópico. Esta técnica nos ha permitido obtener información acerca de la composición química del producto y conocer cada uno de los elementos existentes que lo conforman, pudiendo someterlo a diferentes pruebas a partir de los datos obtenidos. Para comenzar el análisis espectroscópico de la variedad de alginato dental *Phase Plus*, se ha observado la característica y la volatilidad del grano. Puede tener cierto nivel de apelmazamiento dependiendo de las condiciones de envasado, almacenaje y tiempo transcurrido desde su fabricación. Con el fin de analizar un polvo suelto y sin grumos, se ha molido en un mortero de ágata<sup>44</sup>(*figura 46 izquierda*). El análisis por espectroscopía realizado mediante un Espectrómetro de Fotoelectrones de Rayos-X *Kratos Axis Ultra-DLD*<sup>45</sup>(*figura 46 derecha*), nos ha permitido realizar un estudio comparativo entre los componentes de esta variedad de alginato dental y los componentes pertenecientes a la tabla genérica de alginatos dentales publicada.

Especificaciones técnicas del equipo de Espectroscopía de Fotoelectrones de Rayos-X<sup>46</sup>

- “Cámara de análisis con accesorio de calentamiento (hasta 600° C) y enfriamiento (hasta – 150° C) de las muestras.
- Fuente de rayos-X de doble ánodo (Mg/Al). Potencia 450 W.
- Monocromador Al Ka. Potencia 600 W.
- Manipulador de muestras automático de alta precisión (x, y, z,  $\Theta$ ).
- Cámara de admisión de muestras.

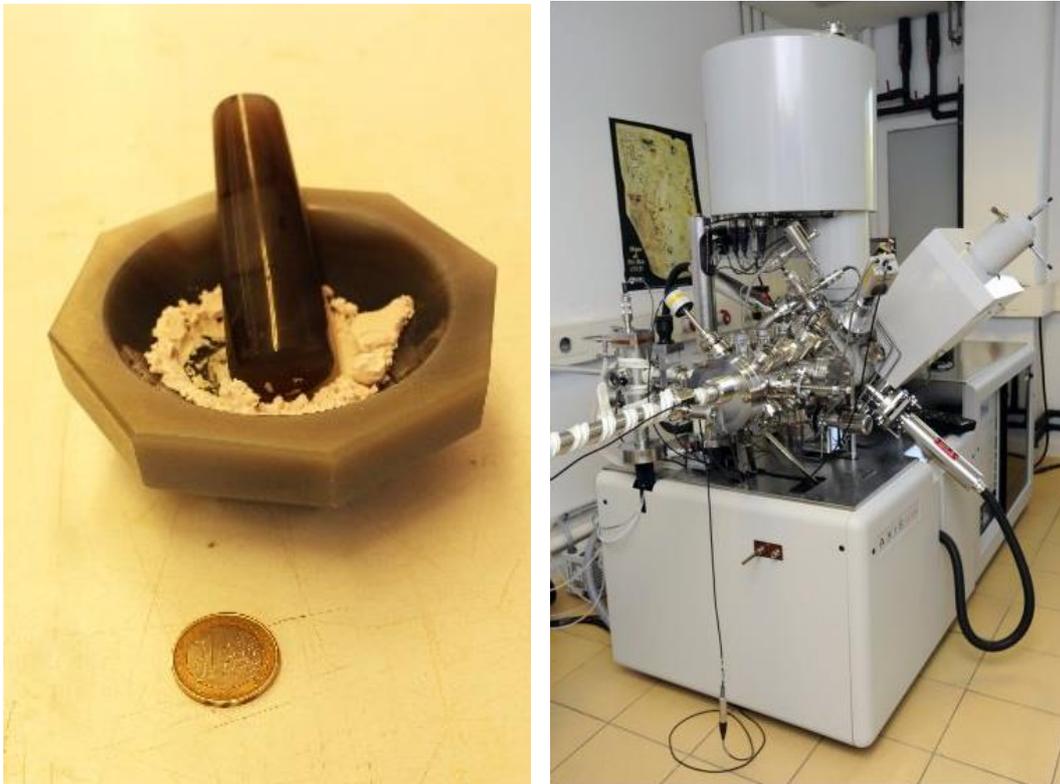
---

<sup>44</sup> El ágata es un conjunto de minerales constituidos casi en su totalidad por sílice. Los morteros de ágata poseen una dureza de 7 en la escala de Mohs, siendo resistente a abrasiones y deterioro por fricciones, garantizando la no contaminación de las materias. Su elevada densidad, hace que tengan poca porosidad, garantizando la conservación íntegra de toda la materia. Fundamentalmente se destinan para su uso en laboratorios. Recuperado de <https://www.quirumed.com/es/mortero-agata-con-mano.html> Fecha de consulta: 10/02/2018 [En línea].

<sup>45</sup> Análisis realizado en el C.I.C. (Centro de Instrumentación Científica de la Universidad de Granada).

<sup>46</sup> Información recuperada de <http://cic.ugr.es/servicios-y-unidades/ficha.php?codServicio=1&unidad=77> Fecha de consulta: 12/02/2018 [En línea].

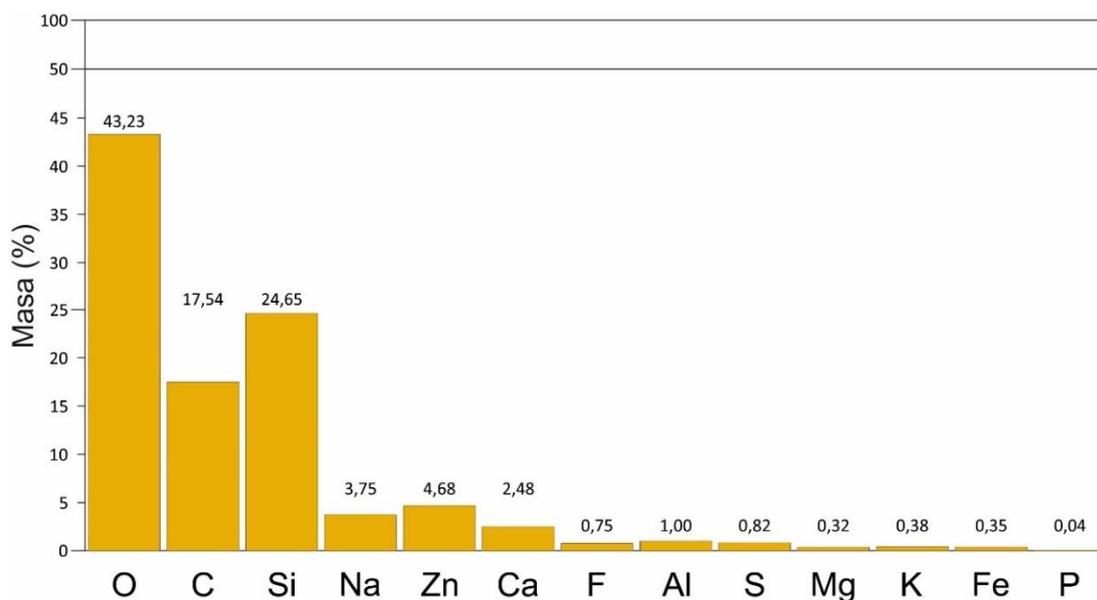
- Analizador hemisférico de electrones conectado a un detector DLD (delay-line-detector).
- Cañón de iones con entrada de gas integrada (Ar) para decapado y desbastado de superficies.
- Fuente de electrones para neutralización de cargas.
- Sistema de video microscopio.
- Sistema de generación y medida de ultra alto vacío ( $10^{-10}$  Torr) compuesto de bomba turbomolecular (cámara de admisión) y bomba iónica con bomba de sublimación de titanio (cámara de análisis).
- Computador y software para adquisición y procesado de datos.”



*Figura 46: Análisis espectroscópico de variedad de alginato dental Phase Plus de Zhermack. Izquierda: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Molido de polvo de alginato dental en mortero de ágata. Derecha: (s.f.) Espectrómetro de Fotoelectrones de Rayos-X Kratos Axis Ultra-DLD del Centro de Instrumentación Científica de Granada. Universidad de Granada. Imagen recuperada de: <http://cic.ugr.es/servicios-y-unidades/ficha.php?codServicio=1&unidad=77> Fecha de consulta 12/02/2018 [En línea].*

El análisis de la materia se ha llevado a cabo por medio de espectroscopía fotoelectrónica de rayos X, gracias a la cual hemos podido obtener una relación de elementos químicos clasificados por porcentajes (*figura 47*). Este hecho nos permite obtener datos acerca de la posible reciclabilidad de los cascotes de alginato dental y los posibles usos relacionados con técnicas de reproducción escultórica.

La composición de estas variedades de alginatos dentales está basada en la adición de una sal soluble de alginato a un agente reactivo, como puede ser el calcio o el sodio, siendo el resto de la composición elementos que actúan como materia de relleno. Un alto porcentaje de esta materia se compone de tierras diatomeas, producidas de manera natural por la acumulación de los residuos producidos por la descomposición de las microestructuras internas de sílice de algas y microalgas marinas (Campbell y Reece, 2007, p. 559).



*Figura 47:* Composición química porcentual (masa) de la variedad de alginato dental *Phase Plus* a partir de análisis espectroscópico fotoelectrónico de rayos X.

Mediante el análisis espectroscópico llevado a cabo a la muestra micronizada de la variedad *Phase Plus*, podemos clasificar una serie de elementos que no aparecen en las tablas de componentes de alginatos dentales publicadas. Todos estos elementos hacen que la materia tenga unas características muy concretas, habiendo obtenido porcentajes muy exactos de elementos que reaccionan entre sí dentro de la composición. Un 43,23% de la composición está constituido por oxígeno (O), que junto a un 3,75% de sodio (Na),

forman uno de los agentes reactivos de esta composición. Existe una gran parte de materia orgánica dentro de la composición, 17,54% de Carbono (C) que indica su origen en las algas marinas de las que se extrae la sal soluble.

Una de las mayores diferencias que pueden apreciarse en los resultados obtenidos se centra en la cantidad de sílice (Si) que contiene esta composición. La variedad *Phase Plus* posee un 24,65%, que corresponde a la adición de tierras diatomeas.

En la tabla genérica de alginatos dentales publicada se muestra un 60% de sílice, indicado también como tierras diatomeas. Conocidas también como harina fósil, además de ser materia de relleno, las diatomeas actúan como agente humectante para reducir la formación de polvo respirable (Klein y Hurlbut, 1997, p. 644).

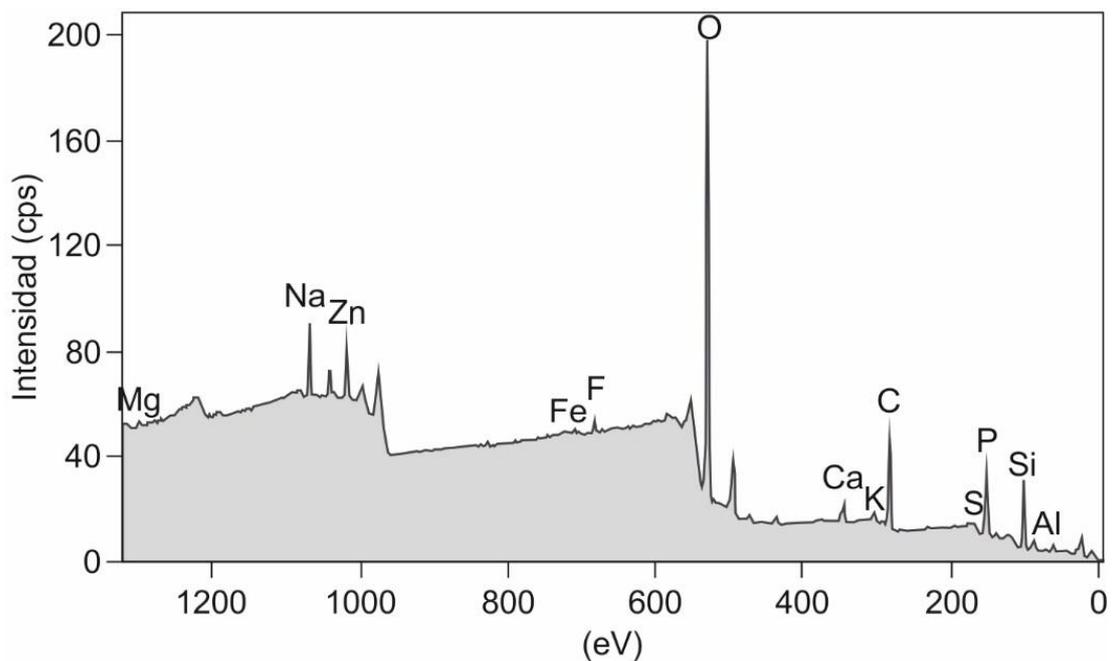


Figura 48: Espectro químico analítico de la variedad de alginato dental *Phase Plus* a partir de análisis espectroscópico fotoelectrónico de rayos X.

Esta variedad de alginato contiene una pequeña cantidad de calcio (Ca), a un 2,48%, que también cumple la función de elemento reactivo dentro de la composición. El calcio es uno de los elementos que inicia la fase de fraguado. Otro elemento existente en esta composición es el zinc (Zn) a un 4,68%, que forma parte del amplio espectro de elementos que actúan como materia de relleno. El zinc además actúa como elemento blanqueador dentro de la reacción química.

Otros elementos de relleno existentes en esta composición son el flúor (F), a un 0,75%. La adición de este elemento cumple una función blanqueadora en el esmalte de los dientes. Además, la unión del flúor con un 0,38% de potasio (K), generan una reacción acelerante que llevan a esta materia a una rápida polimerización. El magnesio (Mg) a un 0,32%, se encuentra de manera abundante en los lechos marinos y actúa también como materia blanqueante al igual que el aluminio (Al) a un 1% y el azufre (S) a un 0,82%. El 0,35% de hierro (Fe) actúa como materia de relleno. El 0,04% de fósforo (P) actúa también como elemento químico reactivo.

Los resultados obtenidos muestran una materia compuesta por una gran cantidad de elementos químicos que interaccionan entre sí, ofreciendo unas determinadas características al producto durante sus fases de mezcla, trabajo y aplicación. El estudio exhaustivo de esta variedad de alginato dental para su uso y reciclabilidad, nos orienta al mundo de la fundición, gracias al 24,65% de sílice que contiene en su composición. Este porcentaje de sílice le da a esta materia ciertas características refractarias que, junto con la dureza que el material experimenta al concluir su proceso de sinéresis, nos permiten idear un molde confeccionado con alginato al cual podemos verter aleaciones metálicas que fundan una temperatura comprendida entre 300°C y 600°C.

### 6.3.4. Prueba de ultrasonidos. Mediciones realizadas a la variedad de alginato dental *Phase Plus*.

#### 6.3.4.1. Método empleado.

Se ha realizado una medición por medio de ultrasonidos a una probeta de alginato para determinar cuál es su tiempo de fraguado y endurecimiento. Para la confección de la probeta se ha ideado un pequeño recipiente en el cual se ha vertido el alginato en estado gel, con las proporciones que indica el fabricante, utilizando instrumental de medida específico para este modelo de alginato dental (*figura 49*).

El recipiente, compuesto por acetato de 500 micras, se ha dispuesto para que su interior tenga las dimensiones de 15 cm x 5 cm x 5 cm. La medición se ha iniciado instantes después del proceso de fraguado del alginato en el interior del encofrado. Se han anotado las lecturas obtenidas hasta que la probeta pierde el agua por completo hasta solidificar totalmente. Cada medición ha tenido un intervalo de tiempo específico.



*Figura 49:* José Javier Ángeles Alejo. (2016) *Útiles de medida de la compañía Zhermack.*

<b>Instrumentos de medida</b>	
Cuchara:	Una medida equivale a 9 gr de polvo.
Recipiente:	El recipiente tiene una capacidad de 54 ml. Se presenta dividido en 3/3. 1/3=18 ml 2/3=36 ml 3/3=54 ml

Tabla 34: Especificaciones técnicas de los instrumentos de medida específicos para las variedades de alginatos dentales de *Zhermack*.

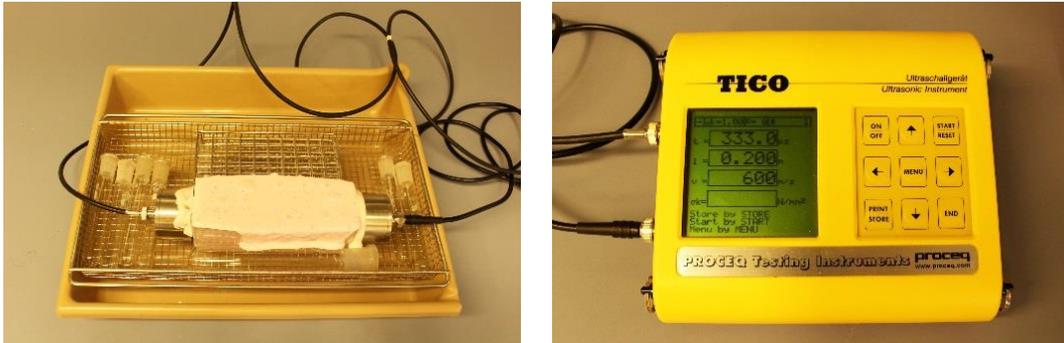
Tras la primera medición, se realiza un intervalo de un minuto hasta la segunda medición. Realizada la segunda medición, un intervalo de cuatro minutos. Tras la tercera, cinco minutos. Estos intervalos se respetan tras las mediciones tal y como muestra la tabla. Con estos intervalos de espera, se ha ido sumando tiempo a cada una de las mediciones de ultrasonidos, dando pie a que la probeta de alginato comience a experimentar su proceso de secado y endurecimiento, obteniendo diferentes resultados con cada una de las mediciones. Para la obtención de datos se ha empleado un aparato *TICO ultrasonic testing instrument* (tabla 35).

<b><i>TICO ultrasonic testing instrument</i></b>	
Rango de medida	15 a 6550 $\mu$ s.
Resolución	0,1 $\mu$ s.
Pulso de voltaje	1 kV.
Frecuencia de pulso	3/s.
Impedancia en la entrada	1 M $\Omega$
Rango de temperatura del aparato	-10° a 60° C

Tabla 35: Especificaciones técnicas del medidor de ultrasonidos<sup>47</sup>

<sup>47</sup> Especificaciones técnicas recuperadas de *Comercial de Ingeniería Daga S.L.* Madrid.

Los transductores<sup>48</sup> ultrasónicos se han adherido a cada uno de los extremos del recipiente, para obtener una medición lo más amplia posible. Para que la señal sea clara, se ha aplicado vaselina específica a cada uno de los transductores ultrasónicos en contacto con las paredes del encofrado de acetato (*figura 50*).



*Figura 50:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Medición de ultrasonidos por medio de un aparato TICO ultrasonic testing instrument*. Izquierda: Transductores adheridos al encofrado de acetato que contiene el alginato dental fraguado. Derecha: Consola de muestra de datos resultados de la medición de ultrasonidos.

Por cada una de las mediciones ultrasónicas realizadas se ha tomado la temperatura superficial de la masa de alginato dental con la ayuda de un termómetro laser *Raytek Raynger*, obteniendo la temperatura en todos y cada uno de los cambios que la materia ha experimentado (*figura 51*).

Debido a la retracción de la materia, los medidores ultrasónicos han tenido que ser ajustados constantemente para mantenerlos en contacto en todo momento. Se ha procedido al desmontaje del recipiente de acetato para lograr una mejor adaptación del instrumental de medida (*figura 52*).

---

<sup>48</sup> Los transductores ultrasónicos son elementos encargados de transformar una magnitud física en otra diferente (eléctrica-mecánica-acústica) (Veca y Accolti, 2016, p. 88).



*Figura 51: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Toma de temperatura por medio de un Raytek Raynger PM Infrared Thermometer*



*Figura 52: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Medición de ultrasonidos por medio de un aparato TICO ultrasonic testing instrument.. Fotografía digital. Proceso de retracción de la materia.*



Figura 53: José Javier Ángeles Alejo. (2018) *Alginato dental fraguado y seco*. Fotografía digital. Prueba de ultrasonidos. Extracción de la materia del recipiente tras concluir las mediciones de ultrasonidos.

Las retracciones producidas en la materia a consecuencia de la pérdida de agua han provocado que la señal ofrezca mediciones irregulares. En condiciones normales de secado y endurecimiento, las mediciones deberían ser decrecientes a medida que se suceden hasta llegar a un punto invariable. Sin embargo, la gran cantidad de agua y su estado hermético dentro del recipiente ha provocado que la masa sea embebida con la propia agua que ha expulsado, siendo una de las grandes contrariedades mostradas en el estudio de esta materia (*tabla 36*). A consecuencia de este fenómeno, el alginato dental se ha deformado a medida que el proceso iba concluyendo.

Tiempo entre mediciones	Tiempo (minutos)	Raíz Cuadrada de T	Tiempo (microsegundos) $\mu s$	Distancia (metros)	Velocidad (m/s)	Temperatura
0 min	0	0,00	0	0,151	0	7,5°C
1 min	1	1,00	330	0,151	457,6	7,6°C
4 min	5	2,24	334	0,151	452,1	7,8°C
5 min	10	3,16	331	0,151	456,2	8,5°C
10 min	20	4,47	333	0,151	453,5	10,3°C
20 min	40	6,32	331	0,151	456,2	12,4°C
40 min	80	8,94	349	0,151	432,7	14,5°C
80 min	160	12,65	349	0,151	432,7	15,7°C
3 h	340	18,44	351	0,148	421,7	17,8°C
4 h	580	24,08	449	0,145	322,9	18,9°C
12 h	1300	36,06	322	0,141	437,9	16,2°C
1 día	2740	52,35	620	0,135	217,7	17,3°C
2 días	5620	74,97	248	0,13	524,2	18,3°C
4 días	11.380	106,68	155	0,115	741,9	14,6°C
8 días	22.900	151,33	132	0,115	571,2	16,8°C
16 días	45.940	214,34	117	0,115	982,9	15,1°C
30 días	89.140	298,56	107	0,112	1046,7	12,2°C
60 días	175.540	418,97	107	0,112	1046,7	15,1°C

Tabla 36: Datos obtenidos en la medición de ultrasonidos. Mediciones realizadas a mezcla de alginato dental en proceso de gelificación, fraguado, secado y endurecimiento.

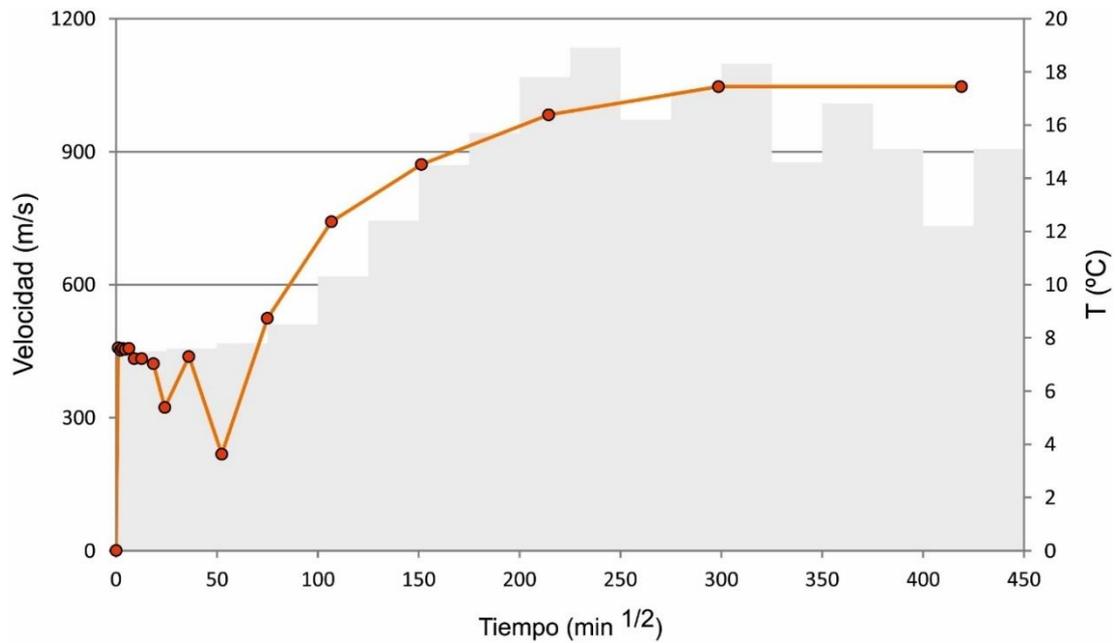


Figura 54: Variación de velocidad de pulsos ultrasónicos (m/s) en función del tiempo de fraguado y endurecimiento del alginato dental *Phase Plus*. Variabilidad térmica superficial en la masa de alginato durante el tiempo del ensayo (° C)

Las lecturas realizadas nos ofrecen datos muy aproximados con respecto a los metros por segundos recorridos. A medida que la probeta inicia su proceso de secado, la señal comienza a realizar una lectura diferente al estar más distanciada en el tiempo. Los altibajos que se muestran en la gráfica son la consecuencia de un proceso de fraguado y secado muy irregular y prolongado en el tiempo con gran cantidad de agua. El agua evita que se produzca un secado normal, ralentizando su proceso durante días. Los datos obtenidos por medio de los ultrasonidos nos ofrecen respuestas acerca del comportamiento de la materia durante su proceso de fraguado, pudiendo recabar información para llevar a cabo procedimientos empíricos basados en la introducción del alginato en distintos estados como materia polivalente de reproducción escultórica.

#### 6.4. Árido algínico. Razonamiento previo de la reacción y comportamiento de la materia.

El alginato, en su composición comercial, contiene un 16 % de sulfato cálcico. En base a este dato, se ha procedido a confeccionar una probeta previa constituida por agua y polvo de escayola fraguada micronizada. Esta mezcla se ha llevado a cabo con el objetivo de evidenciar, si realmente el sulfato cálcico fraguado presenta algún tipo de particularidad (viscosidad, humedad, reactividad) que produzca que la materia quede adherida entre sí.

Gama de escayola	<i>E-35</i>
Composición	100 gr de polvo + 150 ml de agua
Proceso de fraguado / endurecimiento	No se produce.

*Tabla 37:* Resultado de la mezcla de escayola fraguada triturada micronizada y agua

No ha sido posible la confección de la probeta. El resultado de la mezcla es un líquido blanquecino de textura similar a la de la escayola, pero sin la existencia de fraguado o secado. Transcurridos 10 minutos, la materia sólida queda depositada en el fondo por decantación, quedando el agua de la mezcla en la superficie. La respuesta a la adhesión de la materia se encuentra en sulfato cálcico que no actúa durante el proceso de gelificación y la parte orgánica que contiene el propio alginato dental, que contiene los monómeros de ácido gulurónico y ácido manurónico.

## 6.5. Estudio de probetas. Árido algínico.

El árido algínico con el que se han reproducido todas las probetas ha sido extraído de los desechos del alginato dental *Phase Plus* de la compañía *Zhermack*, por sus características basadas en la compactación y adherencia de sus microgránulos. La probeta n°2 constituida por esta marca de alginato, es la que menos retracción ha sufrido. Es por este motivo que con la adición de agua al árido para la conformación de una probeta sólida se produce una retracción menor que con otros alginatos dentales, conservando la probeta gran parte del porcentaje de estabilidad dimensional procedente del alginato.

Se ha utilizado el mismo método de transformación de desechos para la reutilización de otros alginatos dentales. Al contrario que con el *Phase Plus*, con otras variedades se obtiene una granulometría irregular y de mayor tamaño, difícil de triturar y con menos capacidad de compactación y adherencia entre sí, debido a una menor cantidad de materia orgánica en la composición química del propio alginato dental.

Tal y como se muestra en el análisis espectroscópico realizado, el *Phase Plus* contiene gran cantidad de carbono, procedente de la materia orgánica y una amplia variedad de materia de relleno basado en sílice y componentes que activan el proceso de gelificación como el calcio. Las algas marinas pueden contener componentes de naturaleza bioactiva<sup>49</sup> en los que podemos encontrar carbono, hidrógeno, nitrógeno y azufre (Ortiz, 2011, p.7).

Todos estos componentes figuran en el resultado obtenido en el análisis espectroscópico realizado a la muestra de alginato dental *Phase Plus*.

---

<sup>49</sup> Un componente de naturaleza bioactiva es un compuesto químico que se encuentra en pequeñas cantidades en determinadas plantas y alimentos. Tienen funciones beneficiosas para la salud humana. Actualmente se estudian para su inclusión como medio de prevención para enfermedades como el cáncer. Información recuperada de <https://www.cancer.gov/espanol/publicaciones/diccionario?cdrid=703278> Fecha de consulta 30/01/2018 [En línea].

<b>Probeta n°1</b>	
Composición	100 gr de árido algínico + 200 gr de agua
Dimensiones iniciales	125 mm x 65 mm x 25 mm
Volumen inicial	203.125 mm <sup>3</sup>
Peso inicial	300 gr
Tiempo de secado	17 días
Dimensiones tras el secado	106'8 mm x 55'2 mm x 14'5 mm
Volumen tras el secado	85.482'72 mm <sup>3</sup>

*Tabla 38:* Resultados de las mediciones realizadas a la probeta de árido algínico n°1.

<b>Volumen y peso</b>	
Volumen inicial: 203.125 mm <sup>3</sup> (100%)	Peso inicial: 300gr (100%)
Volumen final: 85.482'72 mm <sup>3</sup> (42%)	Peso tras el secado: 59gr (19'6%)
Reducción de volumen por retracción: 58%	Pérdida de peso por secado: 80'4%

*Tabla 39:* Datos obtenidos en el cálculo de reducción de volumen y peso de la probeta de árido algínico n°1.

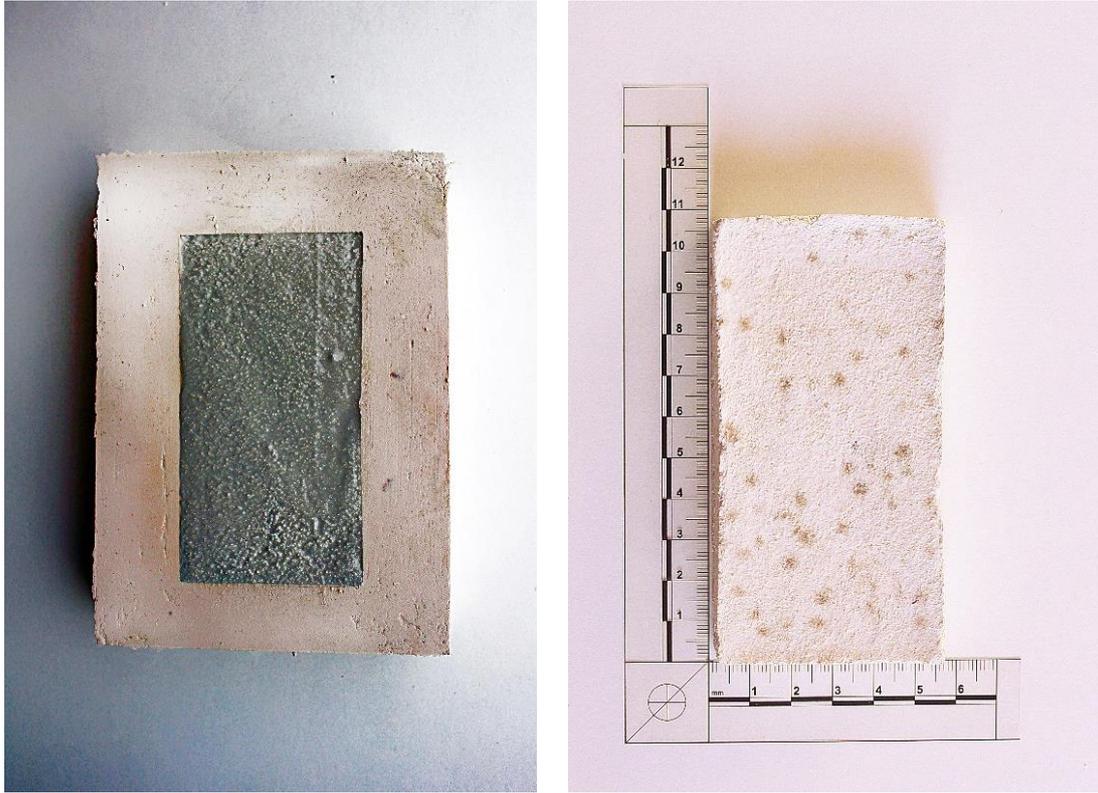


Figura 55: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Izquierda: *probeta n°1*. Fotografía digital. Composición de materia húmeda en el interior del molde de silicona. Derecha: *probeta n°1* tras el proceso de secado.

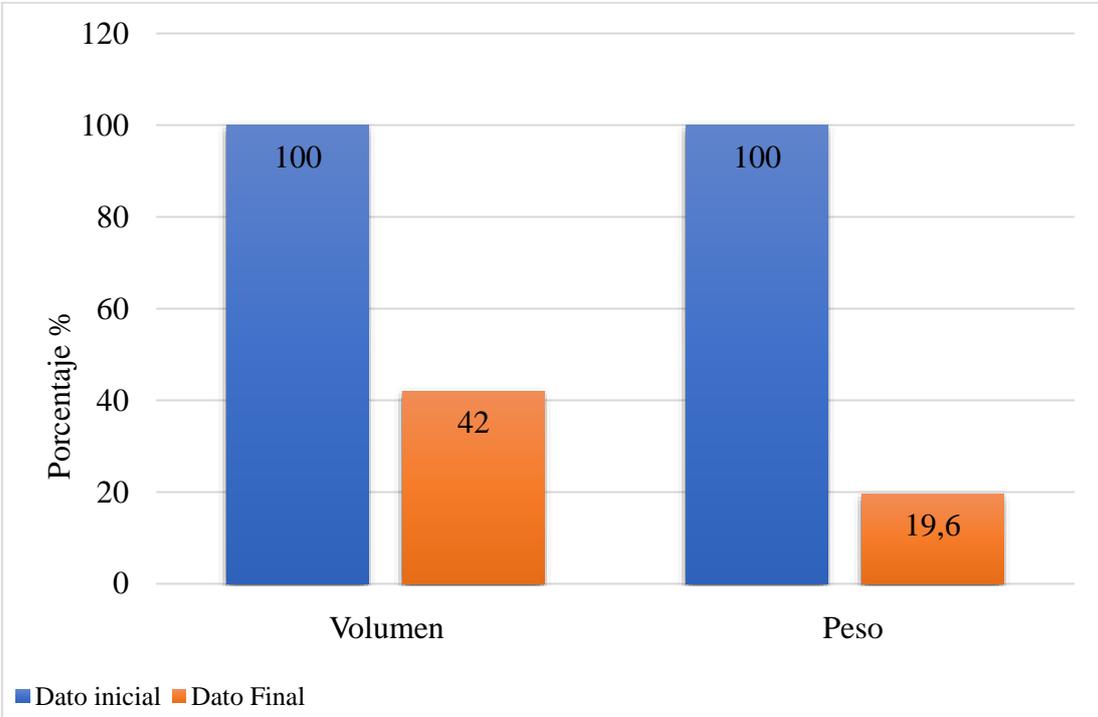


Figura 56: Gráfica comparativa de reducción en volumen y peso.

<b>Probeta n°2</b>	
Composición	100 gr de árido algínico + 150 gr de agua
Dimensiones iniciales	125 mm x 65 mm x 25 mm
Volumen inicial	203.125 mm <sup>3</sup>
Peso inicial	250 gr
Tiempo de secado	10 días
Dimensiones tras el secado	109'9 mm x 57'5 mm x 21'05 mm
Volumen tras el secado	133.020'21 mm <sup>3</sup>

*Tabla 40:* Resultados de las mediciones realizadas a la probeta de árido algínico n°2

<b>Volumen y peso</b>	
Volumen inicial: 203.125 mm <sup>3</sup> (100%)	Peso inicial: 250 gr (100%)
Volumen final: 133.020'21 mm <sup>3</sup> (45%)	Peso tras el secado: 101 gr (40'4%)
Reducción de volumen por retracción: 55%	Pérdida de peso por secado: 59'6%

*Tabla 41:* Datos obtenidos en el cálculo de reducción de volumen y peso de la probeta de árido algínico n°2

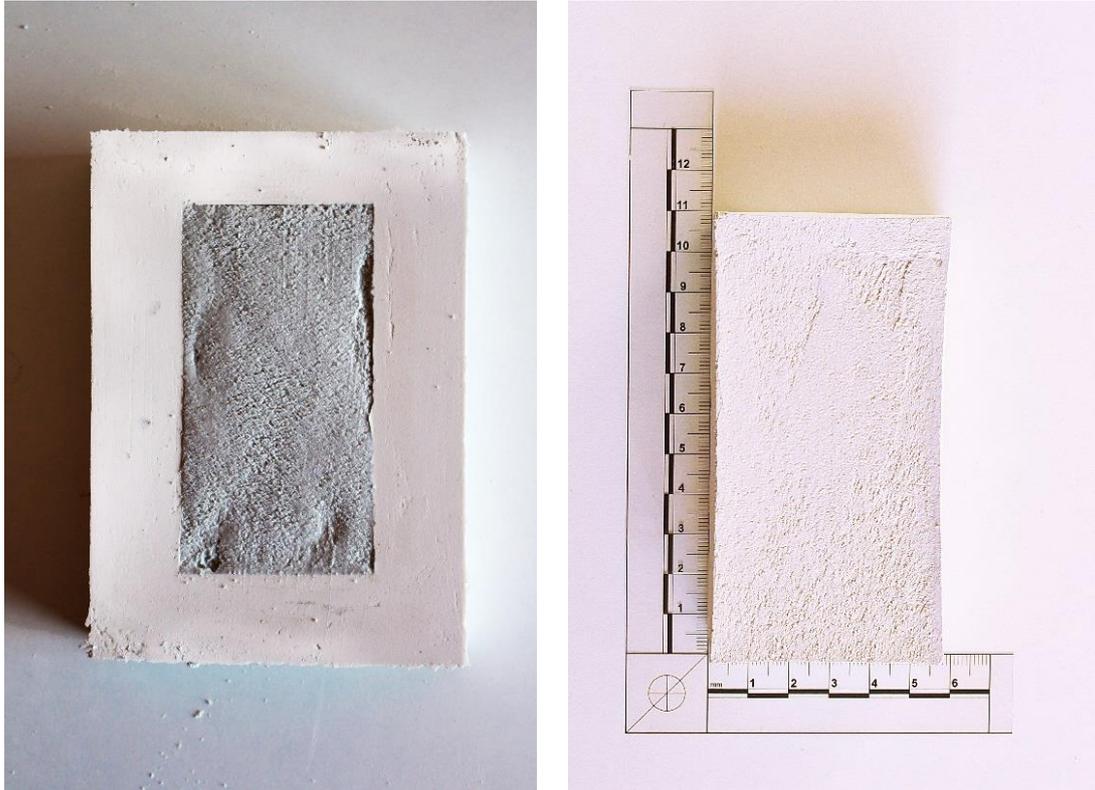


Figura 57: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Izquierda: *probeta n°2*. Fotografía digital. Composición húmeda en el interior del molde de silicona. Derecha: *probeta n°2* tras el proceso de secado.

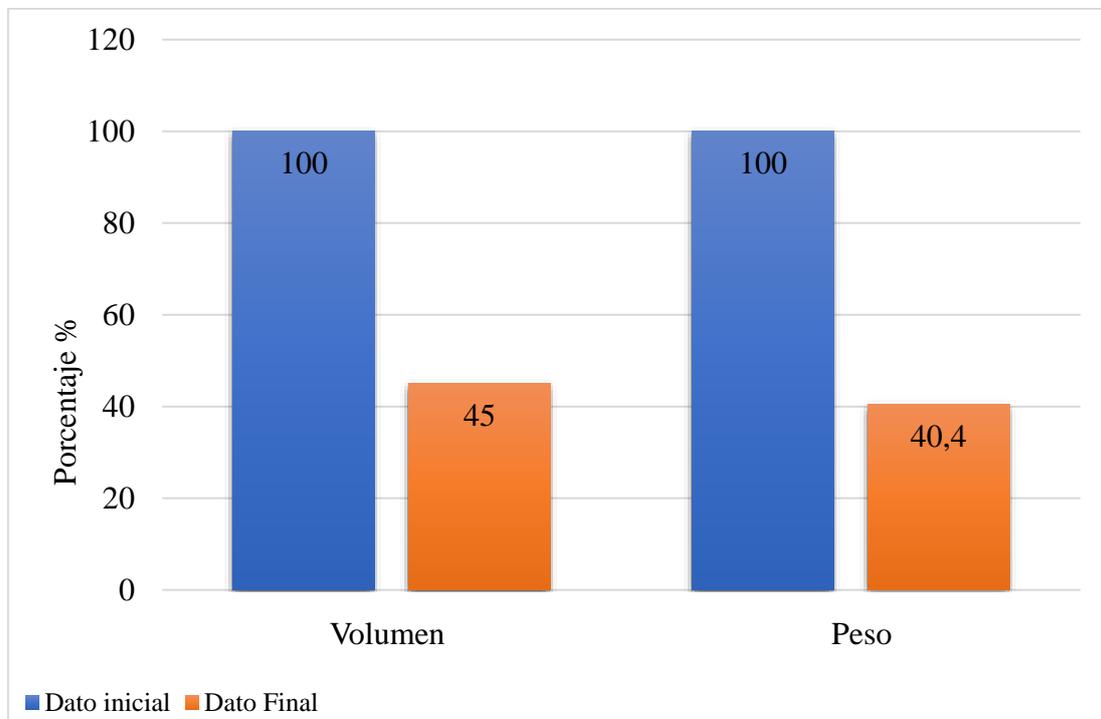


Figura 58: Gráfica comparativa de reducción en volumen y peso.

<b>Probeta n°3</b>	
Composición	100 gr de polvo árido algínico + 125 gr de agua
Dimensiones iniciales	125 mm x 65 mm x 25 mm
Volumen inicial	203.125 mm <sup>3</sup>
Peso inicial	225 gr
Tiempo de secado	8 días
Dimensiones tras el secado	117'5 mm x 63'4 mm x 23'5 mm
Volumen tras el secado	175.063'25 mm <sup>3</sup>

*Tabla 42:* Resultados de las mediciones realizadas a la probeta de árido algínico n°3.

<b>Volumen y peso</b>	
Volumen inicial: 203.125 mm <sup>3</sup> (100%)	Peso inicial: 225 gr (100%)
Volumen final: 175.063'25 mm <sup>3</sup> (86%)	Peso tras el secado: 132 gr (58'6%)
Reducción de volumen por retracción: 14%	Pérdida de peso por secado: 41'3%

*Tabla 43:* Datos obtenidos en el cálculo de reducción de volumen y peso de la probeta de árido algínico n°3

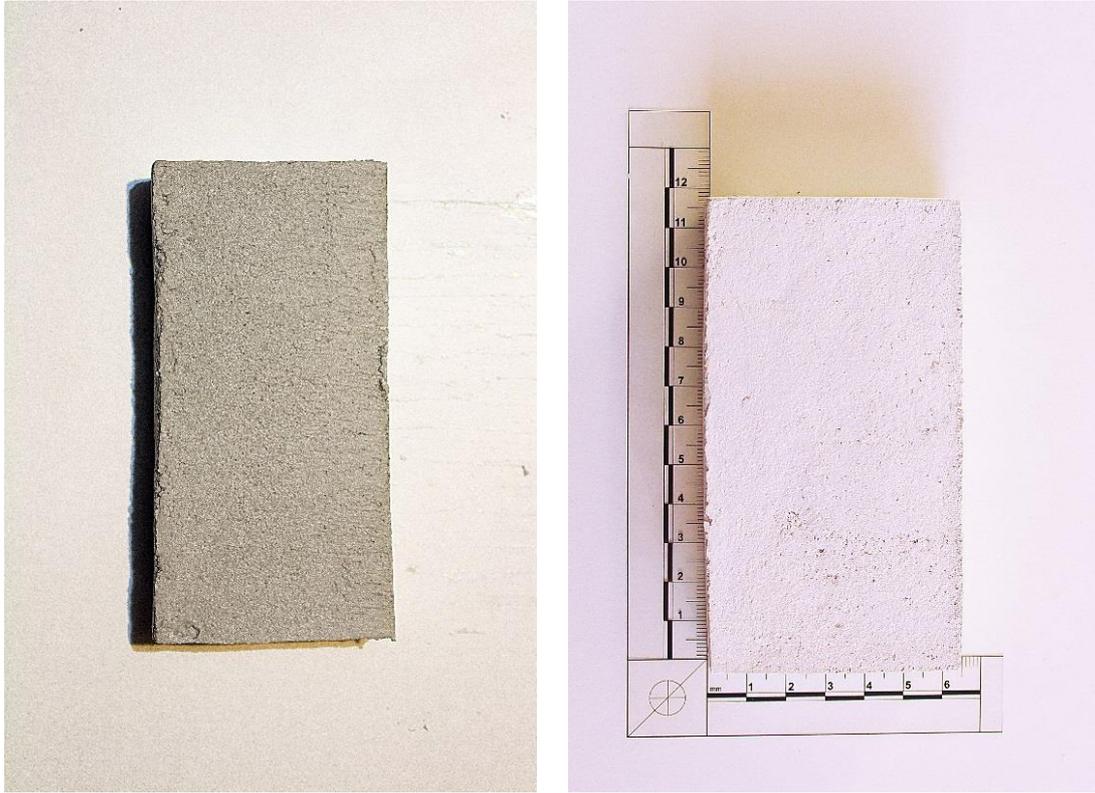


Figura 59: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Izquierda: probeta n°3 húmeda. Derecha: probeta n°3 tras el proceso de secado. Fotografía digital.

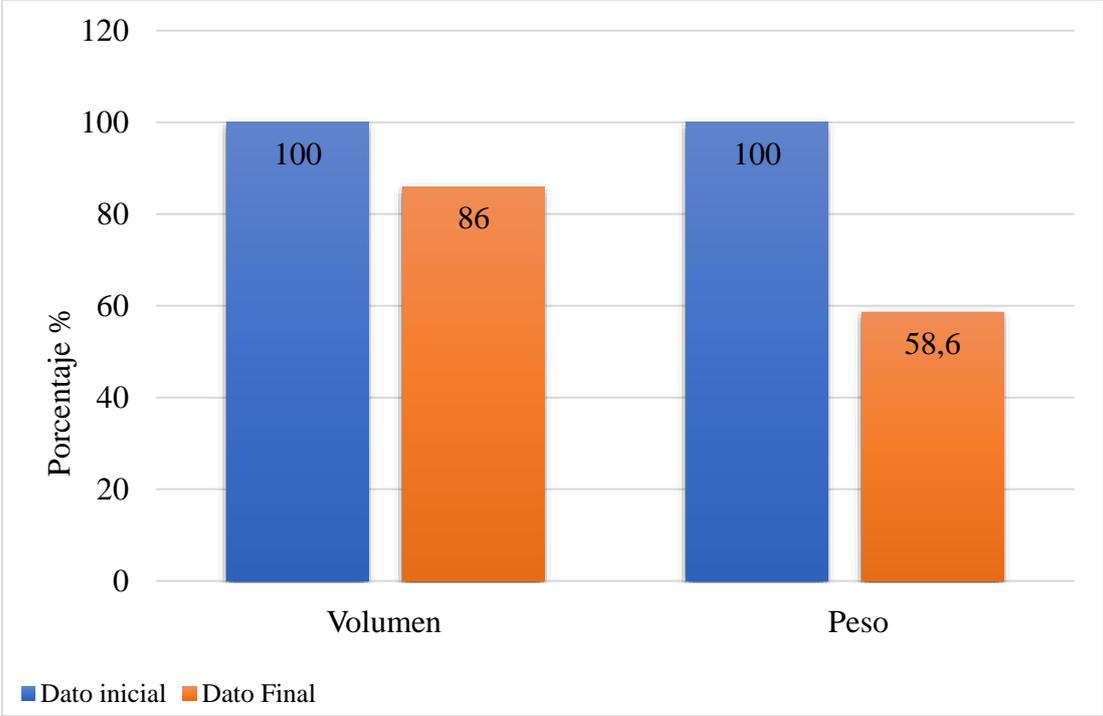
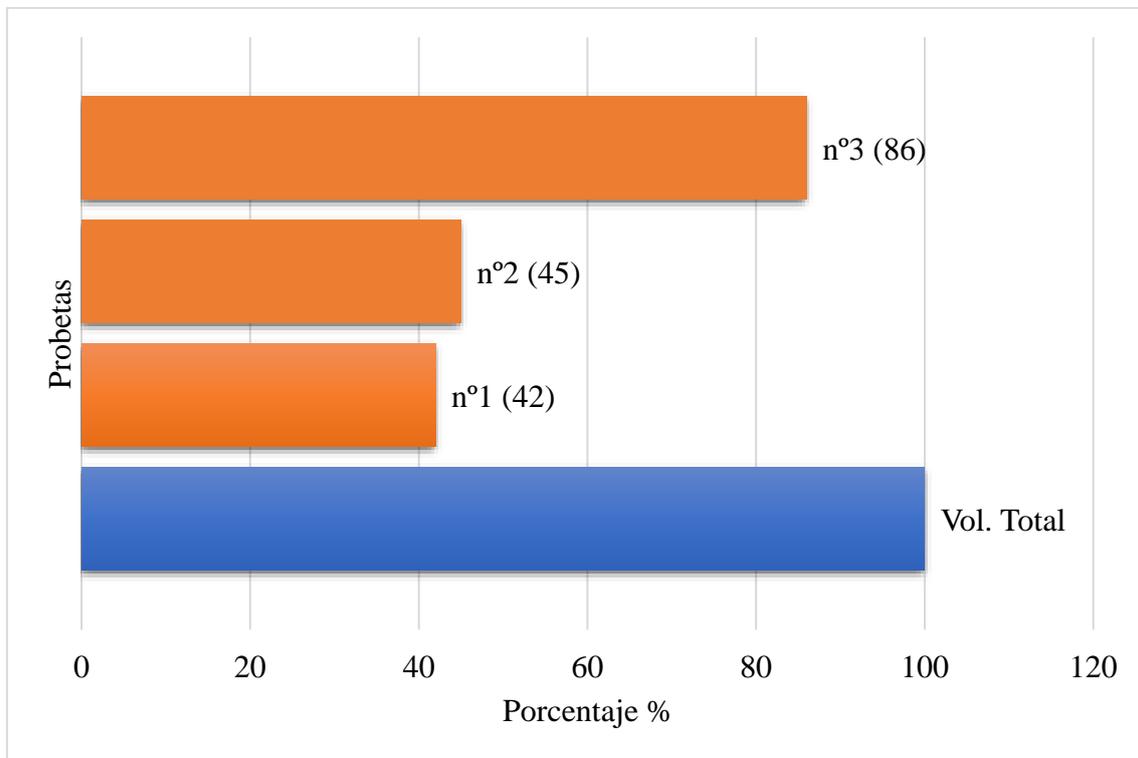


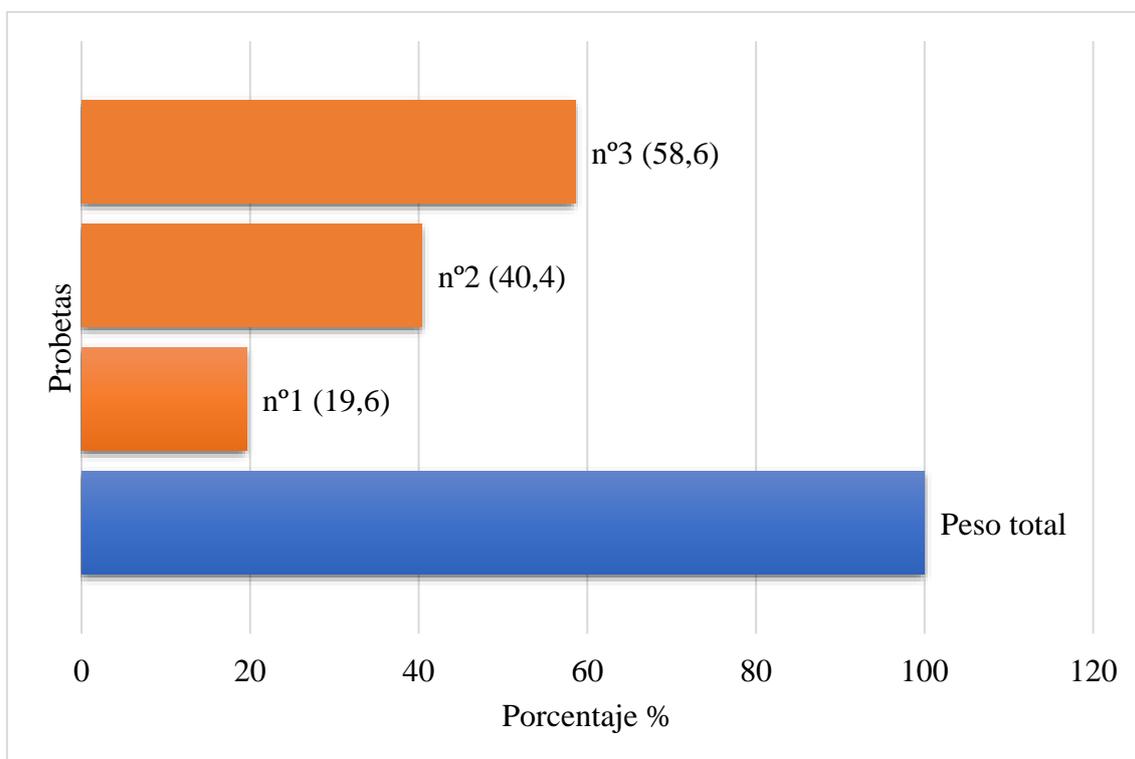
Figura 60: Gráfica comparativa de reducción en volumen y peso.

**Gráfica comparativa entre la reducción de volumen del total de muestras.**



*Figura 61: Gráfica comparativa de reducción en volumen de las muestras.*

**Gráfica comparativa entre la reducción de peso del total de muestras.**



*Figura 62: Gráfica comparativa de peso de las muestras.*

Con el estudio de la probeta n°1, hemos obtenido una respuesta en base a la cohesión del material sin ningún tipo de reactivo fraguante externo. Tiene la capacidad de generar una masa compacta que presenta una determinada maleabilidad, en función de la cantidad de agua que porte. Una de las razones por las que se produce la compactación, viene dada por la composición molecular del propio alginato. Aunque su etapa de gelificación haya concluido, entre sus componentes se encuentra el ácido algínico, un polímero de ácido gulurónico y ácido manurónico. Estos dos últimos ácidos son a su vez, responsables de la gelificación de la materia, y por lo tanto de su viscosidad. La mezcla está constantemente expulsando agua produciéndose una pérdida de volumen homogénea durante la fase de retracción, manteniendo la materia la forma por todos sus lados.

Las proporciones de la probeta n°3 han presentado ciertas complicaciones durante el proceso de mezclado, debido a la insuficiencia de agua para lograr una pasta, dando un aspecto de arena húmeda. La probeta ha sido conformada mediante la compactación de la materia en el molde.

## 6.6. Estudio de probetas. Árido algínico reutilizado.

A consecuencia de la alta higroscopicidad que presenta la materia, este ensayo requiere de gran cantidad de árido algínico. Para ello se ha empleado el árido algínico usado para comprobar si la cohesión y compactación de su masa, se sigue manteniendo en un segundo uso. Nos referimos a la búsqueda factible de la reutilización del árido usado, como aprovechamiento máximo del desecho del hidrocoloide.

Las pruebas han sido ejecutadas con las mismas dimensiones y proporciones que en los primeros procedimientos de estudio del árido algínico para buscar un equilibrio entre polvo y agua, de manera que sucesivamente en cada probeta se ha añadido una menor cantidad de agua para minimizar el proceso de retracción.



*Figura 63: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Fragmentos solidificados de árido algínico después de su rehidratación y secado. Fotografía digital.*

<b>Probeta n°1</b>	
Composición	Árido algínico (Reutilizado)
Proporciones	100 gr de polvo + 200 gr de agua
Dimensiones iniciales	125 mm x 65 mm x 25 mm
Volumen inicial	203.125 mm <sup>3</sup>
Peso inicial	300 gr
Tiempo de secado	8 días
Dimensiones tras el secado	111'9 mm x 58'9 mm x 20'4 mm
Volumen tras el secado	134.454'56 mm <sup>3</sup>

*Tabla 44:* Resultados de las mediciones realizadas a la probeta de árido algínico reutilizado n°1

<b>Volumen y peso</b>	
Volumen inicial: 203.125 mm <sup>3</sup> (100%)	Peso inicial: 300 gr (100%)
Volumen final: 134.454'56 mm <sup>3</sup> (66%)	Peso tras el secado: 81 gr (27%)
Reducción de volumen por retracción: 34%	Pérdida de peso por secado: 73%

*Tabla 45:* Datos obtenidos en el cálculo de reducción de volumen y peso de la probeta de árido algínico reutilizado n°1

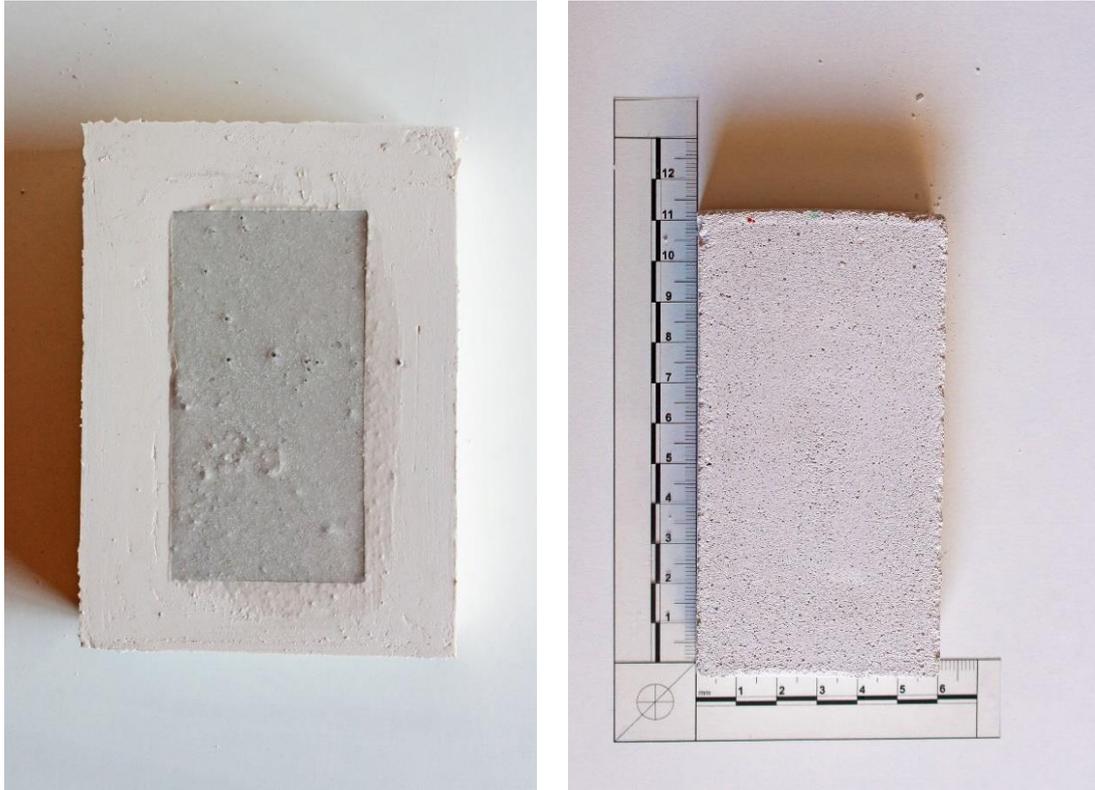


Figura 64: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Izquierda: *probeta n°1*. Composición de materia húmeda en el interior del molde de silicona. Derecha: *probeta n°1* tras el proceso de secado. Fotografía digital.

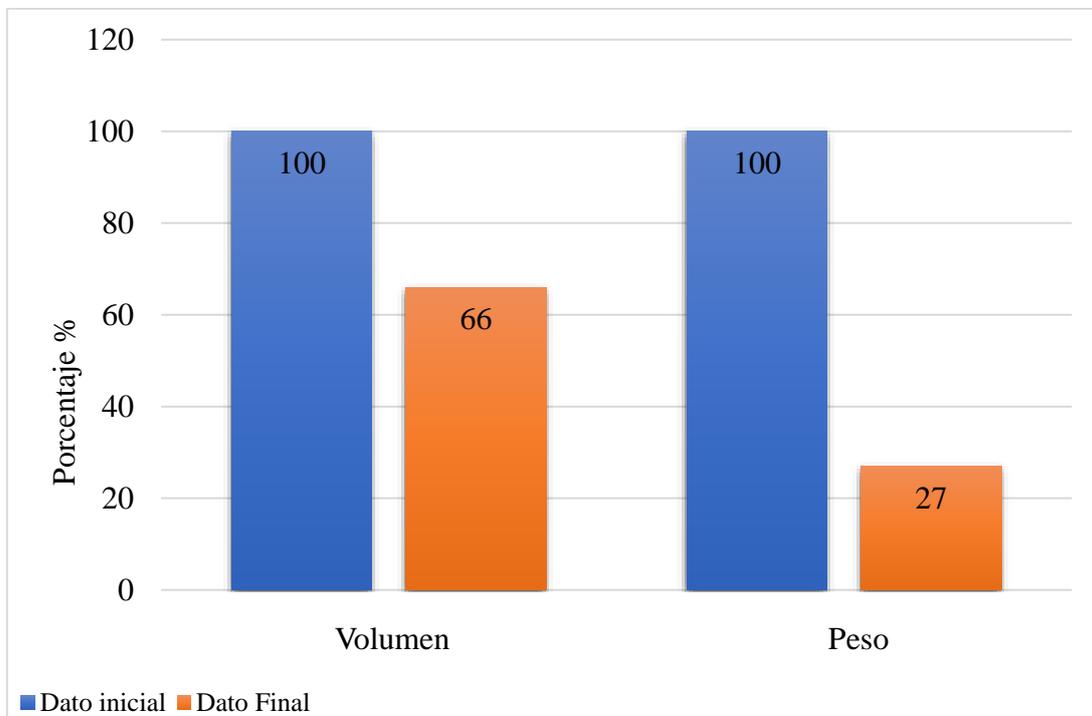


Figura 65: Gráfica comparativa de reducción en volumen y peso.

<b>Probeta n°2</b>	
Composición	Árido algínico (reutilizado)
Proporciones	100 gr de polvo + 150 gr de agua.
Dimensiones iniciales	125 mm x 65 mm x 25 mm
Volumen inicial	203.125 mm <sup>3</sup>
Peso inicial	250 gr
Tiempo de secado	6 días
Dimensiones adquiridas	113'6 mm x 58'6 mm x 21'5 mm
Volumen tras el secado	143.124'64 mm <sup>3</sup>

*Tabla 46:* Resultados de las mediciones realizadas a la probeta de árido algínico reutilizado n°2

<b>Volumen y peso</b>	
Volumen inicial: 203.125 mm <sup>3</sup> (100%)	Peso inicial: 250 gr (100%)
Volumen final: 143.124'64 mm <sup>3</sup> (69'4%)	Peso tras el secado: 101 gr (40'4%)
Reducción de volumen por retracción: 30'6%	Pérdida de peso por secado: 59'6%

*Tabla 47:* Datos obtenidos en el cálculo de reducción de volumen y peso de la probeta de árido algínico reutilizado n°2

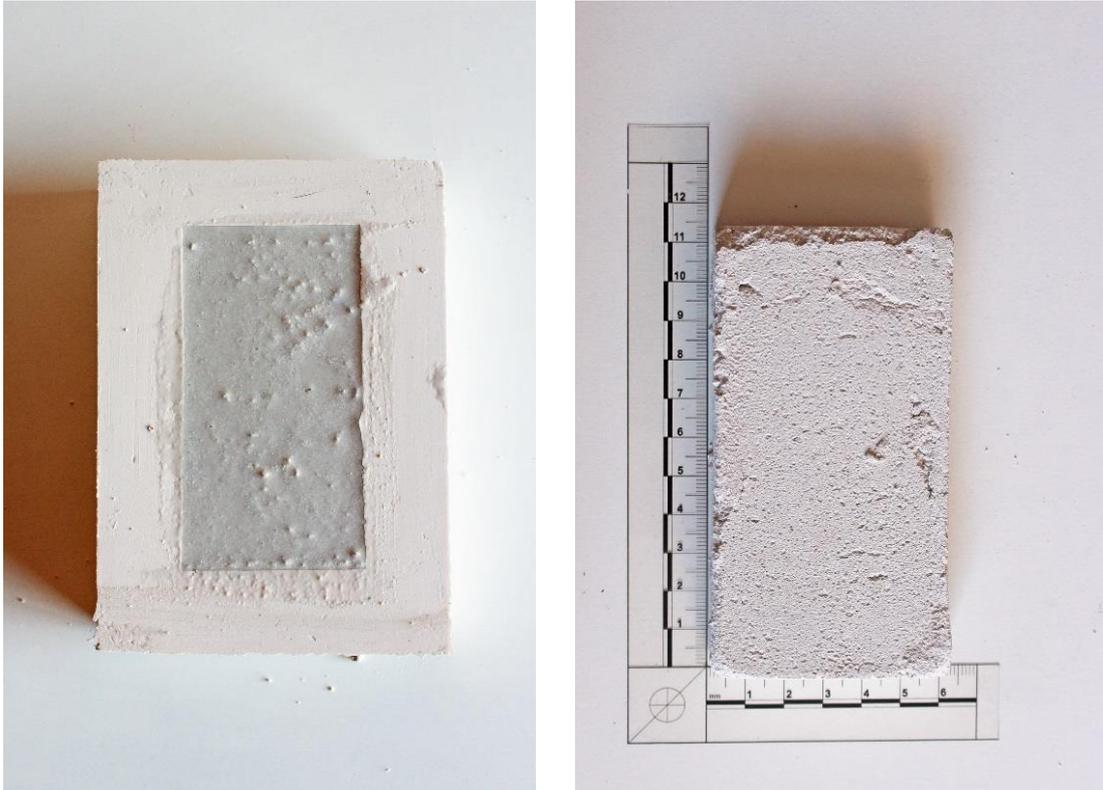


Figura 66: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Izquierda: *probeta n°2*. Composición de materia húmeda en el interior del molde de silicona. Derecha: *probeta n°2* tras el proceso de secado. Fotografía digital.

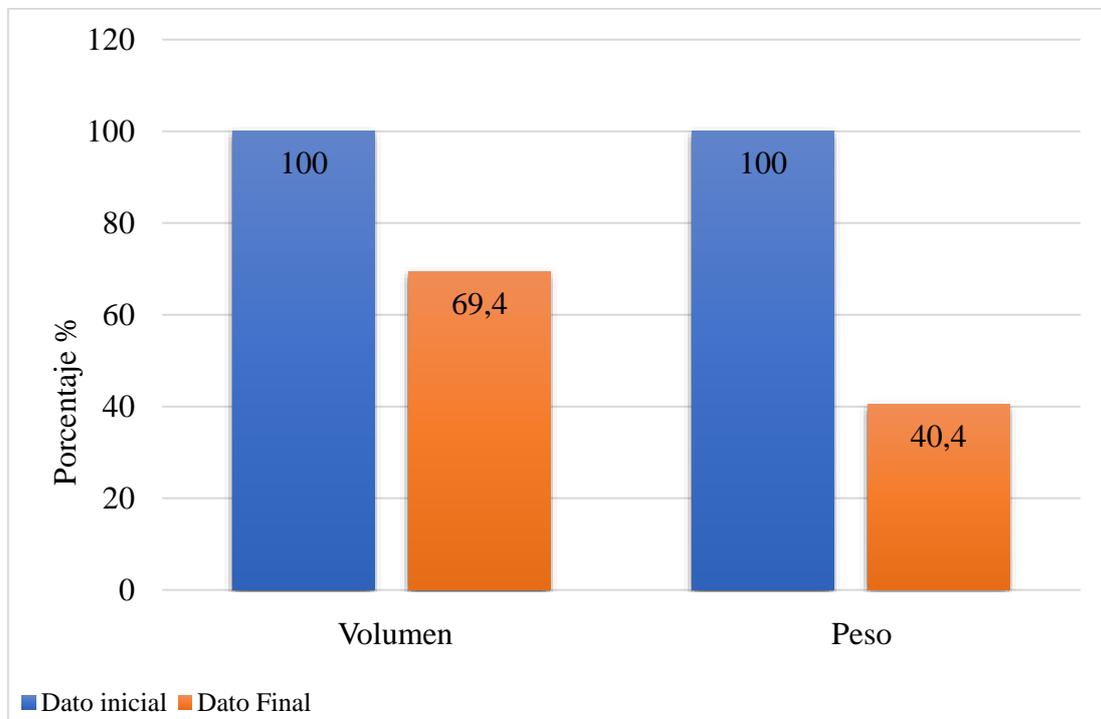


Figura 67: Gráfica comparativa de reducción en volumen y peso.

<b>Probeta n°3</b>	
Composición	Árido algínico (reutilizado)
Proporciones	100 gr de polvo + 125 gr de agua.
Dimensiones iniciales	125 mm x 65 mm x 25 mm
Volumen inicial	203.125 mm <sup>3</sup>
Peso inicial	225 gr
Tiempo de secado	4 días
Dimensiones adquiridas	116'5 mm x 60'5 mm x 22'8 mm
Volumen tras el secado	160.700'1 mm <sup>3</sup>

Tabla 48: Resultados de las mediciones realizadas a la probeta de árido algínico reutilizado n°3

<b>Volumen y peso</b>	
Volumen inicial: 203.125 mm <sup>3</sup> (100%)	Peso inicial: 225 gr (100%)
Volumen final: 160.700'1 mm <sup>3</sup> (79%)	Peso tras el secado: 109 gr (48'4%)
Reducción de volumen por retracción: 21%	Pérdida de peso por secado: 51'5%

Tabla 49: Datos obtenidos en el cálculo de reducción de volumen y peso de la probeta de árido algínico reutilizado n°3

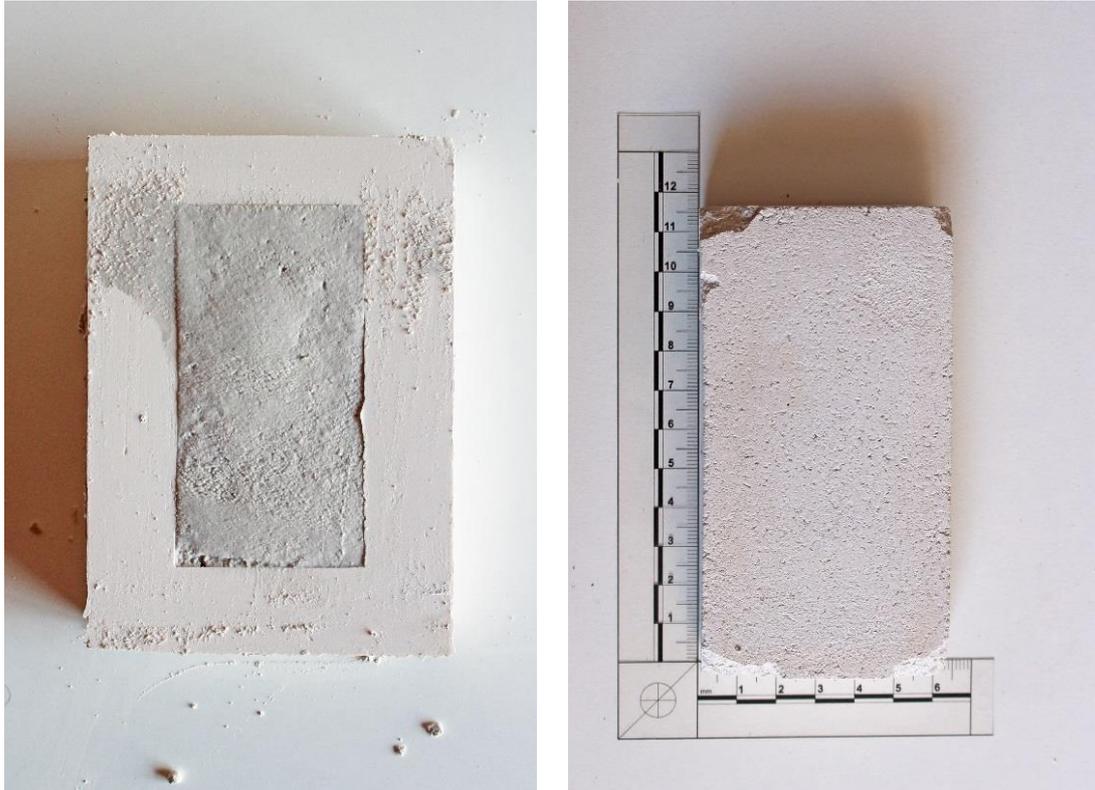


Figura 68: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Izquierda: *probeta n°3*. Composición de materia húmeda en el interior del molde de silicona. Derecha: *probeta n°3* tras el proceso de secado. Fotografía digital.

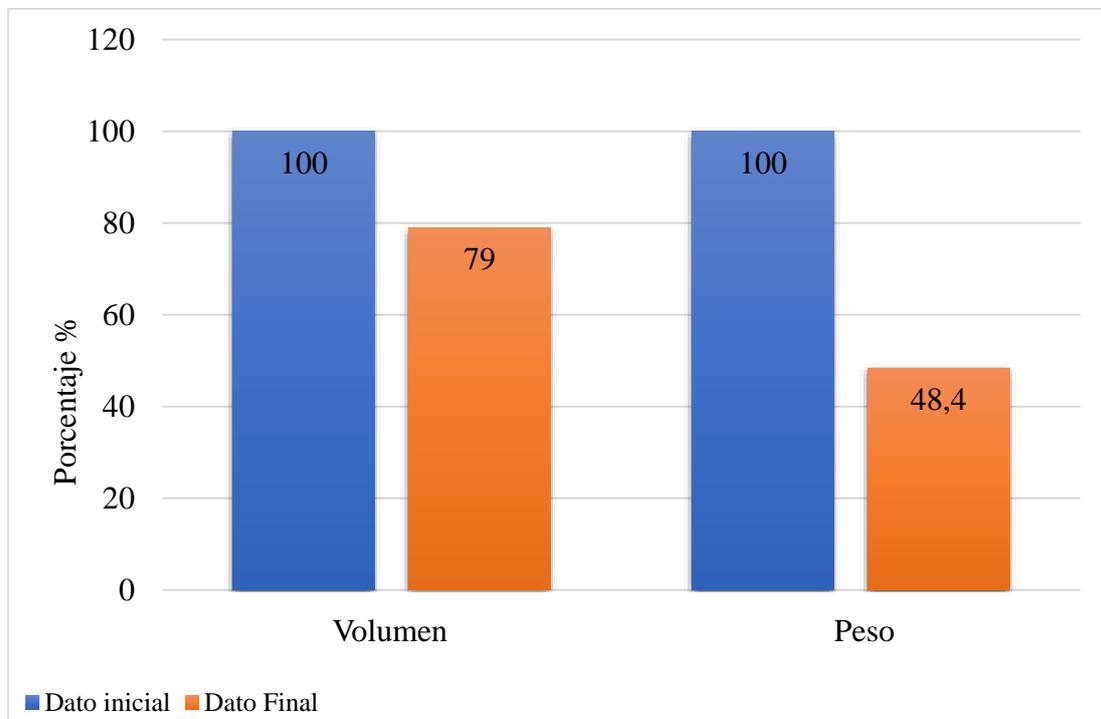
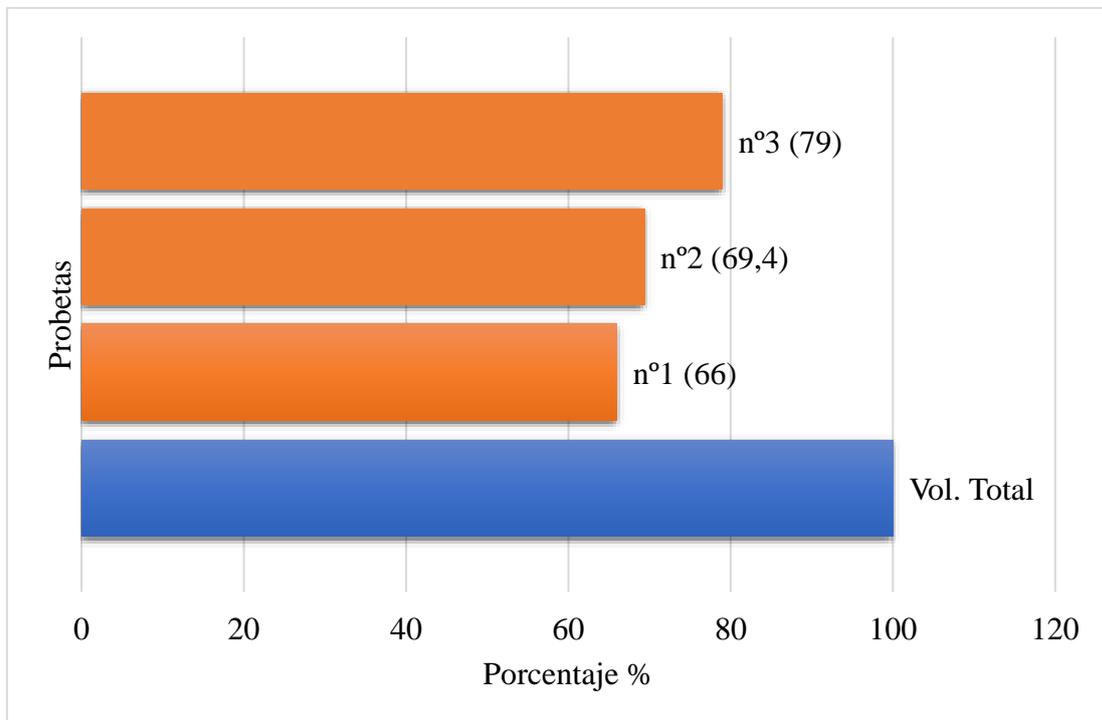


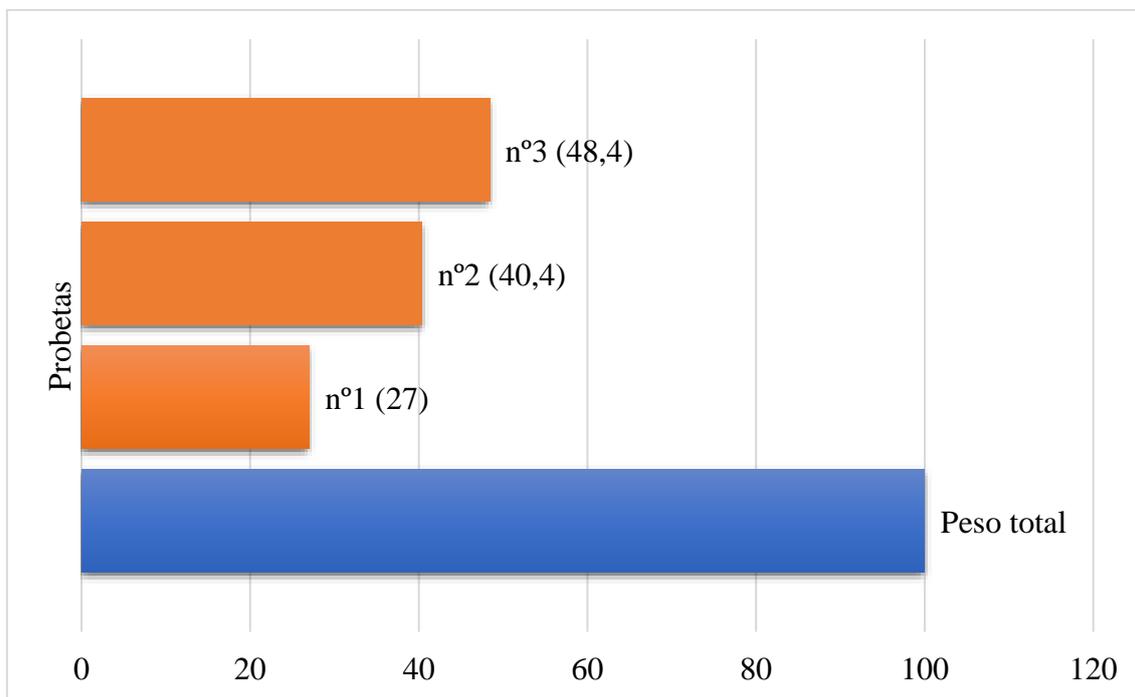
Figura 69: Gráfica comparativa de reducción en volumen y peso.

**Gráfica comparativa entre la reducción de volumen del total de muestras.**



*Figura 70: Gráfica comparativa de reducción en volumen de las muestras.*

**Gráfica comparativa entre la reducción de peso del total de muestras.**



*Figura 71: Gráfica comparativa de reducción de peso de todas las muestras.*

## 6.7. Estudio de probetas. Árido algínico + escayola E-35.

El árido algínico reutilizado actúa de una manera similar que la materia primigenia. Las probetas n°1 y n°2 compuestas por pasta de árido algínico seca, no han sido desmoldeadas debido a que la corporeidad de las mismas ha sido insuficiente para extraerlas del molde. Solamente una vez se inicia el proceso de secado y la pieza comienza a sufrir la retracción, es posible extraerla con precaución. No obstante, las características físicas que se pretenden obtener son insuficientes, dado que gran parte del poder de cohesión que el árido algínico poseía en un principio, se pierde tras su reutilización. El aumento de su capacidad higroscópica dificulta el proceso de secado prolongándolo durante días. El resultado es una materia que no es apta para su introducción en procesos de reproducción escultórica.

Con el propósito de lograr la versatilidad de usos del árido algínico, en la composición de las siguientes probetas se ha introducido una pequeña parte de escayola E-35. Dado que los procesos de retracción son inherentes a la naturaleza de esta materia, se ha optado por dosificar pequeñas cantidades de escayola E-35 como materia reactiva, de tal manera que aunque la pieza expulse agua, tenga un proceso de fraguado para que la retracción no produzca un cambio dimensional tan brusco. Obtenemos de este modo, una materia que, aunque más resistente a la acción del agua, tendrá mejores cualidades de registro de la superficie a moldear. A medida que se han confeccionado las probetas, se ha incrementado la cantidad de escayola E-35 con el fin de estudiar el índice de retracción de retracción de cada una para obtener unas proporciones de mezcla exactas de escayola E-35, árido algínico y agua. A medida que aumentemos las proporciones de escayola E-35, el proceso de mezclado de materia será más difícil debido al aumento de polvo y disminución de agua en las proporciones. En base a este dato y a medida que aumentemos las proporciones, aquellas que ofrezcan cantidades que no se puedan mezclar, serán descartadas dado que no podrá producirse el fraguado de la materia.

La expulsión de agua de las probetas compuestas de pasta de árido algínico seco, provoca un proceso de retracción que hace que la pieza reduzca su tamaño hasta un 40 %. Según los datos obtenidos en las anteriores probetas, **la escayola añadida complementa al sulfato cálcico contenido en la composición química del árido algínico** para acelerar

el proceso de fraguado y endurecimiento. Con esta parte de sulfato cálcico añadido, se elimina un porcentaje considerable de la reducción de la probeta reproducida.

Finalmente, el propósito de añadir un componente reactivo en la mezcla que disminuya los procesos de retracción, es el de introducir este mortero como un posible agente auxiliar a base de árido algínico que endurezca, registre o se acople en la superficie en la que se aplique y continúe teniendo cualidades higroscópicas, siendo vulnerable a grandes cantidades de agua.

<b>Probeta n°1</b>	
Composición	50 gr de árido algínico y 25 gr de E-35 por cada 125 gr de agua.
Dimensiones iniciales	125 mm x 65 mm x 25 mm
Volumen inicial	203.125 mm <sup>3</sup>
Peso inicial	300 gr <sup>50</sup>
Tiempo de secado	2 días
Dimensiones tras el secado	109'3 mm x 56'9 mm x 22'6 mm
Volumen tras el secado	140.553 mm <sup>3</sup>

Tabla 50: Resultados de las mediciones realizadas a la probeta de árido algínico y escayola E-35 n°1.

<b>Volumen y peso</b>	
Volumen inicial: 203.125 mm <sup>3</sup> (100%)	Peso inicial: 300 gr (100%)
Volumen final: 140.553 mm <sup>3</sup> (69'2%)	Peso tras el secado: 92 gr (30'6%)
Reducción de volumen por retracción: 30'8%	Pérdida de peso por secado: 69'3%

Tabla 51: Datos obtenidos en el cálculo de reducción de volumen y peso de la probeta de árido algínico y escayola E-35 n°1.

---

<sup>50</sup> Las cantidades han sido aumentadas de manera proporcional para rellenar el molde de la probeta al máximo.

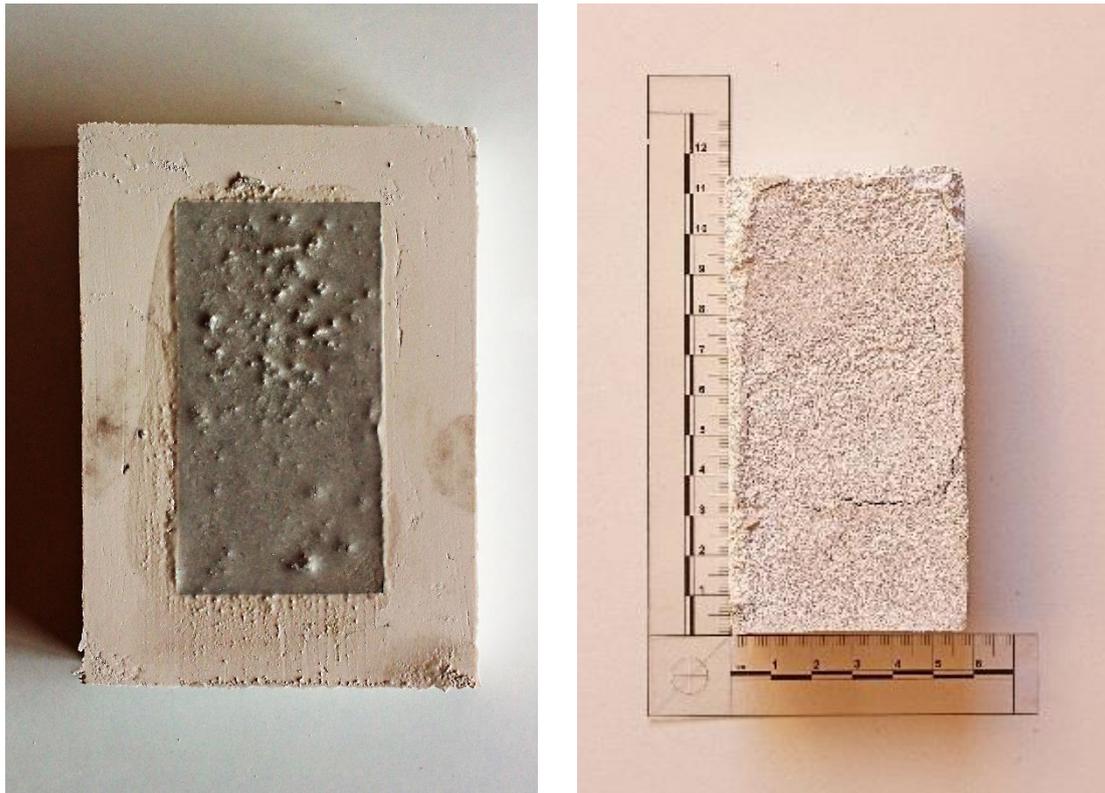


Figura 72: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Izquierda: *probeta n°1*. Composición de árido algínico y escayola E-35 húmeda en el interior del molde de silicona. Derecha: *probeta n°1* tras el proceso de fraguado. Fotografía digital.

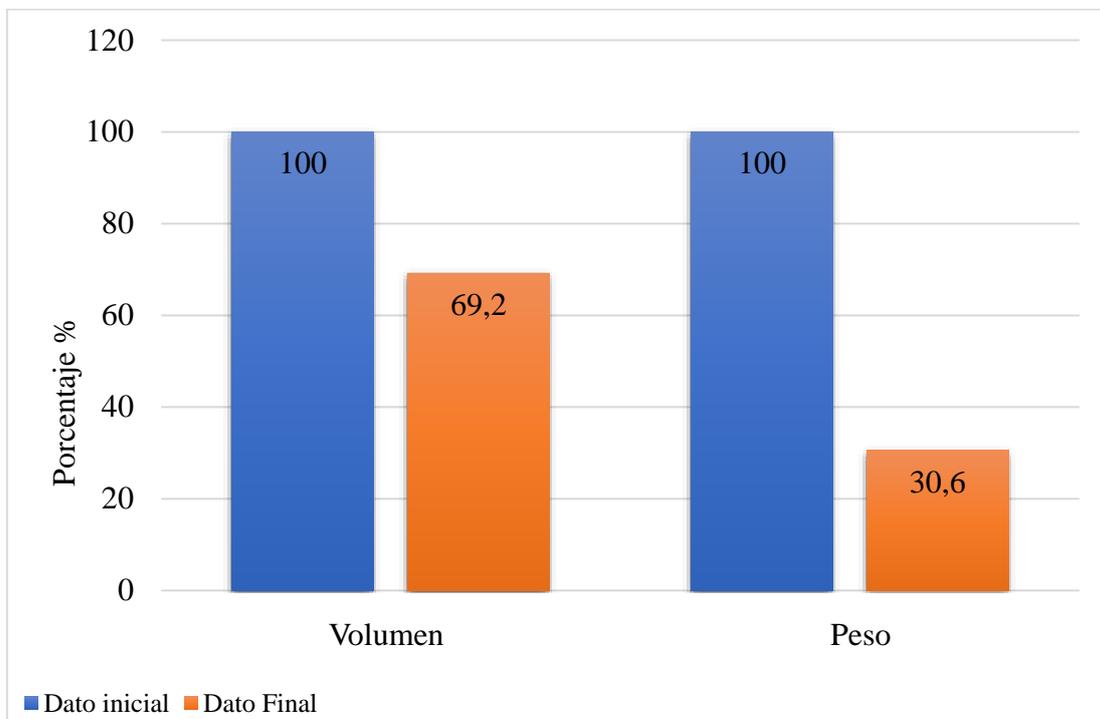


Figura 73: Gráfica comparativa de reducción en volumen y peso.

<b>Probeta n°2</b>	
Composición	100 gr de árido algínico y 10 gr de escayola E-35 por cada 150 gr de agua
Dimensiones iniciales	125 mm x 65 mm x 25 mm
Volumen inicial	203.125 mm <sup>3</sup>
Peso inicial	270 gr
Tiempo de secado	3 días
Dimensiones tras el secado	113'2 mm x 59'3 mm x 22'8 mm
Volumen tras el secado	153.050 mm <sup>3</sup>
Peso tras el secado	112 gr
Retracción	24'7 %

Tabla 52: Resultados de las mediciones realizadas a la probeta de árido algínico y escayola E-35 n°2.

<b>Volumen y peso</b>	
Volumen inicial: 203.125 mm <sup>3</sup> (100%)	Peso inicial: 270 gr (100%)
Volumen final: 153.050 mm <sup>3</sup> (75'3%)	Peso tras el secado: 112 gr (41'4%)
Reducción de volumen por retracción: 24'7%	Pérdida de peso por secado: 58'5%

Tabla 53: Datos obtenidos en el cálculo de reducción de volumen y peso de la probeta de árido algínico y escayola E-35 n°2.

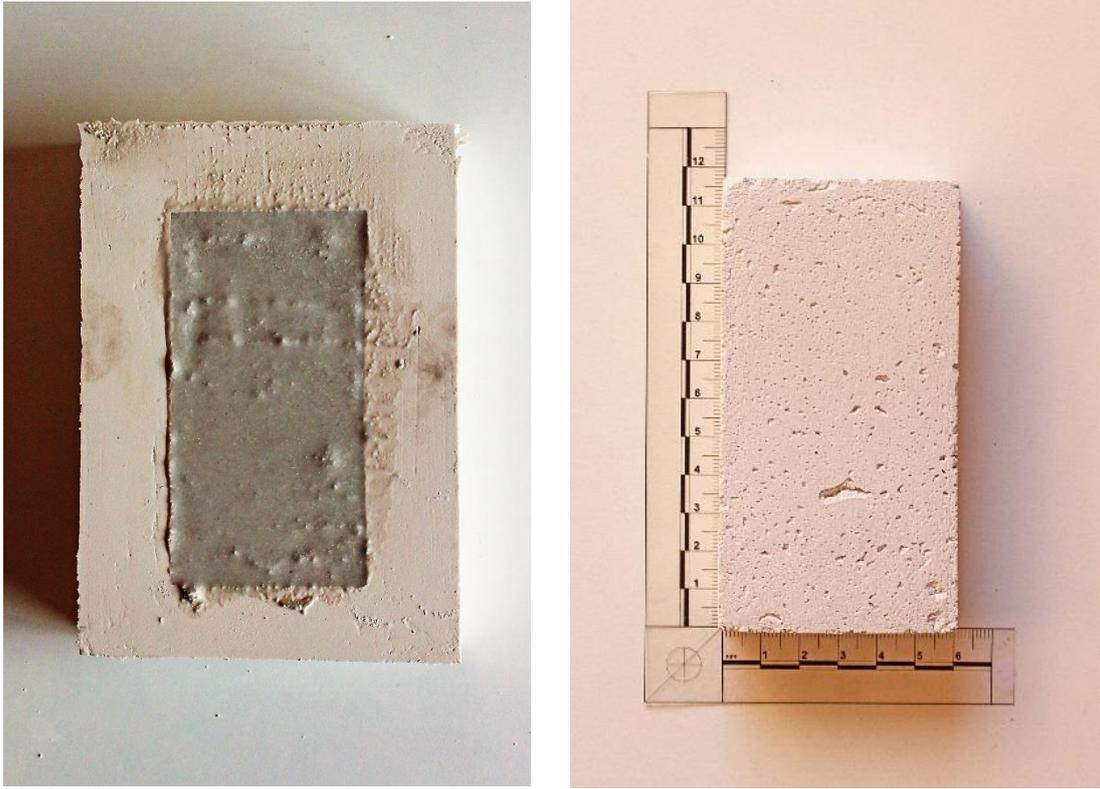


Figura 74: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Izquierda: probeta n°2. Composición de árido algínico y escayola E-35 húmeda en el interior del molde de silicona. Derecha: probeta n°2 tras el proceso de fraguado. Fotografía digital.

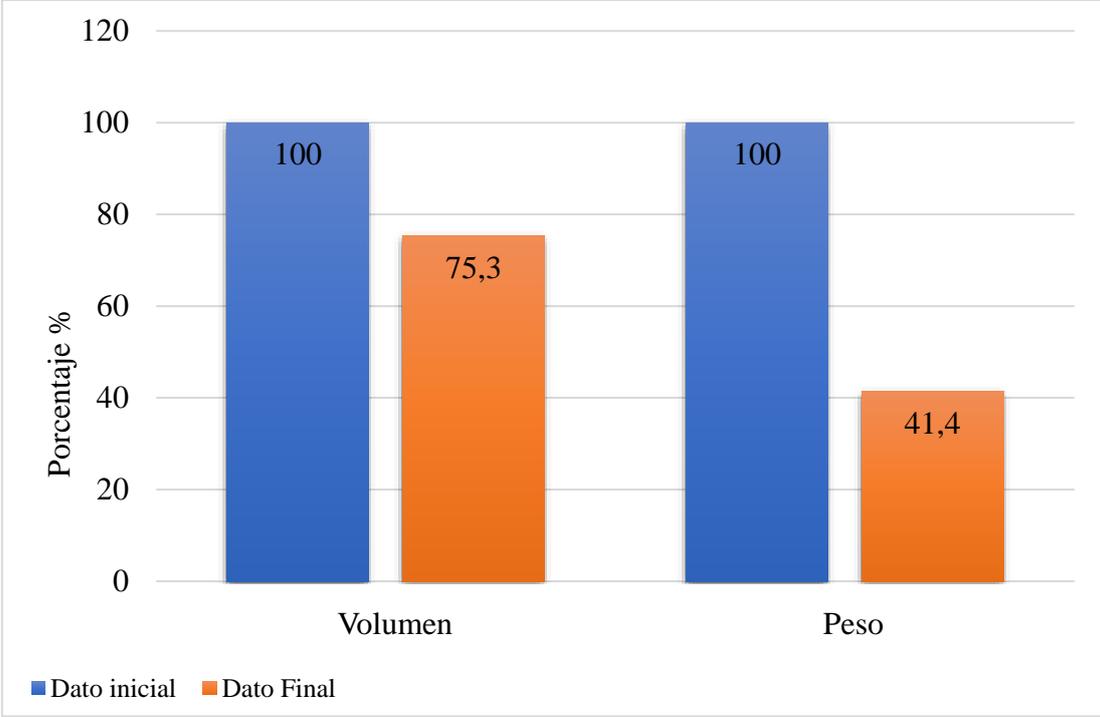


Figura 75: Gráfica comparativa de reducción en volumen y peso.

<b>Probeta n°3</b>	
Composición	100 gr de árido algínico y 15 gr de escayola E-35 por cada 150 gr de agua.
Dimensiones iniciales	125 mm x 65 mm x 25 mm
Volumen inicial	203.125 mm <sup>3</sup>
Peso inicial	265 gr
Tiempo de secado	3 días
Dimensiones tras el secado	114'3 mm x 59'8 mm x 23'3 mm
Volumen tras el secado	159.258 mm <sup>3</sup>
Peso tras el secado	117 gr
Retracción	21'6 %

*Tabla 54:* Resultados de las mediciones realizadas a la probeta de árido algínico y escayola E-35 n°3.

<b>Volumen y peso</b>	
Volumen inicial: 203.125 mm <sup>3</sup> (100%)	Peso inicial: 265 gr (100%)
Volumen final: 159.258 mm <sup>3</sup> (78'4%)	Peso tras el secado: 117 gr (44'1%)
Reducción de volumen por retracción: 21'6%	Pérdida de peso por secado: 55'8%

*Tabla 55:* Datos obtenidos en el cálculo de reducción de volumen y peso de la probeta de árido algínico y escayola E-35 n°3.

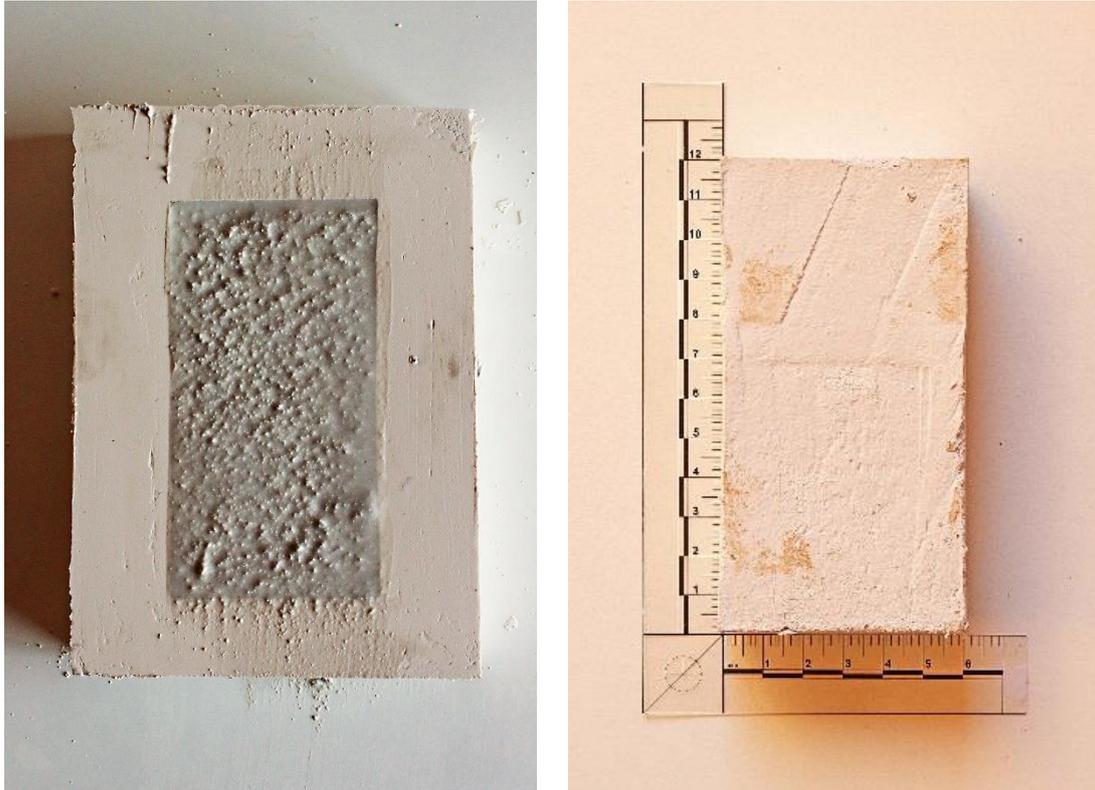


Figura 76: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Izquierda: *probeta n°3*. Composición de árido algínico y escayola E-35 húmeda en el interior del molde de silicona. Derecha: *probeta n°3* tras el proceso de fraguado. Fotografía digital.

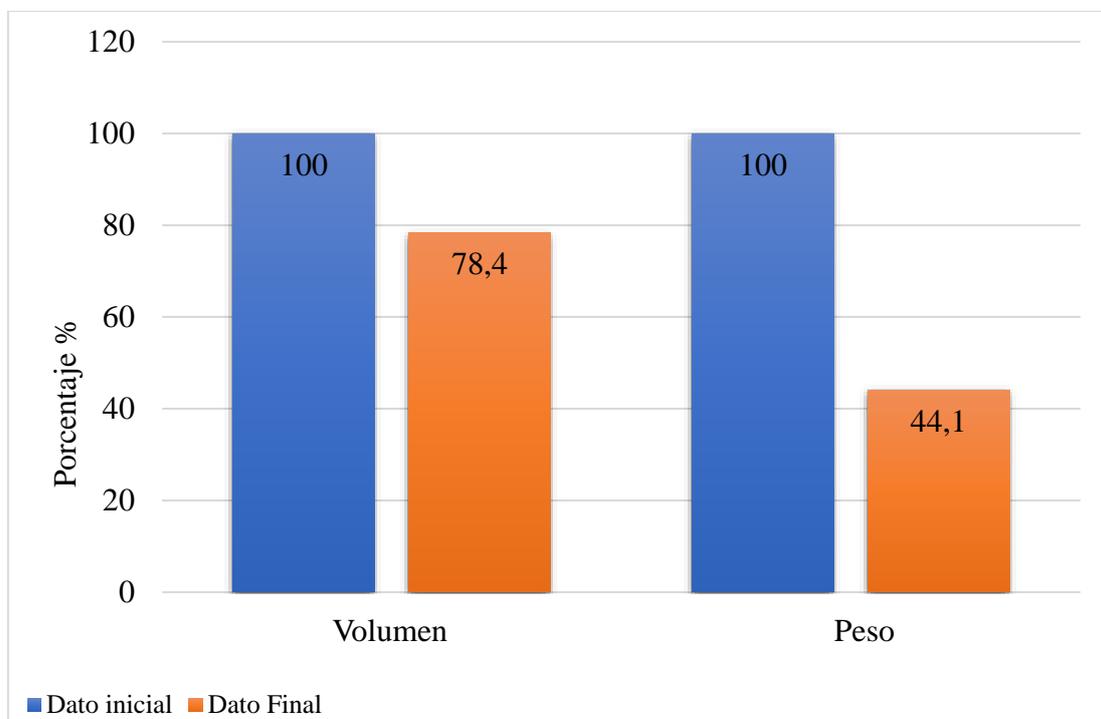


Figura 77: Gráfica comparativa de reducción en volumen y peso.

<b>Probeta n°4</b>	
Composición	100 gr de árido algínico y 20 gr de escayola E-35 por cada 150 gr de agua.
Dimensiones iniciales	125 mm x 65 mm x 25 mm
Volumen inicial	203.125 mm <sup>3</sup>
Peso inicial	260 gr
Tiempo de secado	3 días
Dimensiones tras el secado	118'2 mm x 61'8 mm x 24'2 mm
Volumen tras el secado	176.775 mm <sup>3</sup>
Peso tras el secado	118 gr
Retracción	12'9 %

Tabla 56: Resultados de las mediciones realizadas a la probeta de árido algínico y escayola E-35 n°4.

<b>Volumen y peso</b>	
Volumen inicial: 203.125 mm <sup>3</sup> (100%)	Peso inicial: 260 gr (100%)
Volumen final: 176.775 mm <sup>3</sup> (87'1%)	Peso tras el secado: 118 gr (45'3%)
Reducción de volumen por retracción: 12'9%	Pérdida de peso por secado: 54'6%

Tabla 57: Datos obtenidos en el cálculo de reducción de volumen y peso de la probeta de árido algínico y escayola E-35 n°4.

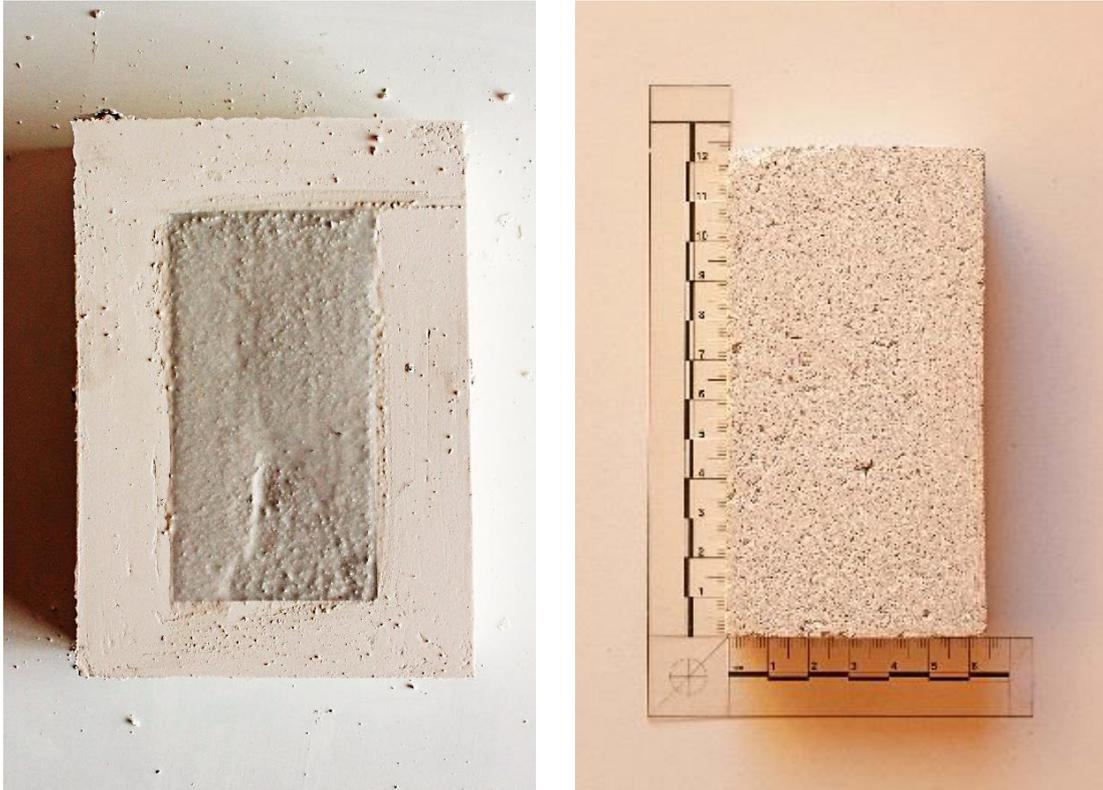


Figura 78: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Izquierda: probeta n°4. Composición de árido algínico y escayola E-35 húmeda en el interior del molde de silicona. Derecha: probeta n°4 tras el proceso de fraguado. Fotografía digital.

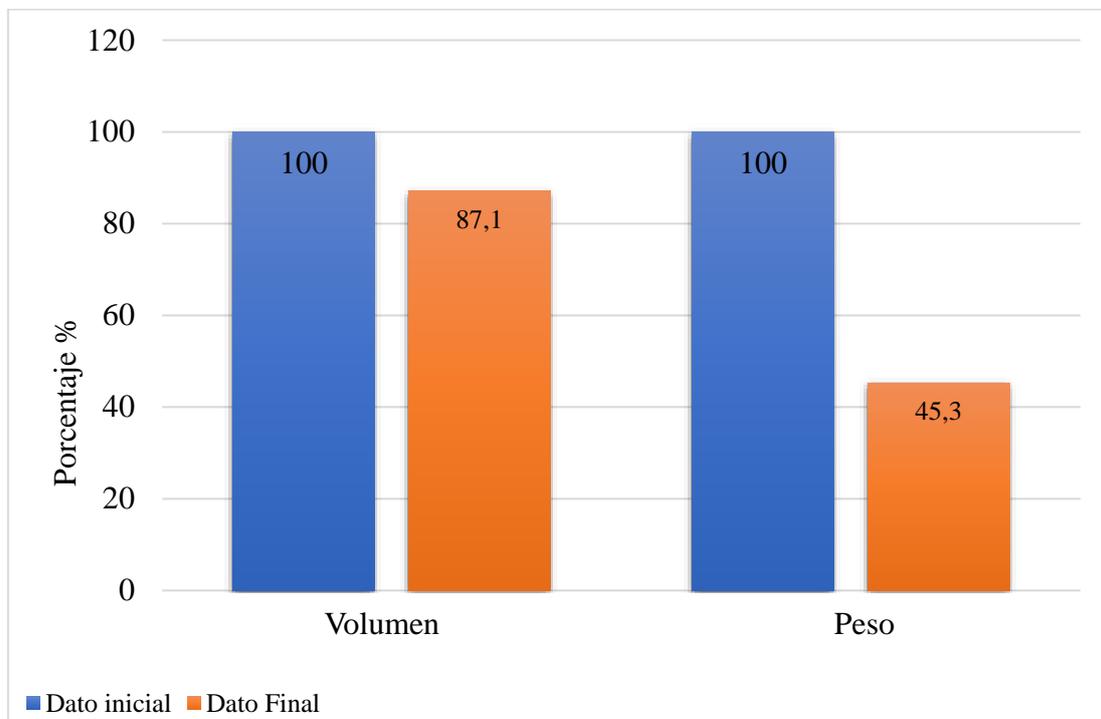


Figura 79: Gráfica comparativa de reducción en volumen y peso.

<b>Probeta n°5</b>	
Composición	100 gr de árido algínico y 35 gr de escayola E-35 por cada 160 gr de agua.
Dimensiones iniciales	125 mm x 65 mm x 25 mm
Volumen inicial	203.125 mm <sup>3</sup>
Peso inicial	294 gr
Tiempo de secado	2 días
Dimensiones tras el secado	111'8 mm x 60,4 mm x 24'9 mm
Volumen tras el secado	168.142 mm <sup>3</sup>
Peso tras el secado	127 gr
Retracción	17'2%

Tabla 58: Resultados de las mediciones realizadas a la probeta de árido algínico y escayola E-35 n°5.

<b>Volumen y peso</b>	
Volumen inicial: 203.125 mm <sup>3</sup> (100%)	Peso inicial: 194 gr (100%)
Volumen final: 168.142 mm <sup>3</sup> (82'7%)	Peso tras el secado: 127 gr (43'1%)
Reducción de volumen por retracción: 17'2%	Pérdida de peso por secado: 56'8%

Tabla 59: Datos obtenidos en el cálculo de reducción de volumen y peso de la probeta de árido algínico y escayola E-35 n°5.

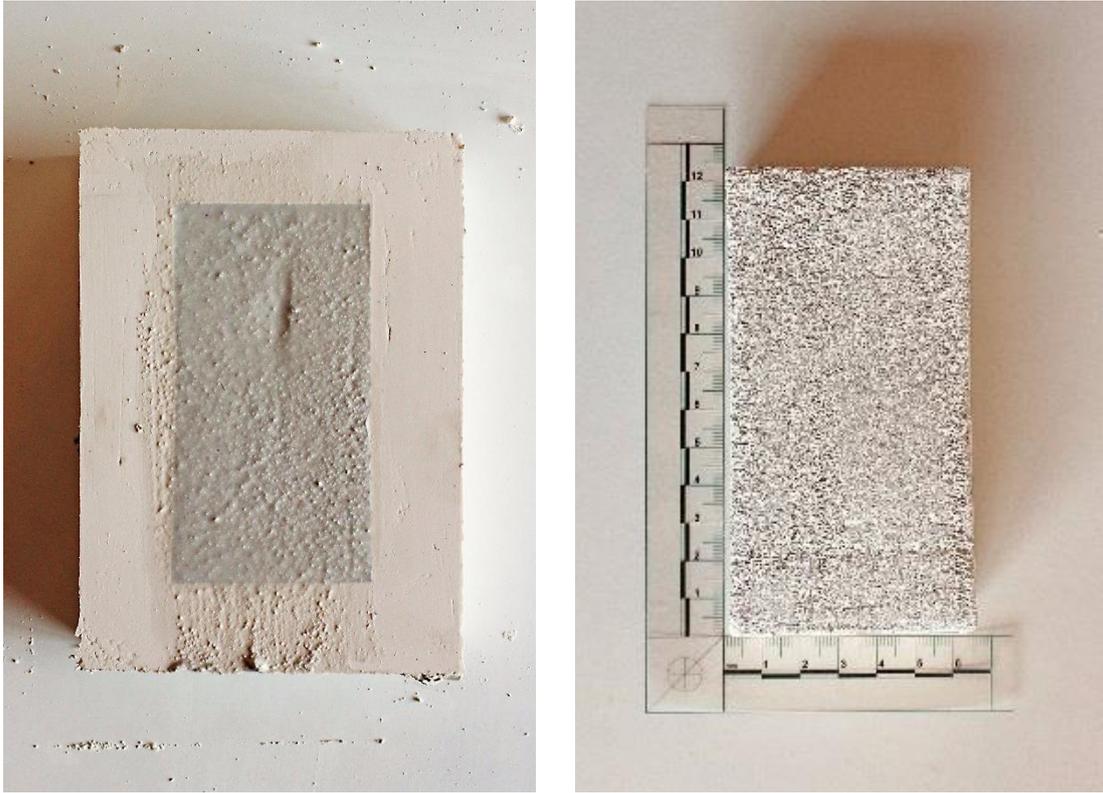


Figura 80: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Izquierda: *probeta n°5*. Composición de árido algínico y escayola E-35 húmeda en el interior del molde de silicona. Derecha: *probeta n°5* tras el proceso de fraguado. Fotografía digital.

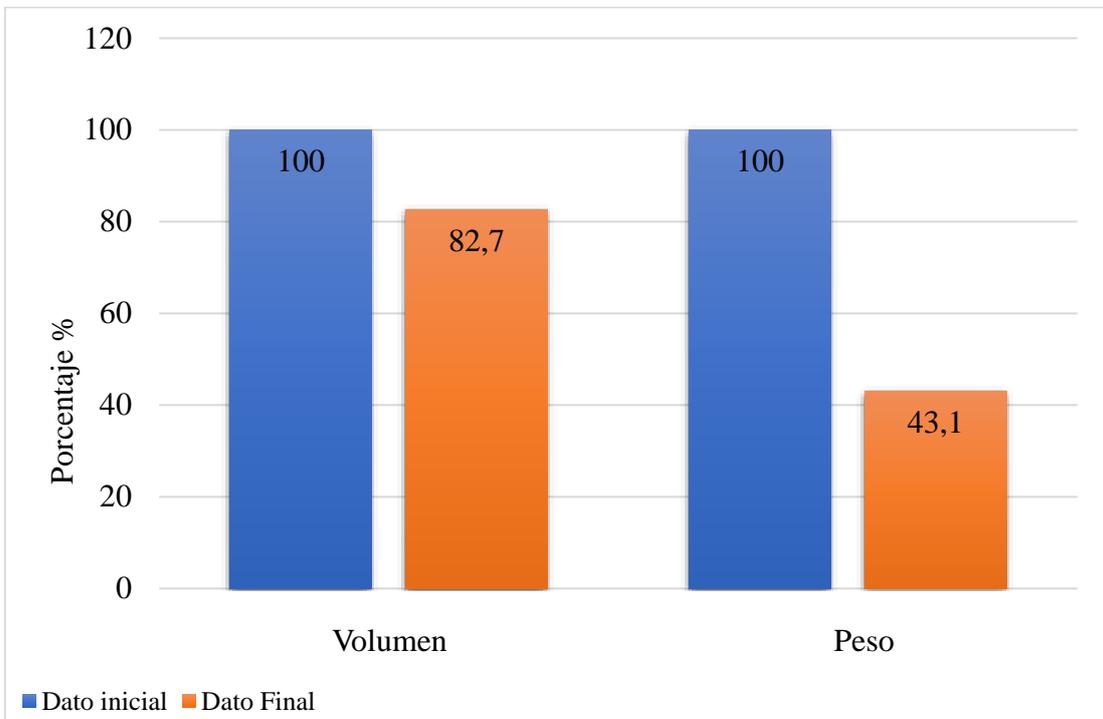


Figura 81: Gráfica comparativa de reducción en volumen y peso.

<b>Probeta n°6</b>	
Composición	100 gr de árido algínico y 60 gr de escayola E-35 por cada 170 gr de agua.
Dimensiones iniciales	125 mm x 65 mm x 25 mm
Volumen inicial	203.125 mm <sup>3</sup>
Peso inicial	327 gr
Tiempo de secado	1 día
Dimensiones tras el secado	121'9 mm x 64'1 mm x 24'2 mm
Volumen tras el secado	189.093 mm <sup>3</sup>
Peso tras el secado	151 gr
Retracción	6,9 %

Tabla 60: Resultados de las mediciones realizadas a la probeta de árido algínico y escayola E-35 n°6.

<b>Volumen y peso</b>	
Volumen inicial: 203.125 mm <sup>3</sup> (100%)	Peso inicial: 327 gr (100%)
Volumen final: 189.093 mm <sup>3</sup> (93'1%)	Peso tras el secado: 151 gr (46'1%)
Reducción de volumen por retracción: 6'9%	Pérdida de peso por secado: 53'8%

Tabla 61: Datos obtenidos en el cálculo de reducción de volumen y peso de la probeta de árido algínico y escayola E-35 n°6.

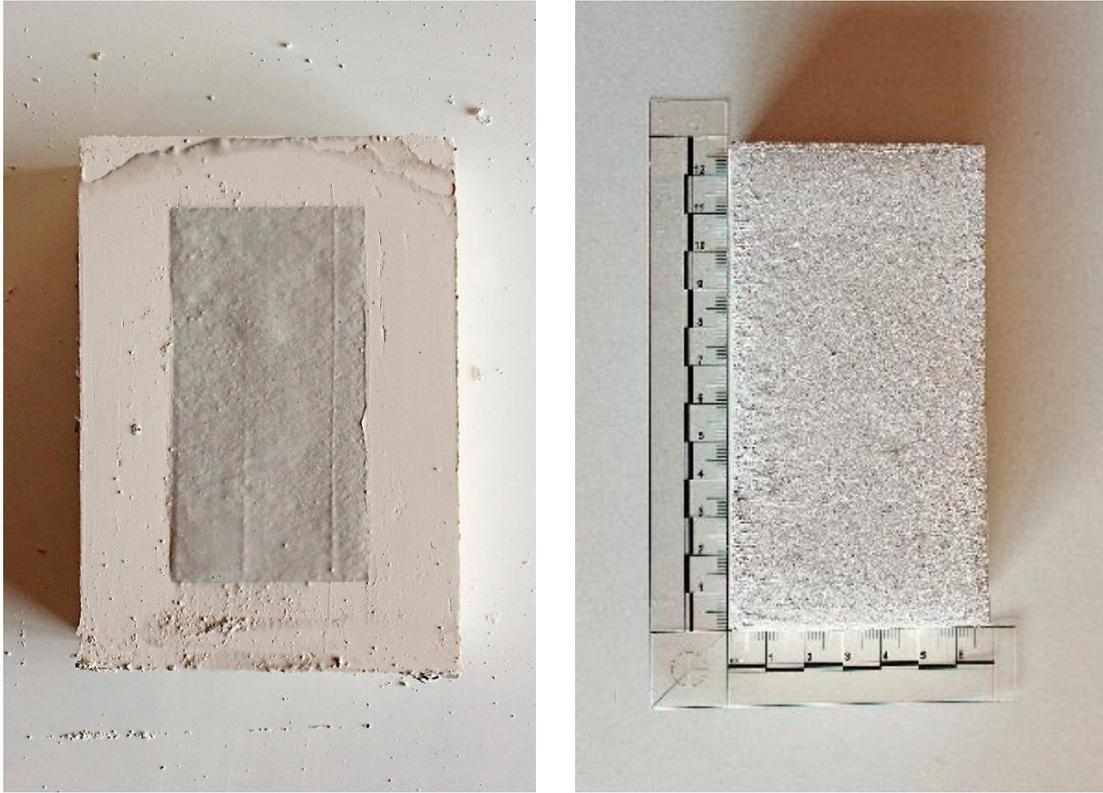


Figura 82: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Izquierda: probeta n°6. Composición de árido algínico y escayola E-35 húmeda en el interior del molde de silicona. Derecha: probeta n°6 tras el proceso de fraguado. Fotografía digital.

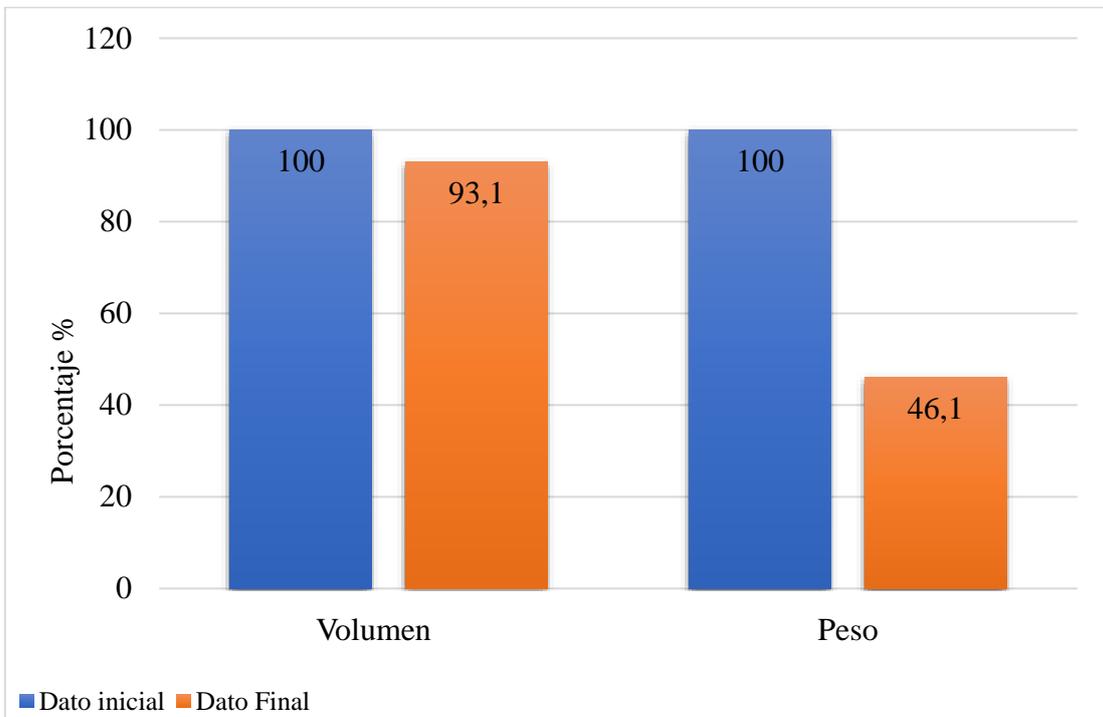
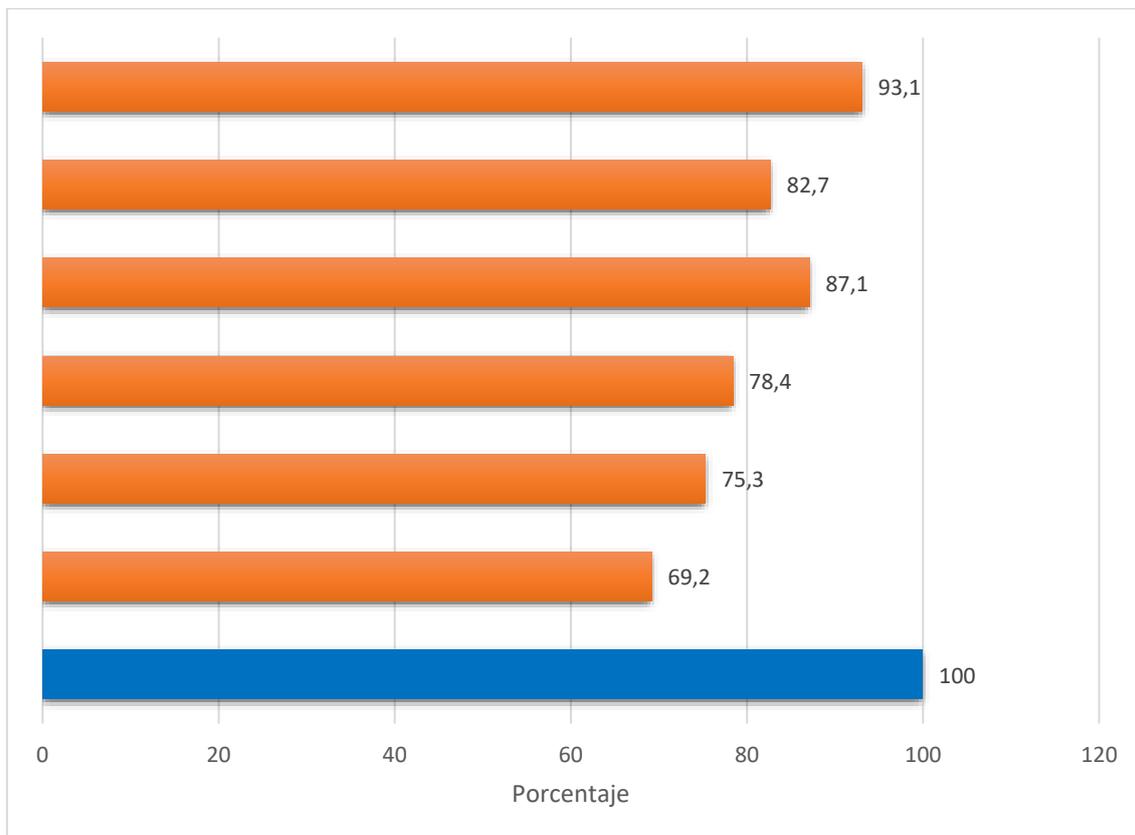


Figura 83: Gráfica comparativa de reducción en volumen y peso.

**Gráfica comparativa entre la reducción de volumen del total de las muestras.**



*Figura 84: Gráfica comparativa de reducción de volumen del total de las muestras.*

## Gráfica comparativa entre la reducción de peso del total de las muestras.

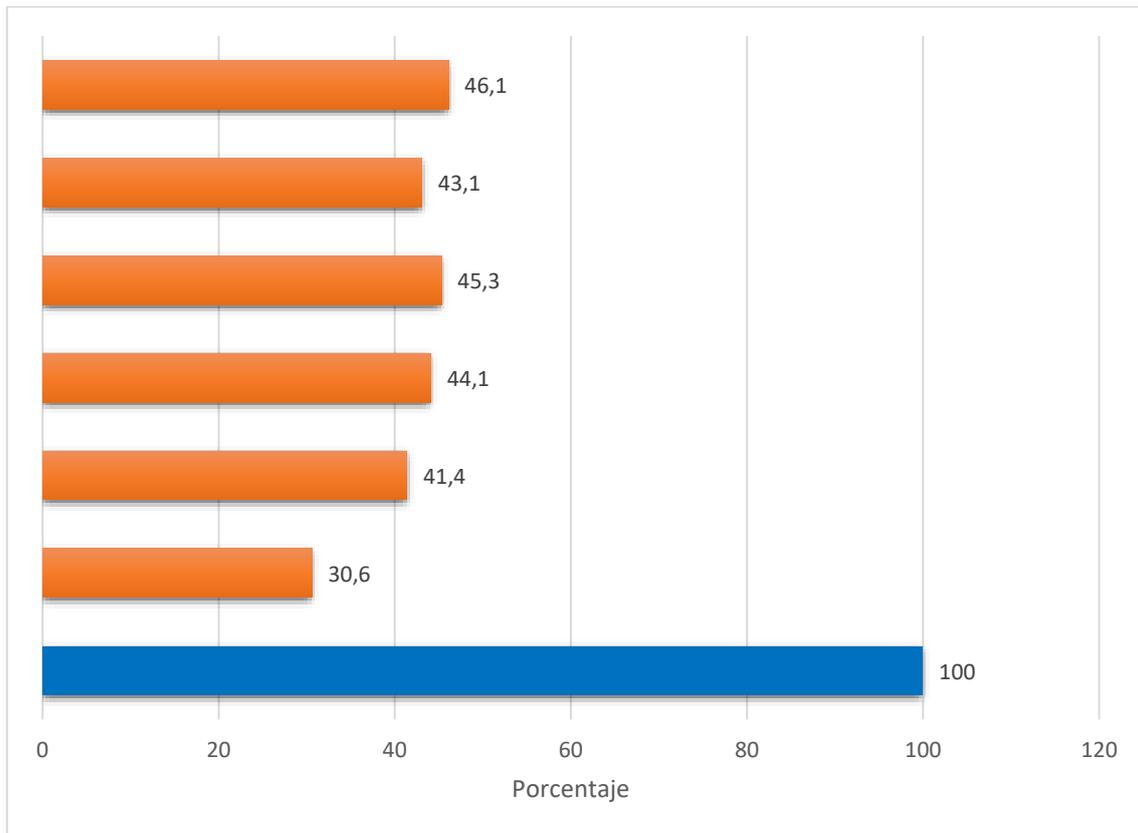


Figura 85: Gráfica comparativa de reducción de peso del total de las muestras.

## **6.8. Conclusiones parciales obtenidas en el estudio de probetas.**

### **Conclusiones. Probetas de Alginato.**

- Toda la gama de alginatos dentales comparte las mismas características, a excepción del alginato no dental 911 de IDEPO de larga duración, cuyo tiempo de mezcla trabajo y aplicación es mayor. (IDEPO Siliconas para Moldes y Resinas, s.f.).
- Todas las variedades de alginatos experimentan una variación dimensional uniforme a consecuencia de la pérdida de agua.
- Tal y como se aprecia en las gráficas comparativas de peso y volumen de cada una de las variedades de alginato, se produce una pérdida sustancial de peso en comparación al volumen.
- Al mezclar alginatos en polvo de distintas marcas obtenemos un gel que en cierta medida comparte las características de las gamas utilizadas. Si en la mixtura empleamos un alginato de fraguado rápido junto con otro de fraguado lento, las características se atenuarán obteniendo un tiempo de mezclado, trabajo y fraguado que se situará entre los dos.

### Conclusiones. Probetas de árido algínico.

- El estudio de los resultados de las pruebas empíricas muestra que el árido algínico conserva la capacidad de absorber agua en estado pulverulento, debido a que es el resultado del reciclaje de un coloide liófilo. Este dato nos ha permitido obtener proporciones exactas para combinarlo con la escayola, obteniendo como resultado una materia que tiene la capacidad de cohesionar y formar una pasta maleable con proporciones determinadas de agua.
- Las condiciones de secado de la probeta en contacto permanente con agua, han propiciado la aparición de moho en su superficie.
- El árido algínico inicia un proceso de sinéresis al igual que el alginato. La consecuente retracción puede corregirse gracias a sus tiempos más prolongados, añadiendo más cantidad de árido algínico ex profeso que a su vez, disminuye el tiempo de secado.
- La transformación de los desechos de alginato en árido nos permite reutilizar la materia, una vez concluidas sus fases, proporcionando un nuevo uso y mayor durabilidad.



Figura 86: José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Ampliación de los estados matéricos del alginato dental*. Fotografía digital.

- Con un aporte considerable de agua, se genera un fluido espeso que tarda varias semanas en secar. En situaciones de humedad alta tiende a producir colonias de moho.

- Exceptuando la gelificación y la tixotropía, la mezcla del árido con agua experimenta ciclos similares a los del alginato en estado comercial. La viscosidad, la compactación y los procesos de sinéresis, son características que se transfieren al árido, aunque la materia haya concluido sus ciclos.
- El aprovechamiento de las características transmitidas de adherencia, compactación y solidificación, solamente son aprovechables hasta un segundo reciclaje. A partir de la tercera manipulación, la materia se vuelve completamente inservible.
- El árido algínico posee unas características de adherencia muy distintas a la de la escayola, siendo para esta imposible de compactarse en condiciones similares a las del árido algínico (*figura 87*).



*Figura 87: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Materia constitutiva de la probeta de escayola E-35 fraguada micronizada. Fotografía digital.*

### **Probetas de árido algínico reutilizado.**

- La reutilización del árido, una vez ha sido mezclado con agua, da como resultado una materia más liviana y quebradiza.
- Las condiciones en las que el árido es mezclado nuevamente con agua, hacen que transcurrido el periodo de secado, la materia sea más porosa.
- La retracción es menor, al igual que las características de viscosidad y dureza.
- El material no presenta ningún tipo de resistencia hasta que ha secado totalmente.
- Aunque no con la misma adherencia, el polvo reutilizado también tiende a compactarse formando una pasta parcialmente maleable. Asimismo, la mezcla con el polvo reutilizado tiende a iniciar un proceso de retracción a medida que pierde el agua, aunque esta pérdida de agua, no se lleva a cabo de una manera tan brusca como con la materia recién micronizada, sino que transcurre de manera gradual.

### **Probetas de árido algínico y escayola E-35.**

- Con la adición de escayola al árido algínico, el proceso de retracción disminuye considerablemente, al añadir más sulfato cálcico que acelere el fraguado de la materia.
- Es una materia totalmente compatible con el estado en que se presenta la escayola de manera comercial.
- El árido algínico se aplica en proporciones determinadas en función de la cantidad de escayola. Aplicar más proporciones de las debidas debilita la escayola, obteniendo un producto frágil, quebradizo y del mismo modo disgregable en contacto con una fuente de hidratación.

- El alginato posee un 16 % de sulfato cálcico en su composición comercial. La compactación de los residuos de alginato que son transformados en árido, se produce debido a que el sulfato cálcico no se hidrata en su totalidad. El alginato mezclado con agua forma las cadenas poliméricas que absorben parte del ion calcio de ese 16 % de sulfato cálcico. La parte restante, se hidrata sin llegar a obtener las 2 moléculas de agua, quedando oculta en el gel fraguado que posteriormente es transformado en árido.
- Por otra parte, la sal de alginato empleada aún puede tener un mínimo porcentaje de residuos de ácidos gularónico y manurónico que vuelvan a reactivar la viscosidad de la materia.
- Describiéndose el árido algínico como un modificador de fraguado, del mismo modo que modifica el proceso de retracción, peso y dureza del mortero en el que se aplica, puede utilizarse de manera inversa. Los resultados obtenidos indican que la introducción de pequeñas proporciones del árido algínico en una mezcla común de escayola y agua, restaría un porcentaje de peso a la reproducción sin variar las características de la escayola y su fraguado.

**Ensayo empírico 2.**  
**Pruebas de inmersión.**

## 6.9. Método empleado.

El desarrollo de los siguientes ensayos está basado en la inmersión de las probetas compuestas por árido algínico y agua para comprobar su capacidad de absorción. Las probetas secas, son introducidas en un recipiente transparente lleno de agua, en el que se ha realizado la observación (*tabla 1*). Durante el proceso de absorción de agua, la probeta comienza a agrietarse. Con la aparición de las primeras grietas se ha medido el tiempo desde su inmersión hasta su disgregación. Finalmente, la pieza se ha manipulado con el propósito de conocer su nivel de disgregabilidad al extraerla del agua.

<b>Parámetros de estudio en la prueba de inmersión</b>	
Composición	Cada uno de los componentes que conforma la probeta.
Tiempo de absorción parcial de agua	Periodo de tiempo que transcurre desde que la probeta es sumergida hasta que se hunde en el fondo del recipiente.
Inicio de agrietado de la pieza	Periodo de tiempo comprendido desde que la probeta es sumergida hasta la aparición de las primeras grietas.
Aumento por absorción	Periodo de tiempo comprendido desde que la probeta es sumergida hasta que su volumen aumenta por una continua absorción de agua.
Rotura total de la superficie	Periodo de tiempo comprendido desde que la probeta es sumergida hasta que su superficie está completamente rota.
Rotura al manipular	Este parámetro indica si la probeta, una vez rota, soporta el contacto manual.

*Tabla 1:* Parámetros de estudio para las probetas en la prueba de inmersión

Cada probeta muestra un comportamiento distinto en función de las proporciones de árido algínico que contenga, prestando especial atención a la higroscopicidad del material. Con este tipo de pruebas se pretende demostrar que el árido algínico presenta cualidades de solubilidad y disgregación cuando es sometido a una fuente continua de agua o es

sumergido en ella. De este modo los microgránulos fuertemente adheridos que forman la superficie de la probeta, se separan en cuestión de pocos minutos quedando totalmente liberados. Estas pruebas se han acometido tanto con las probetas cuyo árido ha sido directamente extraído del alginato dental como con probetas de árido algínico reutilizado.

### **Medidas de precaución.**

El árido algínico fluidificado queda adherido a la piel, mostrando en ocasiones (según las proporciones) cierta dificultad para eliminarlo. Como medida de prevención higiénica e hipoalergénica se han utilizado guantes de látex en todo momento que ha habido exposición o contacto con la materia húmeda.



Uso de guantes de látex.

## 6.10. Observaciones previas. Capacidad higroscópica, disgregación y solubilización.

Una de las cuestiones fundamentales que hemos estudiado para poder llevar a cabo una correcta medición de la solubilidad del árido algínico es su punto máximo de absorción de agua. El índice de absorción de la materia nos indica la cantidad de agua que puede absorber a través de sus poros. A medida que aumenta la higroscopicidad de la materia, mayor es su índice de absorción. A mayor cantidad de agua absorbida, la pieza ofrecerá una mayor debilidad, hasta el punto de desmoronarse por sí misma o tornar a soluble. Recordemos que los microgránulos que componen la probeta se adhieren por medio de la viscosidad de la materia, reactivada nuevamente por contacto con el agua. Esta primera prueba de solubilización se ha llevado a cabo sumergiendo un fragmento solidificado de la pasta compuesta de árido algínico, constituido por agua y polvo en partes iguales (*figura 1*).



*Figura 1:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Primera prueba de inmersión*. Fotografía digital. Proceso de absorción de agua de fragmento solidificado constituido únicamente por árido algínico.

Este fragmento solidificado forma parte de las primeras observaciones de la materia en cuanto a adhesión y compactación. Al introducir fragmentos solidificados de pasta de árido algínico en agua, estos tienden a flotar. Se produce una rápida absorción del agua acompañada por un sonido burbujeante (*figura 2*). El hecho de que el fragmento flote, indica que contiene oquedades en su interior, cuyo aire es intercambiado por agua al hundirse en el recipiente. Este aire es expulsado con fuerza haciendo que el agua se enturbie ligeramente por el movimiento y solubilización de los fragmentos desprendidos debido a la separación superficial de los microgránulos que componen la probeta. A medida que absorben líquido, el fragmento sólido comienza a agrietarse, hundiéndose hasta el fondo del recipiente (*figura 3*).



*Figura 2:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Primera prueba de inmersión*. Fotografía digital. Proceso de absorción de agua de fragmento solidificado constituido únicamente por árido algínico. Inicio de agrietamiento de la superficie producido por una absorción masiva de agua.



*Figura 3:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) Izquierda: inicio del agrietamiento de la superficie provocado por una absorción masiva de agua. Fotografía digital. Derecha: rotura de la superficie por absorción masiva de agua. Eliminación de la adherencia y la compactación por aumento de tamaño de los microgránulos.



*Figura 4:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) Rotura total de la superficie por absorción de agua. Fotografía digital. Rotura por manipulación.

En pocos minutos, la probeta de pasta de árido algínico seca ha absorbido gran cantidad de agua, agrietándose toda su superficie hasta el punto de perder su forma inicial. La absorción de agua es continua, haciendo que la pieza aumente su volumen hasta un 20 %, produciéndose la rotura total de la superficie por absorción masiva de agua.

<b>Características de la pieza y su comportamiento en agua</b>	
Composición	Árido algínico
Proporciones	Agua y polvo en partes iguales
Tiempo de absorción total de agua	2' 35''
Inicio de agrietado de la pieza	3'
Aumento por absorción	4'
Rotura total de la superficie	7'
Rotura al manipular	No

*Tabla 2:* Resultados de las mediciones realizadas a la pieza de pasta de árido algínico

El comportamiento del árido algínico en agua, muestra que en su interior contiene gran cantidad de oxígeno que es expulsado al sumergir la pieza en el medio. La adherencia adquirida entre sus partículas gracias a la naturaleza del compuesto se pierde a medida que absorbe agua, produciéndose la separación de los microgránulos que se unieron fuertemente en la mezcla inicial. Tal y como muestra la tabla de resultados, en cuestión de siete minutos se produce una rotura total de la superficie debido a una absorción masiva de agua. No se produce una rotura complementaria de la pieza al manipularla y ser extraída del recipiente para su examen.

Los resultados de estas primeras observaciones muestran una materia que posee grandes capacidades higroscópicas. Las cualidades notorias de la pasta de árido algínico son la fuerte compactación de la masa al secar, que ofrece una alta resistencia a la fractura, y a su vez, gran capacidad de absorción de agua, que elimina todas las características de dureza deshaciendo la pieza al ser sumergida. Aunque se trata de una reutilización más que de un hidrocólido que presenta nuevas características para usos aún por determinar, la debilidad que muestra al hidratarse en este estado y con esta composición, indica que no es una materia apta para su uso como material de reproducción escultórica, tal y como se procede de manera habitual. No obstante, las características de adherencia, apelmazamiento e imbibición que muestra el árido algínico, son ideales para ser utilizadas dentro de composiciones para materias de confección de moldes, destinados del mismo modo a la reproducción escultórica.

### **6.11. Prueba de inmersión. Probetas de árido algínico.**

En los siguientes ensayos se pone de manifiesto la capacidad higroscópica del árido algínico, que indistintamente de las proporciones de polvo y agua utilizadas para la conformación de la probeta, deriva en una rotura de la superficie de la probeta al aumentar su volumen por absorción de agua. Con determinadas proporciones de agua y polvo, la probeta posee una consistencia concreta en la que se produce una rotura homogénea a lo largo de sus vértices. Esta rotura provoca una separación de fragmentos que al igual que con el resto de proporciones, tienden a disgregarse y solubilizar en agua. Siguiendo el ejemplo de la primera inmersión del fragmento constituido de pasta de árido algínico, las probetas son puestas en contacto con la superficie hasta que comienzan a absorber agua, precipitándose al fondo del recipiente para su estudio y posterior análisis.

#### **Inmersión de la probeta n°1.**



*Figura 5: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Probeta n°1. Proceso de absorción de agua. Fotografía digital.*

La aparición de grietas muestra un ejemplo del curioso comportamiento de la materia en el que el aumento por absorción provoca que la probeta se agriete de forma homogénea por sus aristas realizando separaciones diferenciadas (*figura 6*). La forma en la que se agrieta la superficie, permite que el agua penetre con mayor facilidad ocupando todas las oquedades internas.



*Figura 6:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Probeta n°1*. Fotografía digital. Inicio del agrietamiento de la superficie. Aumento de volumen por absorción acompañado de rotura homogénea de la superficie por sus aristas.

Desde su deposición, hasta que absorbe agua suficiente para hundirse transcurren 50 segundos. A medida que el agua penetra en la pieza, se produce la rotura por sus aristas mencionada durante el proceso. Una hora después de la inmersión, la superficie de la probeta se ha fracturado por completo.



Figura 7: José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Probeta n°1. Absorción de agua concluida*. Fotografía digital. Rotura de la pieza por contacto al recuperarla del recipiente de observación.

<b>Probeta n°1: Características de la pieza y su comportamiento en agua.</b>	
Composición	100 gr de árido algínico + 200 gr de agua
Tiempo de absorción parcial de agua	50''
Inicio de agrietado de la pieza	2'
Aumento por absorción	5'
Rotura total de la superficie	60'
Rotura al manipular	Sí

Tabla 3: Tiempos de inmersión y disgregación de la probeta n°1

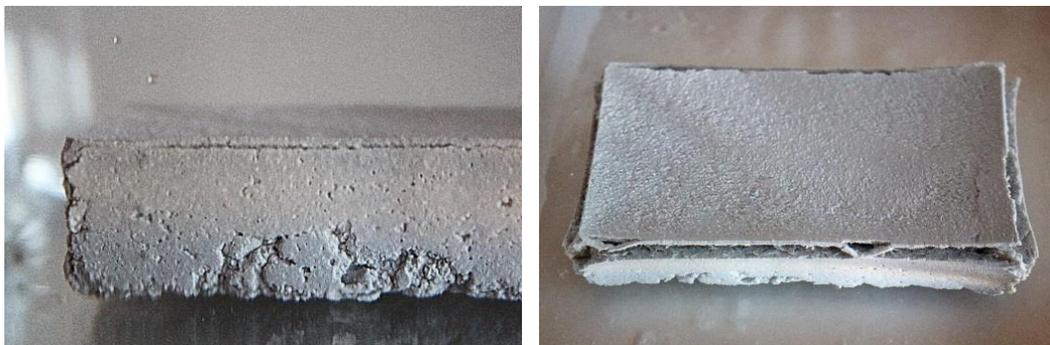
Las proporciones de árido, junto con la cantidad de agua absorbida dificultan la manipulación de la pieza, provocando el desmenuzamiento de la probeta al extraerla del recipiente. El estudio de la materia precisa la obtención de todos los resultados posibles, independientemente si son beneficiosos para la consecución de objetivos de la investigación o no. Por ello, la probeta n°1 contiene unas proporciones matéricas más débiles que el fragmento utilizado para la primera inmersión. La obtención de datos

cuantificables nos ofrece una clasificación de todos y cada uno de los resultados, como en este caso, en el que se produce una disgregación aun mayor de la materia dada por la proporción de agua y la mitad de árido algínico empleados para la confección de la probeta.

## Inmersión de la probeta n°2.



*Figura 8:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Probeta n°2*. Fotografía digital. Proceso de absorción de agua.



*Figura 9:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Probeta n°2*. Fotografía digital. Izquierda: Inicio del agrietamiento de la superficie. Derecha: Aumento de volumen por absorción acompañado de rotura homogénea de la superficie por sus aristas.

Una vez la probeta ha sido extraída el recipiente de observación, en pocos segundos comienza a expulsar agua del interior de la misma manera que el alginato durante el proceso de sinéresis, disminuyendo ligeramente su volumen (*figura 10*).



*Figura 10:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Probeta n°2*. Fotografía digital. Recuperación de la pieza del agua. Rotura homogénea de la superficie por sus aristas.



*Figura 11:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Probeta n°2*. Fotografía digital. Fotografía detalle. Rotura homogénea y apertura de la superficie por sus aristas.

La compactación de la materia producida durante la confección de la probeta y su secado originan una cohesión muy fuerte, conservando parcialmente la consistencia de la pieza. Prácticamente no se ha percibido el desprendimiento de ningún fragmento que pudiera enturbiar el agua del recipiente. Esta compactación, acompañada del aumento de volumen por absorción, produce esta singular apertura de la superficie, separándola en fragmentos regulares que permiten su total y completa manipulación (*figura 12*).



Figura 12: José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Probeta n°2*. Fotografía digital. Separación manual de fragmentos regulares producidos por absorción de agua.

<b>Probeta n°2. Características de la pieza y su comportamiento en agua.</b>	
Proporciones	100 gr de árido algínico + 150 gr agua
Tiempo de absorción parcial de agua	1'
Inicio de agrietado de la pieza	8'
Aumento por absorción	10'
Rotura total de la superficie	60'
Rotura al contacto	No

Tabla 4: Tiempos de inmersión y disgregación de la probeta n°2

Aunque en la probeta n°2 las proporciones siguen sin equipararse, 100 gramos de árido algínico pueden absorber gran cantidad de agua, formando en esta ocasión, una pasta densa y maleable con más corporeidad que las mezclas anteriores. El tiempo de absorción parcial de agua sigue siendo aproximadamente el mismo. Las oquedades existentes en el interior de la probeta siguen siendo abundantes, almacenando grandes cantidades de aire. Durante la inmersión la probeta expulsa el aire, aunque de manera más lenta. Puede

observarse el tamaño de las burbujas que salen a hacia la superficie. Su menor tamaño, indica que los poros son más pequeños. Este hecho puede deberse por la acción de compactación producida en el molde de silicona durante el proceso de conformación de la probeta. La atenuación de la capacidad higroscópica de la superficie y la lenta expulsión de aire del interior, ralentizan el proceso de imbibición de la probeta, haciendo que el aumento de volumen por absorción masiva de agua sea más lento. No implica que el aumento de volumen sea menor. Al contrario, a mayor cantidad de microgránulos en la composición de la probeta, mayor cantidad de materia presente para absorber agua.

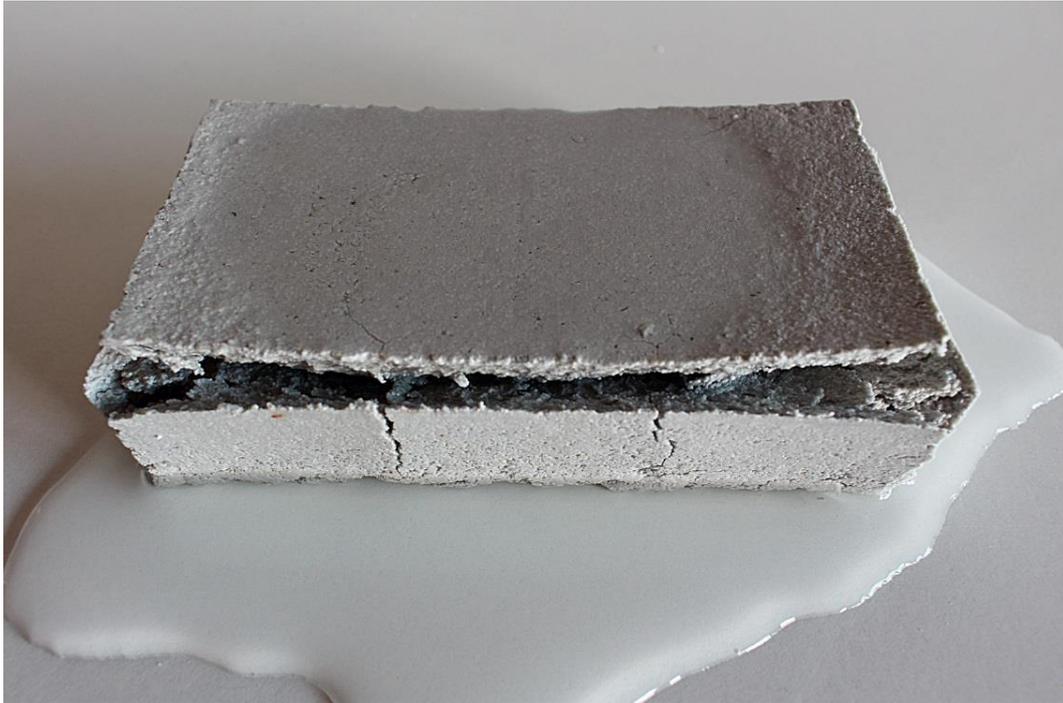
### Inmersión de la probeta n°3.



*Figura 13:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Probeta n°3*. Fotografía digital. Proceso de absorción de agua.



*Figura 14:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Probeta n°3*. Fotografía digital. Izquierda: absorción de agua. Ligero desprendimiento de partículas por agrietamiento. Derecha: inicio del agrietamiento de la superficie.



*Figura 15:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Probeta n°3*. Fotografía digital. Recuperación de la pieza del agua. Rotura homogénea de la superficie por sus aristas.



*Figura 16:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Probeta n°3*. Fotografía digital. Separación manual de fragmentos regulares producidos por absorción de agua.



Figura 17: José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Probeta n°3*. Fotografía digital. Fotografía detalle. Interior de la pieza embebido por absorción de agua.

<b>Probeta n°3. Características de la pieza y su comportamiento en agua.</b>	
Proporciones	100 gr de árido algínico + 125 gr de agua
Tiempo de absorción parcial de agua	2'
Inicio de agrietado de la pieza	8'
Aumento por absorción	12'
Rotura total de la superficie	60'
Rotura al contacto	No

Tabla 5: Tiempos de inmersión y disgregación de la probeta n°3.

Los resultados obtenidos en la prueba de inmersión de la probeta n°3, presentan cierta similitud con los de la probeta n°2. Con mayor consistencia que la anterior, las proporciones de agua y árido algínico utilizadas para la confección de la probeta ofrecen una materia que tarda más en disgregarse. Depositada en la superficie del agua, transcurren dos minutos hasta que concluye la absorción parcial, hundiéndose hasta el fondo del recipiente. El comportamiento de la materia introducida en agua es similar al

del resto de probetas, con la diferencia de que, a medida que se emplea menor cantidad de agua para la confección de la probeta, esta muestra mayor compactación una vez seca. Muestra de ello es el menor porcentaje de retracción. Al mezclar el árido algínico con agua en estas proporciones, surgen dificultades para llevar a cabo la mixtura debido a la capacidad de absorción del polvo. Esta mezcla se realiza compactándola a mano y finalmente presionando la pasta en el molde de probetas hasta que toma la forma apropiada en la cantidad necesaria. La compactación, al igual que en la probeta nº2, es la responsable de la ralentización de aumento de volumen durante la absorción de agua.

La probeta nº3 presenta los mismos efectos que la probeta nº2, rotura homogénea por sus aristas y separación de la capa superficial. Del mismo modo, al recuperarla del recipiente, expulsa el agua de su interior. No se produce ninguna rotura por manipulación, pudiendo realizar estudios de los microgránulos altamente embebidos. Vuelve a perder volumen a expulsar agua.

## 6.12. Prueba de inmersión. Probetas de árido algínico reutilizado.

### Inmersión de la probeta n°1.

Al introducir la probeta en el agua se produce un inesperado efecto esponja con abundante burbujeo, en el que la disgregación de la pieza se produce tras un breve periodo de tiempo sumergida, casi llegando a la efervescencia. No es necesario introducir la probeta completamente en el agua para comprobar la gran capacidad higroscópica de la materia. El agua se introduce en el interior de la probeta con gran rapidez y facilidad. El agrietamiento de la superficie se produce de manera instantánea quebrándola por completo.



*Figura 18:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Probeta n°1*. Fotografía digital. Árido algínico reutilizado. Rápida absorción de agua a través de la superficie de la probeta. Visible desprendimiento de fragmentos por disgregación de la materia.



*Figura 19:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Probeta n°1*. Fotografía digital. Árido algínico reutilizado. Proceso de absorción de agua. Inicio de aparición de pequeñas grietas.



*Figura 20:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Probeta n°1*. Fotografía digital. Árido algínico reutilizado. Proceso de absorción de agua. Aparición de grietas de mayor tamaño.



Figura 21: José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Probeta n°1*. Fotografía digital. Disgregación de la materia por absorción masiva de agua.

<b>Probeta n°1: Características de la pieza y su comportamiento en agua.</b>	
Composición	200 gr de árido algínico + 200 gr de agua.
Tiempo de absorción parcial de agua	10''
Inicio de agrietado de la pieza	30''
Aumento por absorción	1'
Rotura total de la superficie	4'
Rotura al manipular	Sí

Tabla 6: Tiempos de inmersión y disgregación de la probeta n°1.

Las proporciones de esta probeta, junto con la reutilización del árido, provocan una rápida disgregación. En 10 segundos se produce la absorción parcial de agua. A los 30 segundos de la inmersión, se aprecia un incipiente desprendimiento de fragmentos. La expulsión de aire del interior se produce instantáneamente, agrietando la zona superficial de la probeta en 1 minuto.

Transcurridos 4 minutos se observa una rotura total de la superficie acompañado del aumento de volumen por absorción de agua, que poco a poco va deshaciendo la masa. No es posible manipular la probeta para extraerla del recipiente de observación. Los microgránulos están altamente embebidos y se produce la rotura por contacto.

## Inmersión de la probeta n°2.



*Figura 22:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Probeta n°2*. Fotografía digital. Árido algínico reutilizado. Proceso de absorción de agua.



*Figura 23:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Probeta n°2*. Fotografía digital. Árido algínico reutilizado. Agrietamiento de la superficie y desprendimiento de materia de las zonas externas.



*Figura 24:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Probeta n°2*. Fotografía digital. Árido algínico reutilizado. Agrietamiento de la superficie y desprendimiento de materia de las zonas externas.



*Figura 25:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Probeta n°2*. Fotografía digital. Árido algínico reutilizado. Disgregación de la materia por absorción masiva de agua.

<b>Probeta n°2: Características de la pieza y su comportamiento en agua.</b>	
Composición	100 gr de árido algínico + 150 gr de agua
Tiempo de absorción total de agua	20''
Inicio de agrietado de la pieza	30''
Aumento por absorción	5'
Rotura total de la superficie	20'
Rotura al manipular.	Sí

Tabla 7: Tiempos de inmersión y disgregación de la probeta n°2.

El árido algínico reutilizado pierde todas las características que lo convierten en objeto de estudio. La adherencia es notablemente menor. Muestra de ello es la rápida disgregación que se produce durante su inmersión en agua. Estas proporciones, teniendo una menor concentración de árido algínico reutilizado que las de la probeta n°1, provocan una rotura más homogénea producida en las aristas de la probeta.

A los 20 segundos se produce la absorción parcial de agua, haciendo que la probeta quede en el fondo del recipiente de observación. 10 segundos después de la inmersión comienza a agrietarse parcialmente, produciéndose el aumento de volumen por absorción de agua que puede apreciarse a simple vista. La superficie se rompe por completo en menos de 30 minutos. Durante todo el proceso, el agua queda enturbiada debido al desprendimiento de fragmentos de la probeta. La expulsión de aire favorece que gran cantidad de fragmentos se separen de la pieza, contribuyendo al paso de agua hasta el interior. En la probeta n°2 la manipulación también deshace por completo la forma, imposibilitando su extracción del recipiente de observación.

Con los ensayos empíricos basados en la inmersión de las probetas constituidas por árido algínico reutilizado, queda demostrado que a medida que tanto la materia de desecho como el árido algínico son manipulados, pierden todas las características que lo convierten en un producto polivalente.

Desde el inicio de los procesos de cambio de estado para su reutilización, la materia pierde o atenúa todos sus componentes reactivos que en estado gel iniciaban los procesos de polimerización y fraguado. Solamente una pequeña parte del sulfato cálcico presente en

la formula sigue siendo útil una vez que los cascotes de alginato seco han sido transformados en árido algínico. Ya en este estado comienza perdiendo viscosidad por la constante hidratación, manipulación y exposiciones a temperaturas no convenientes para la conservación de este producto. Debido a ello los microgránulos experimentan una cohesión más débil, separándose al tacto en determinados momentos de la manipulación previa a la inmersión.

Estas probetas muestran una disgregación muy acelerada, siendo inadecuada, tanto por su naturaleza como por sus proporciones, para su utilización como recurso matérico en técnicas de reproducción escultórica.

### Inmersión de la probeta n°3.



*Figura 26:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Probeta n°3*. Fotografía digital. Árido algínico reutilizado. Proceso de absorción de agua.



*Figura 27:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Probeta n°3*. Fotografía digital. Árido algínico reutilizado. Agrietamiento y desprendimiento de fragmentos en las aristas. Fractura de la superficie. Separación homogénea de fragmentos desprendidos.



*Figura 28:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Probeta n°3*. Fotografía digital. Árido algínico reutilizado. Agrietamiento y desprendimiento de fragmentos en las aristas. Fractura de la superficie.



*Figura 29:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Probeta n°3*. Fotografía digital. Árido algínico reutilizado. Aumento de volumen y separación de fragmentos desprendidos por absorción masiva de agua.



Figura 30: José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Probeta n°3*. Fotografía digital. Árido algínico reutilizado. Separación de fragmentos desprendidos.

<b>Probeta n°3: Características de la pieza y su comportamiento en agua.</b>	
Composición	100 gr de árido algínico + 125 gr de agua
Tiempo de absorción parcial de agua	40''
Inicio de agrietado de la pieza	2'
Aumento por absorción	20'
Rotura total de la superficie	60'
Rotura al contacto	Sí

Tabla 8: Tiempos de inmersión y disgregación de la probeta n°3

Los resultados obtenidos en la prueba de inmersión de la probeta de árido algínico reutilizado n°3, muestran un punto de aproximación en el que las proporciones de árido y agua para la conformación de dicha probeta, permiten su manipulación y extracción del recipiente de observación. Aunque se producen roturas devenidas por esta manipulación, la pieza no se desmorona como anteriormente ha ocurrido. Con 125 mililitros de agua por cada 100 gramos de árido, la probeta, aunque aún de manera muy irregular, comienza a

agrietarse por sus aristas, dejando el interior al descubierto y produciéndose la absorción de agua en cuestión de 20 minutos. Transcurrida 1 hora, la absorción queda concluida y la probeta completamente agrietada y embebida.

Las pruebas determinan que la reutilización del árido algínico no es apta para la composición de muestras de estudio. El árido algínico reutilizado es descartado por carecer de capacidad de cohesión y compactación de la materia y por poseer una capacidad higroscópica muy elevada para ser un material adecuado para uso escultórico.

### 6.13. Prueba de inmersión. Árido algínico + escayola E-35.

#### Inmersión de la probeta n°1.

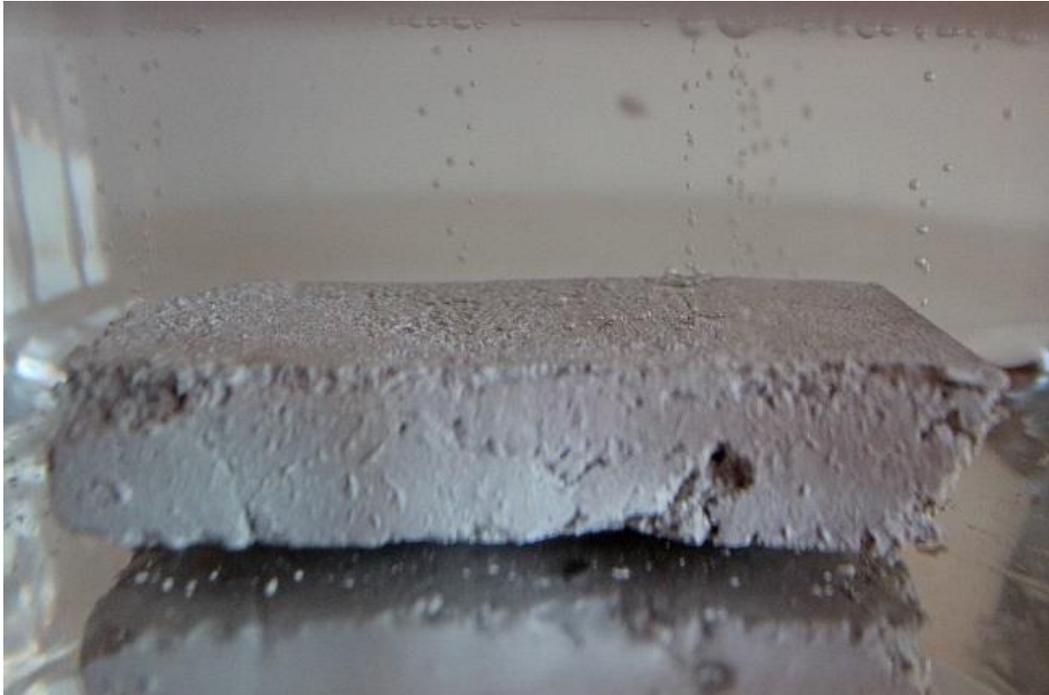


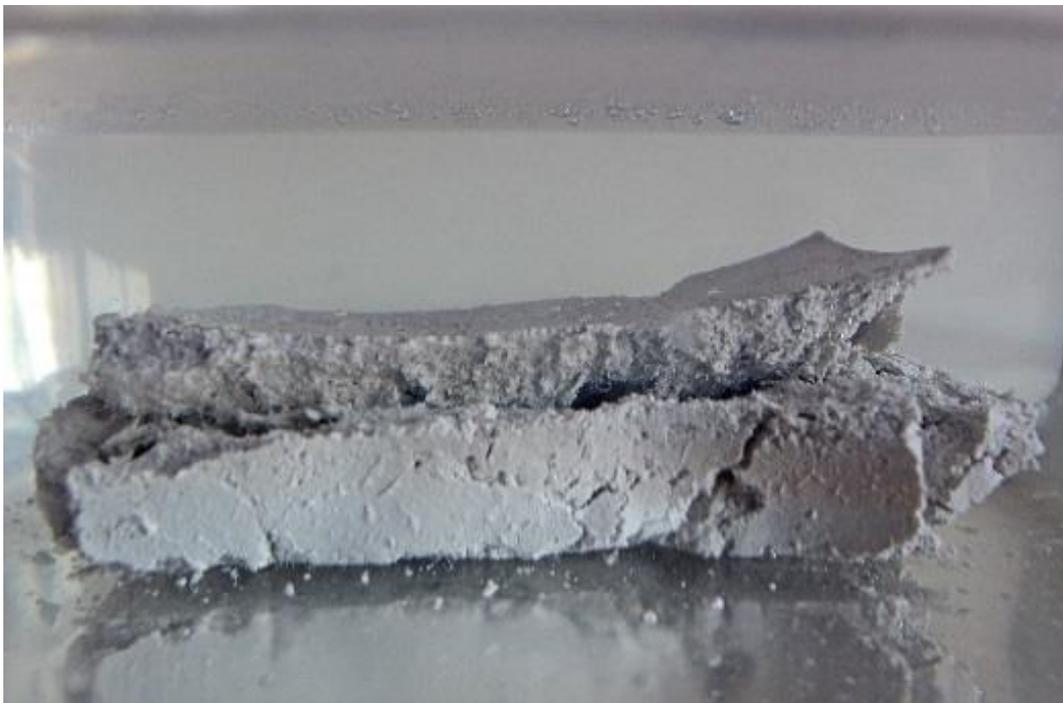
Figura 31: José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Probeta n°1*. Fotografía digital. Proceso de absorción de agua.



Figura 32: José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Probeta n°1*. Fotografía digital. Proceso de absorción de agua.



*Figura 33:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Probeta n°1*. Fotografía digital. Proceso de absorción de agua. Inicio de aparición de pequeñas grietas en las aristas de la probeta.



*Figura 34:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Probeta n°1*. Fotografía digital. Rotura de la pieza por absorción masiva de agua.



Figura 35: José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Probeta n°1*. Fotografía digital. Disgregación de la probeta. Rotura por contacto.

<b>Probeta n°1: Características de la pieza y su comportamiento en agua.</b>	
Composición	50 gr de árido y 25 gr de E-35 por cada 125 gr de agua.
Tiempo de absorción parcial de agua	50''
Inicio de agrietado de la pieza	3'
Aumento por absorción	7'
Rotura total de la superficie	30'
Rotura al manipular	Sí

Tabla 9: Tiempos de inmersión y disgregación de la probeta n°1.

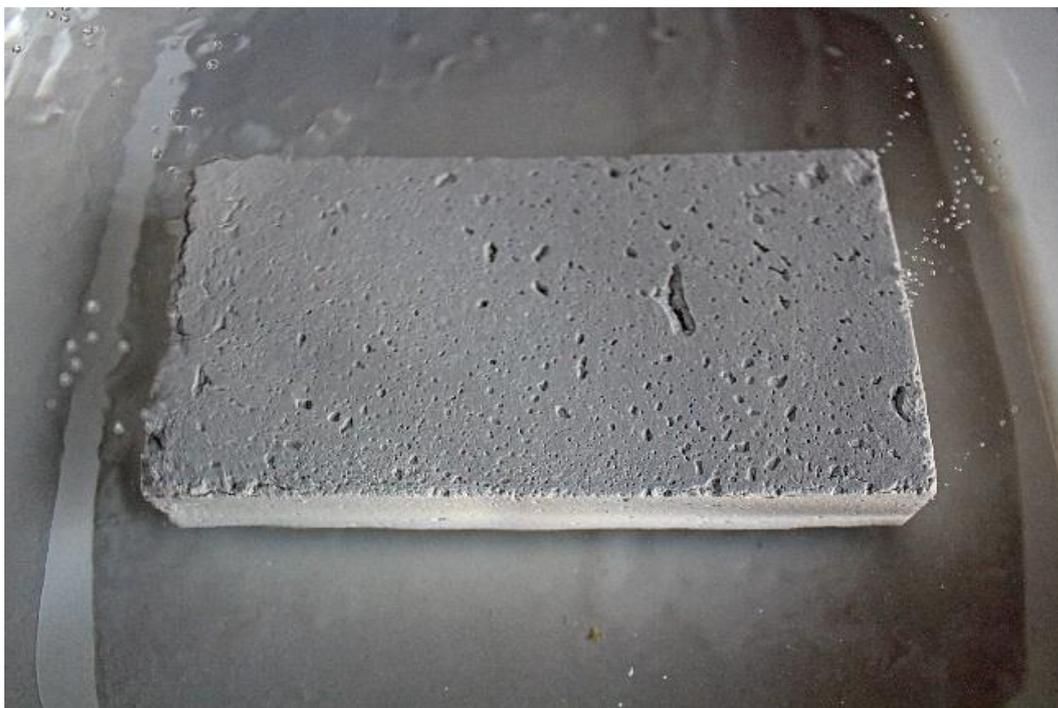
La reacción de la probeta n°1, compuesta por árido algínico y escayola E-35, muestra el mismo comportamiento con respecto a absorción de agua, expulsión de aire y el aumento de volumen por absorción masiva debido a su alta capacidad higroscópica. Al tratarse de un mortero, posee una mayor consistencia con respecto al resto de probetas. Esta consistencia permite a la materia mantener la corporeidad durante un periodo de tiempo

mayor, terminando su ciclo de absorción completamente embebida, al igual que el resto de las probetas (Trujillo Cebrian, 2013). La equiparación de la materia durante el proceso de molienda y micronizado, permite realizar una mezcla homogénea de árido, escayola y agua.

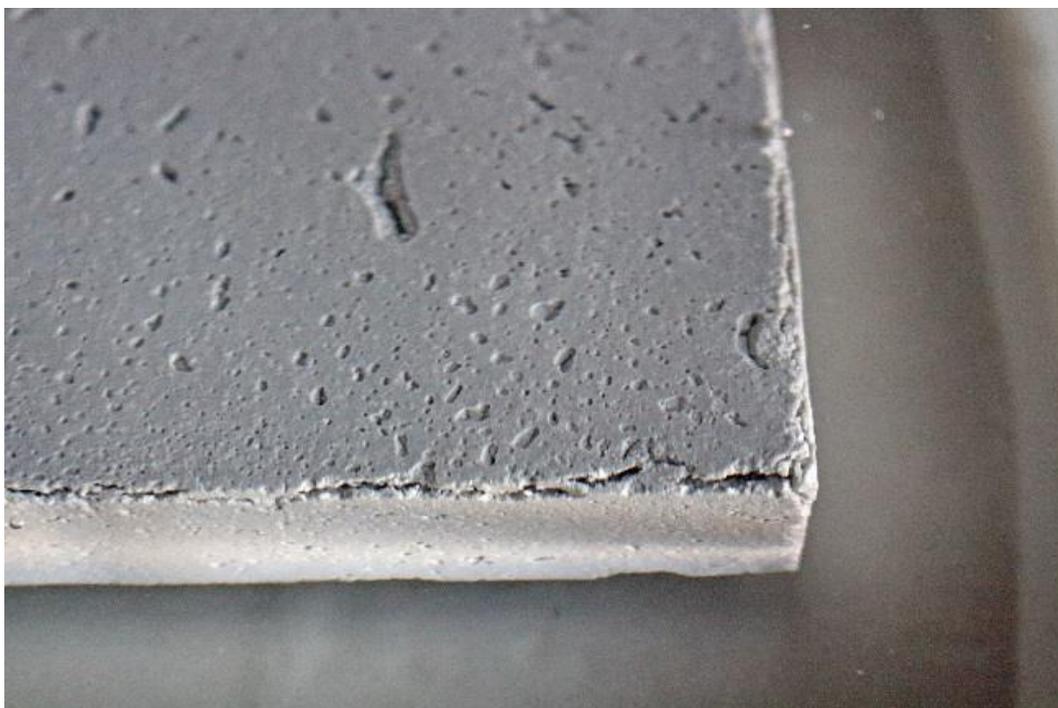
Son 50 segundos los que la probeta necesita para absorber agua de manera parcial hasta hundirse. La escayola, al igual que el árido algínico, es un material altamente poroso, dejando patente la capacidad higroscópica de la probeta al expulsar el aire de su interior durante el paso de agua. Trascorridos 3 minutos de la absorción parcial, surgen algunas grietas por su superficie. Se observa un desprendimiento de pequeños fragmentos, que, en lugar de grietas, provocan pequeñas oquedades por las que se sigue expulsando aire del interior. A los 7 minutos se produce el proceso de imbibición, aumentando su volumen por la absorción de agua. Podemos afirmar que la rotura de la superficie se produce a los 30 minutos, siendo innecesario el margen de 1 hora procurado anteriormente para asegurar la completa actuación del agua en la probeta.

Aunque aparentemente presenta una mayor dureza que el resto de probetas, se produce la rotura por manipulación debido a la pérdida de consistencia, cohesión y compactación de las materias que conforman la probeta. Al examinar los fragmentos desprendidos a consecuencia de la absorción masiva de agua, se observa una compactación de los microgránulos muy diferente a la que se produce cuando únicamente actúa el árido algínico. Este cambio aparente se debe a la presencia de la escayola *E-35*. Su proceso de fraguado hace que toda la masa quede fuertemente unida. Los microgránulos embebidos que anteriormente poseían una forma redondeada, ahora tienen forma angular.

## Inmersión de la probeta n°2.



*Figura 36:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Probeta n°2*. Fotografía digital. Proceso de absorción de agua.



*Figura 37:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Probeta n°2*. Fotografía digital. Inicio de aparición de grietas por absorción de agua.



*Figura 38:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Probeta n°2*. Fotografía digital. Agrietamiento y rotura de la superficie por absorción de agua.



*Figura 39:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Probeta n°2*. Fotografía digital. Disgregación de la probeta. Rotura por contacto.

<b>Probeta n°2: Características de la pieza y su comportamiento en agua.</b>	
Composición	100 gr de árido algínico y 10 gr de E-35 por cada 150 gr de agua
Tiempo de absorción parcial de agua	3'
Inicio de agrietado de la pieza	3'
Aumento por absorción	8'
Rotura total de la superficie	50'
Rotura al manipular	Sí

Tabla 10: Tiempos de inmersión y disgregación de la probeta n°2.

Una mayor concentración de árido actúa de manera adherente dentro de la composición del mortero. La mezcla realizada en esta probeta se ha efectuado con el propósito de encontrar el punto exacto de escayola en la composición. La escayola se ha introducido para contrarrestar los efectos de retracción de la materia. Existiendo cierta cantidad de sulfato cálcico dentro de la composición interna del árido algínico, se aplican 10 gramos de escayola E-35 para acelerar el proceso de fraguado.

Tras depositar la probeta en la superficie ha necesitado 3 minutos para la absorción parcial de agua. El agrietamiento surge a partir de los 3 minutos de la completa inmersión. Uno de los motivos de la rápida disgregación, es la poca concentración de escayola añadida para conformar el mortero. La rotura total de la superficie se produce a partir de los 50 minutos del inicio de la absorción de agua, produciendo el aumento de volumen propio del proceso. Se produce un desmoronamiento de la materia al manipular la probeta para su extracción del recipiente de observación.

Aunque la probeta se haya roto por completo debido a la manipulación al extraerla del recipiente, superficialmente ha presentado una mayor resistencia a la disgregación, desmoronándose en fragmentos de mayor tamaño que las probetas anteriores.

La adición de escayola E-35 a la composición de la probeta puede formar un mortero que en este caso sí iniciaría un proceso de fraguado, pudiendo ser manipulado con mayor libertad al presentar cierta dureza que aguante, además, el vertido de ciertas materias para reproducción escultórica.

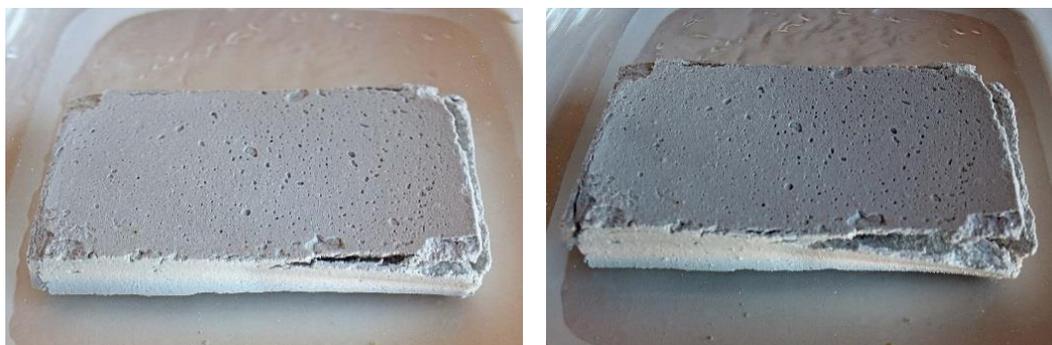
Con el estudio superficial mediante microscopio trinocular realizado a la materia pudimos comprobar que los microgránulos guardaban ciertas similitudes con respecto a forma. Ambas materias poseen características higroscópicas y volátiles, con la salvedad de que únicamente la escayola tiene la capacidad de iniciar un proceso de fraguado.

Sin embargo, el proceso de fraguado unido a la plasticidad de la materia generada por su viscosidad, convierten a este mortero en una materia resistente que con proporciones concretas puede utilizarse de manera factible en el ámbito de moldes y reproducciones.

### Inmersión de la probeta n°3.



*Figura 40:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Probeta n°3*. Fotografía digital. Proceso de absorción de agua.



*Figura 41:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Probeta n°3*. Fotografía digital. Inicio de aparición de pequeñas grietas. Apertura gradual de la superficie agrietada.



*Figura 42:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Probeta n°3*. Fotografía digital. Deformación de la superficie por absorción masiva de agua.



*Figura 43:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Probeta n°3*. Fotografía digital. Deformación total de la superficie por absorción masiva de agua.



Figura 44: José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Probeta n°3*. Fotografía digital. Apreciación de los microgránulos saturados de agua.

<b>Probeta n°3: Características de la pieza y su comportamiento en agua.</b>	
Composición	100 gr de árido algínico + 15 gr de E-35 por cada 150 gr de agua.
Tiempo de absorción parcial de agua	30'
Inicio de agrietado de la pieza	20'
Aumento por absorción	50'
Rotura total de la superficie	60'
Rotura al manipular	No

Tabla 11: Tiempos de inmersión y disgregación de la probeta n°3.

Los resultados obtenidos en la prueba de inmersión de la probeta n°3, constituida por árido algínico y escayola E-35, indican que, añadiendo 15 gramos de escayola a la composición, se acelera el proceso de fraguado de la mezcla, disminuyendo el proceso de retracción de la materia, dándole mayor dureza, además de producirse un proceso de secado más rápido.

Depositada en la superficie, se sumerge trascurridos 30 segundos produciéndose un agrietamiento parcial a partir de los 20 segundos de la deposición en el fondo del recipiente. El aumento de volumen por absorción se produce a partir de los 50 minutos. A medida que las proporciones de escayola aumentan en la composición del mortero, los tiempos de absorción de agua y aumento de volumen son más prolongados. Una circunstancia que indica que la probeta ha absorbido el agua y se encuentra embebida por completo es el cese de la expulsión de burbujas del interior. Trascorrida una hora se procede a la extracción de la probeta, permitiendo su manipulación gracias a la dureza adquirida con la adición de escayola. Del mismo modo que el resto de probetas, comienza a desprender agua del interior en un breve periodo de tiempo. Las angulosidades formadas por la unión de los microgránulos muestran una apariencia más dura que aquellos exentos de escayola.

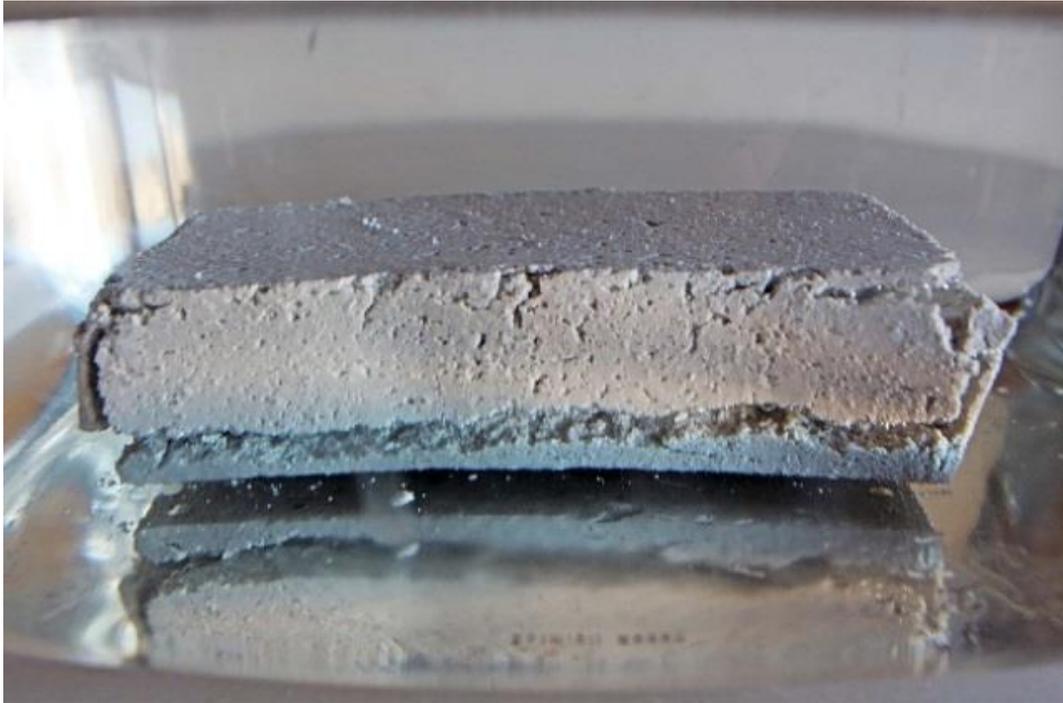
#### Inmersión de la probeta n°4.



*Figura 45:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Probeta n°4*. Fotografía digital. Proceso de absorción de agua.



*Figura 46:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Probeta n°4*. Fotografía digital. Inicio de aparición de pequeñas grietas. Apertura gradual de la superficie agrietada.



*Figura 47:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Probeta n°4*. Fotografía digital. Deformación de la superficie por absorción masiva de agua.



*Figura 48:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Probeta n°4*. Fotografía digital. Extracción del recipiente de observación.



Figura 49: José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Probeta n°4*. Fotografía digital. Apreciación de los microgránulos saturados de agua.

<b>Probeta n°4: Características de la pieza y su comportamiento en agua.</b>	
Composición	100 gr de árido + 20 gr de E-35 por cada 150 gr de agua.
Tiempo de absorción parcial de agua	30''
Inicio de agrietado de la pieza	32''
Aumento por absorción	40'
Rotura total de la superficie	60'
Rotura al contacto	No

Tabla 12: Tiempos de inmersión y disgregación de la probeta n°4.

A medida que el porcentaje de escayola aumenta en la composición del mortero, la retracción de la materia es menor, al contrario que los procesos de absorción de agua. Los tiempos de absorción parcial, inmersión, inicio del agrietamiento y rotura de la superficie se equilibran, necesitando una hora aproximadamente para concluir el ciclo al completo.

Después la inmersión, instantáneamente se produce el inicio del agrietamiento. El proceso total de absorción se realiza lentamente hasta que a los 40 minutos se sucede el aumento por absorción masiva de agua. Del mismo modo que la probeta nº3, no se produce ningún tipo de desmoronamiento de materia al extraerla del recipiente, pudiendo separar los fragmentos embebidos con facilidad para la observación de la cohesión de los microgránulos.

No obstante, el endurecimiento adquirido durante el proceso de fraguado gracias a una mayor adición de escayola, desaparece tras el periodo de inmersión en agua. Las proporciones no se igualan funcionalmente dado que los microgránulos al aumentar su tamaño, rompen su adhesión y la producida por la escayola al fraguar. Al producirse el proceso de absorción masiva de agua, la probeta comienza a agrietarse y finalmente a disgregarse en pequeños fragmentos hasta que pierde por completo toda su corporeidad física, siendo imposible su manipulación. Una de las causas por las que se produce una absorción de agua tan severa viene dada por la naturaleza esponjosa de la propia pasta de árido algínico. Recordemos que una de las características inherentes del alginato, al igual que el proceso de sinéresis, puede ser el proceso de imbibición. Al tener el microgránulo una alta capacidad higroscópica y poder de cohesión gracias a su viscosidad, puede absorber agua hasta incrementar su tamaño sin que la probeta se agriete. Por el contrario, la escayola *E-35* no posee esa característica propia de los coloides. Al mezclar cierta cantidad de escayola en polvo con el árido algínico, la naturaleza higroscópica de los microgránulos disminuye, absorbiendo agua únicamente hasta un punto concreto, evitando aumentos de volumen que derivan en el agrietado de la probeta y su posterior disgregación al manipularla.

## Inmersión de la probeta n°5.



*Figura 50:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Probeta n°5*. Fotografía digital. Proceso de absorción de agua.



*Figura 51:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Probeta n°5*. Fotografía digital. Absorción de agua. Inicio de aparición de grietas en la superficie.



*Figura 52:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Probeta n°5*. Fotografía digital. Inicio de agrietamiento de las aristas.



*Figura 53:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Probeta n°5*. Fotografía digital. Aumento de volumen por absorción masiva de agua. Deformación y rotura por absorción masiva de agua.



Figura 54: José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Probeta n°5*. Fotografía digital. Extracción de la probeta del recipiente de observación. Rotura de la pieza en fragmentos regulares.

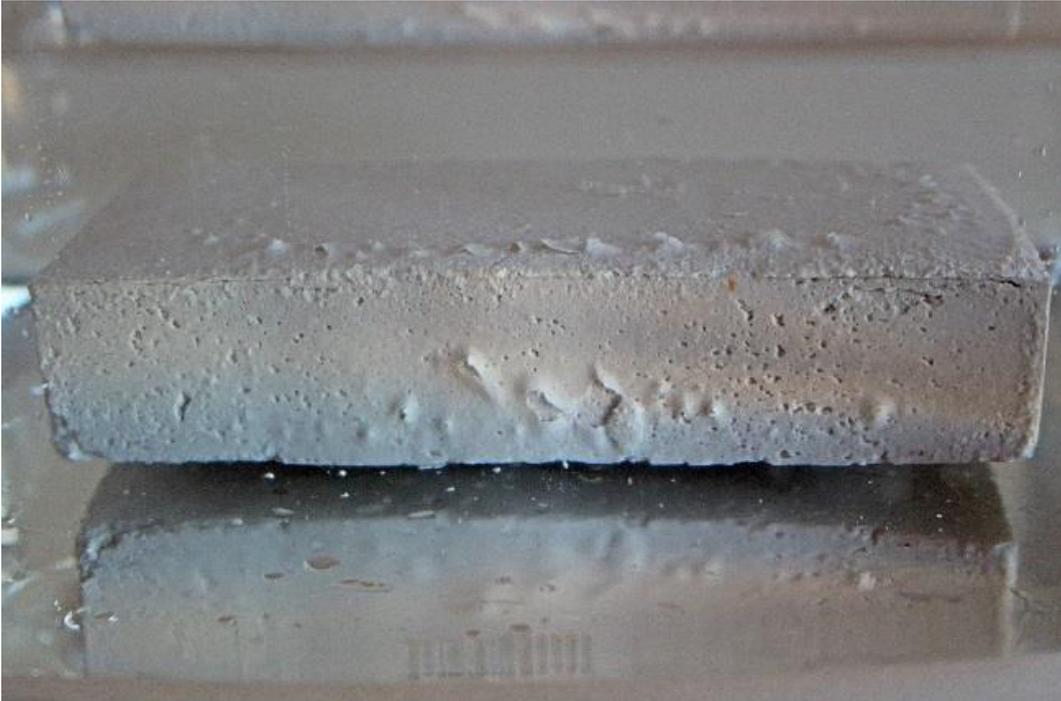
<b>Probeta n°5: Características de la pieza y su comportamiento en agua.</b>	
Composición	100 gr de árido algínico + 35 gr de E-35 por cada 160 gr de agua.
Tiempo de absorción parcial de agua	40''
Inicio de agrietado de la pieza	5'
Aumento por absorción	45'
Rotura total de la superficie	90'
Rotura al manipular	No

Tabla 13: Tiempos de inmersión y disgregación de la probeta n°5

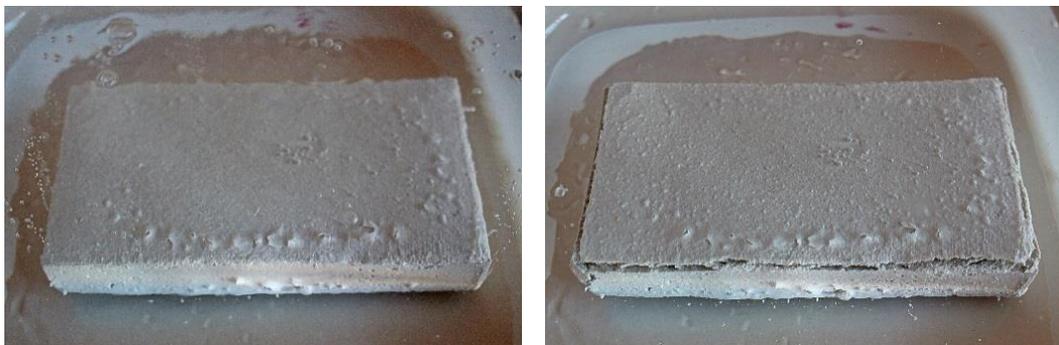
Al añadir 35 gramos de escayola *E-35* a la composición del mortero, existen ciertas dificultades para realizar la mixtura correctamente, por lo que se ha aumentado la medida de agua a 160 gramos. Este hecho hace que la retracción sea cada vez menor. Los tiempos de absorción y rotura total de la superficie se prolongan hasta 30 minutos. El inicio del agrietamiento se produce 5 minutos después de la absorción parcial, desprendiendo pequeños fragmentos superficiales en forma de escama, quedando suspendidos en el agua durante la expulsión de aire hasta su deposición en el fondo. A los 45 minutos de la inmersión se produce un aumento de volumen por absorción masiva de agua aparentemente mayor que el del resto de probetas. Al absorber agua, la probeta comienza a abrirse desde el interior, separando sus caras por las aristas en fragmentos regulares, del mismo modo que ocurre con las probetas anteriores. Al contrario que el resto de las probetas, la expulsión de aire solo se localiza en puntos concretos de la superficie a causa de la compactación de la materia contra las paredes del molde de conformación de probetas.

La extracción de la probeta del recipiente de observación ofrece respuestas clave con respecto al uso de las proporciones de árido algínico, escayola y agua. Los 35 gramos de escayola añadidos compactan la materia durante el proceso de fraguado, cohesionando los microgránulos manteniéndolos unidos incluso después de la extracción y la manipulación. Para la separación total de sus fragmentos regulares, es necesario forzar las partes desprendidas, que muestran mayor dureza que las del resto de probetas.

## Inmersión de la probeta n°6.



*Figura 55:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Probeta n°6*. Fotografía digital. Proceso de absorción de agua.



*Figura 56:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Probeta n°6*. Fotografía digital. Inicio de aparición de pequeñas grietas. Apertura gradual de la superficie agrietada.



*Figura 57:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Probeta n°6*. Fotografía digital. Aumento de volumen por absorción masiva de agua.



*Figura 58:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Probeta n°6*. Fotografía digital. Inicio de separación de la probeta en fragmentos regulares.



Figura 59: José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Probeta n°6*. Fotografía digital. Deformación total de la superficie por absorción masiva de agua.

<b>Probeta n°6: Características de la pieza y su comportamiento en agua.</b>	
Composición	100 gr de árido algínico + 60 gr de E-35 por cada 170 gr de agua.
Tiempo de absorción parcial de agua	5'
Inicio de agrietado de la pieza	7'
Aumento por absorción	50'
Rotura total de la superficie	90'
Rotura al manipular	No

Tabla 14: Tiempos de inmersión y disgregación de la probeta n°6.

Los datos reflejados en la tabla muestran la optimización de proporciones y tiempos de absorción y disgregación de la materia. Los 60 gramos de escayola empleados son suficientes para la disminución de un alto porcentaje del proceso de retracción y su disgregación en agua. En el caso de emplear una mayor cantidad de escayola, (65 gramos), la disgregación no sería posible, prolongando significativamente la absorción

de agua y dificultando el inicio del agrietamiento. Este hecho se debe a que 60 gramos de escayola se aproximan a la equiparación en volumen de los 100 gramos de árido algínico. La reacción de fraguado es mayor, convirtiendo la probeta en un bloque sólido. Depositada en la superficie del agua, son necesarios 5 minutos hasta que se produce la absorción parcial. Las grietas inician su aparición a partir de los 7 minutos. Aunque no se produce un cambio dimensional muy significativo, el aumento de volumen por absorción de agua se prolonga hasta los 50 minutos. Es en ese momento cuando se produce una rugosidad en la superficie que a medida que se produce la absorción, desprende fragmentos en forma de escamas. La rotura total de la superficie ocurre 1 hora y 30 minutos después de la absorción parcial.

Una muestra de la dureza adquirida se da en la planitud de la superficie de la probeta concluido el proceso de absorción. En las probetas anteriores, la debilidad de la materia se refleja en la concavidad de la superficie, que contribuye a su separación del resto de fragmentos.

#### 6.14. Conclusiones obtenidas en las pruebas de inmersión.

- Todas las proporciones empleadas en la confección de probetas de pasta de árido algínico seco, derivan en disgregación durante la inmersión y rotura por manipulación.
- Con proporciones adecuadas de árido algínico, es posible controlar el nivel de disgregación de la pieza sumergida, ralentizando o acelerando la absorción de agua hasta la separación de los microgránulos.
- No es posible manipular los residuos de las probetas compuestas por árido algínico reutilizado una vez ha concluido la absorción de agua debido al nivel de disgregación que la materia experimenta.
- Las probetas de pasta de árido algínico y árido algínico reutilizado comienzan a deshacerse una vez han llegado al límite de su capacidad de absorción.
- La existencia de árido algínico conduce a la materia compuesta a la disgregación por inmersión. Su capacidad higroscópica hace que se produzca, en todos los casos, una absorción masiva de agua, haciendo que la pieza aumente de tamaño y elimine la cohesión del resto de componentes.
- **El árido algínico actúa como modificador de fraguado de la escayola.** Cómo todo árido que se utilice para la formación de un mortero, altera el normal fraguado de los materiales que tengan predisposición a ello. Con la diferencia de que, en circunstancias determinadas y aplicando proporciones concretas, este árido retrasa o impide el proceso de fraguado. Existen métodos para retardar el fraguado de estos materiales como compuestos que actúen como propio coloide dentro de la combinación de materiales como colas, gomas o pectinas. También, podemos aplicar proporciones determinadas de sustancias que disminuyan la solubilidad como bórax o carbonato de sodio (Navarro, 2000).

- Al igual que en el alginato, la temperatura del agua también puede influir en el fraguado de materias como la escayola. El agua<sup>51</sup> a altas temperaturas ralentiza estos procesos, procediendo a su fraguado a medida que la temperatura disminuye. En proporciones concretas, el árido algínico acelera el proceso de fraguado de la escayola<sup>52</sup>. Una vez fraguada, el resto de componentes comienzan su proceso habitual de secado y pérdida de agua. La principal característica de la introducción del árido algínico como acelerante, es que mezclado con escayola reduce su peso sin que se produzcan variaciones en su dureza.
- Al introducir el árido como retardante, modificamos casi al completo las características de la escayola como la dureza y la adherencia. Este árido acelera significativamente el tiempo de trabajo, prolongando los periodos de secado, particularidad transmitida del alginato dental del que se extrae.
- Al introducir el árido algínico como aditivo modificador de fraguado de la escayola, transferimos ciertas características del alginato:
  - Reducción de los tiempos de trabajo.
  - Conservación de la dureza junto con una reducción de su peso.
  - Aumento de la porosidad de la mezcla tras el proceso de fraguado.
  - Maleabilidad de la materia.
- El árido algínico reutilizado muestra una mayor porosidad, dado que las características de todos los compuestos que hacen que los microgránulos se adhieran, se van atenuando a medida que la materia es mojada y secada sucesivamente.

---

<sup>51</sup> El agua, al igual que la temperatura ambiente, es uno de los principales modificadores de fraguado de estas materias. El tipo de agua o la manera de verterla o mezclarla influyen notablemente en el proceso. Del mismo modo, la cantidad de agua también contribuye a una modificación en las reacciones, prolongando su tiempo de fraguado en el caso de una mayor cantidad de agua y acelerándolo cuando se emplea poca.

<sup>52</sup> Aceleración de fraguado por absorción de agua producida por un agente externo (árido algínico).

**Ensayos empíricos 3.**  
**Pruebas de resistencia térmica y combustión.**

## 6.15. Método empleado.

La prueba de resistencia térmica y combustión está basada en la aplicación de fuego directo sobre la probeta compuesta únicamente por pasta seca de árido alginico. En este caso, ha sido seleccionada la probeta que mejores cualidades de compactación y porosidad ha presentado respondiendo a dureza, retracción y disgregabilidad. La finalidad de este ensayo ha sido comprobar si el árido alginico puede ser utilizado en modalidades de moldeo relacionadas con técnicas de extracción de cera.

<b>Parámetros de estudio de la prueba de combustión</b>	
Temperatura aplicada	Temperatura a la que se somete la probeta (800° C/900° C)
Tiempo de combustión	Tiempo que la probeta está sometida a fuego de manera continua.
Tiempo de enfriamiento	Tiempo transcurrido desde el final de la aplicación de fuego directo hasta su total enfriamiento
Dimensiones tras la combustión	Dimensiones adquiridas debido a una segunda retracción por deshidratación.
Peso tras la combustión	Peso obtenido tras deshidratar y carbonizar gran parte de la superficie de la probeta.

*Tabla 1:* Parámetros de estudio para la prueba de combustión.

Tras la prueba de combustión se ha sumergido la probeta en agua para estudiar el comportamiento de los residuos carbonizados. Un porcentaje considerable de la materia desaparecerá diluida en el agua, correspondiendo a fragmentos carbonizados, microgránulos inapreciables o impalpables y partes solubles de la propia composición.

<b>Pérdida sucesiva de peso producida por la sucesión de procesos.</b>	
Peso inicial	Equivalente a la cantidad de polvo y agua que conforman la probeta.
Peso tras el secado	Obtenido tras concluir la retracción.
Peso tras la prueba de combustión.	Obtenido tras la deshidratación de la materia.
Peso de fragmentos secos tras la inmersión	Obtenido de la materia seca restante tras el proceso de combustión e inmersión
Materia recuperada tras la inmersión	Porcentaje de materia que permanece tras la sucesión de pruebas.
Materia eliminada	Porcentaje de materia que se pierde de manera irreversible por disgregación de residuos carbonizados.

*Tabla 2:* Parámetros de estudio. Mediciones de peso y pérdida de materia.

### **Medidas de precaución.**

La prueba de combustión hace que la materia carbonizada aun candente expulse gases y humos tóxicos hasta su enfriamiento. La pieza candente puede causar quemaduras debido a la temperatura. Los aumentos de temperatura en materias que contienen agua pueden hacer que estas exploten a consecuencia de un shock térmico.



Uso de guantes seguridad, mascarillas y gafas de protección.

## 6.16. Prueba de combustión y resistencia térmica del árido algínico.

Si observamos con detenimiento, las fórmulas de alginatos dentales publicadas contienen un gran porcentaje de materia de relleno. Toda esta materia se adapta a los procesos producidos por la sal soluble de alginato (sodio, magnesio), que, en función de la temperatura y la cantidad de agua, reaccionará con mayor o menor fuerza, dejando al descubierto dos importantes propiedades del alginato, como la viscosidad y la tixotropía. Por esta razón, la pieza obtenida ha sido sometida a múltiples pruebas de temperatura, compatibilidad de materias e inmersión en agua. Se ha hecho hincapié en los test de temperatura, puesto que el alginato, comienza a perder sus propiedades inherentes a partir de los 50° C o 60° C (Bello, 2014).

El objetivo de esta prueba es someter al material a un agente externo muy adverso que pueda disgregar, o en este caso destruir por completo su corporeidad. La temperatura ha sido administrada gradualmente por medio de un soplete adaptado a una bombona de gas butano. En primer lugar, la probeta ha sido envuelta con la llama durante 10 minutos. Transcurrido ese tiempo, se ha aplicado la llama a máxima potencia hasta alcanzar de 800° C a 900° C de temperatura.

<b>Probeta n°3</b>	
Composición	100 gr de árido algínico + 125 gr de agua
Dimensiones iniciales	125 mm x 65 mm x 25 mm
Dimensiones tras el secado	117'5 mm x 63'4 mm x 23'5 mm
Peso tras el secado	132 gr

*Tabla 3:* Mediciones y resultados obtenidos en el estudio de probetas de árido algínico. Probeta n°3.



*Figura 1:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Prueba de combustión y resistencia térmica.* Fotografía digital. Probeta para la prueba de combustión.



*Figura 2:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Prueba de combustión y resistencia térmica.* Fotografía digital. Envoltura de la pieza para un primer calentamiento. 10 minutos.



*Figura 3:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Prueba de combustión y resistencia térmica.* Fotografía digital. Aumento gradual de temperatura hasta alcanzar los 800° C / 900° C. 10 minutos.



*Figura 4:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Prueba de combustión y resistencia térmica.* Fotografía digital. Enfriamiento de la pieza. 2 horas de la combustión.



Figura 5: José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Prueba de combustión y resistencia térmica*. Fotografía digital. Fractura de la pieza. Punto interno intacto.

<b>Prueba de combustión</b>	
Temperatura aplicada	800° C / 900° C
Tiempo de combustión	20'
Tiempo de enfriamiento	120'
Dimensiones tras la combustión	111,07 mm x 56,62 mm x 23 mm
Peso tras la combustión	83 gr

Tabla 4: Mediciones y resultados obtenidos tras la prueba de combustión. Probeta n°3.

La probeta utilizada para esta prueba de temperatura está libre de escayola, con el propósito de comprobar la reacción durante la aplicación de fuego directo. La adherencia producida por los microgránulos del árido algínico se debilita ligeramente a medida que la temperatura aumenta. La probeta aguanta potencialmente la temperatura, quedando incandescente al terminar la aplicación de la llama. Trascorridos 20 minutos con una temperatura comprendida entre 800° C y 900° C, se produce una carbonización de las zonas exteriores.

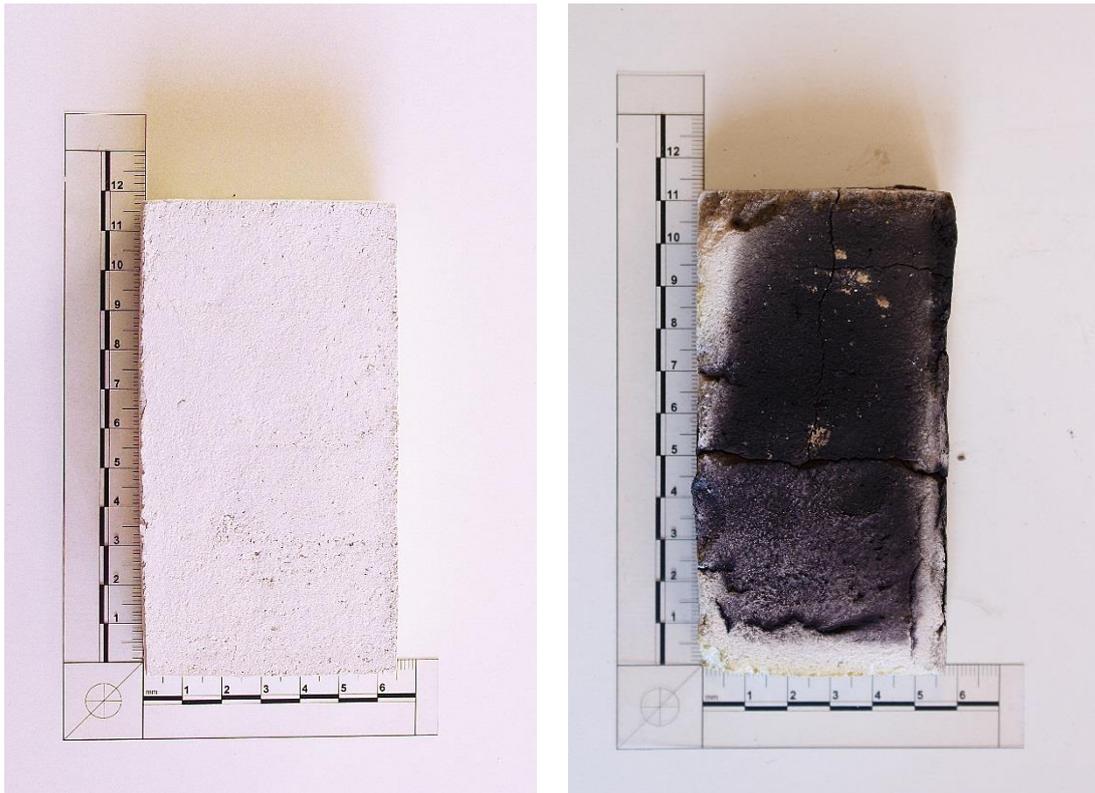


Figura 6: José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Prueba de combustión y resistencia térmica*. Fotografía digital. Izquierda: *probeta n°3*. Estudio de probetas de árido algínico. Derecha: *probeta n°3* tras la prueba de combustión.

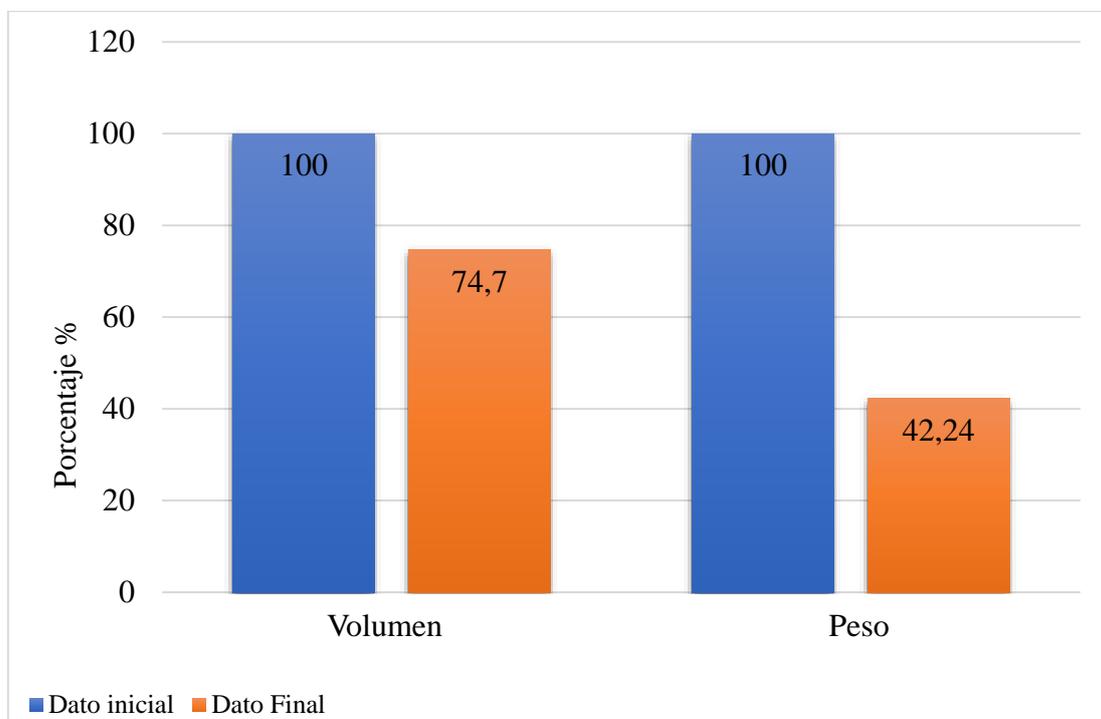


Figura 7: Gráfica comparativa de reducción en volumen y peso.

La primera observación obtenida en esta prueba es que, aunque la probeta se queme al completo, no arde por sí sola, aunque el tiempo de combustión se prolongue. Con el nivel de temperatura aplicado, la pieza se vuelve frágil y quebradiza, aunque conserva la forma y la textura. No hay un proceso de retracción significativo. El material acumula un alto nivel de temperatura, hasta que se produce un enfriamiento gradual a partir de las dos horas. Es en este momento cuando la pieza puede romperse por sí misma a causas de un choque térmico con la temperatura ambiente. La fragilidad que la pieza presenta después de una acumulación térmica, puede ser una característica beneficiosa para la resolución de los objetivos planteados, siendo factible introducir esta materia modificada en procesos de fundición.

### 6.16.1. Inmersión de la probeta carbonizada. Nivel de disgregación de los residuos.

El polvo derivado del reciclaje de los cascotes de alginato dental ofrece cualidades solubles al ser introducido en agua. Así mismo, la probeta anteriormente expuesta a temperaturas comprendidas entre 800° y 900°, tiene un punto de solubilidad muy superior al de las piezas sumergidas en las pruebas de inmersión. Este hecho se debe a que con la exposición a temperaturas muy elevadas se produce una deshidratación total de la pieza, quedando un cuerpo inerte y muy poroso, que se quiebra al tacto y solubiliza de manera agresiva e instantánea.

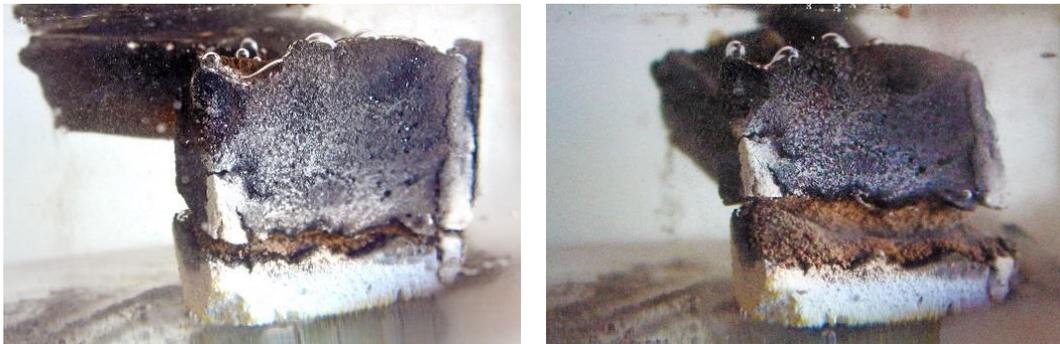


Figura 8: José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Prueba de inmersión*. Fotografía digital. Izquierda: inmersión de los fragmentos en agua. Derecha: inicio del proceso de solubilización. 1 minuto desde la inmersión.

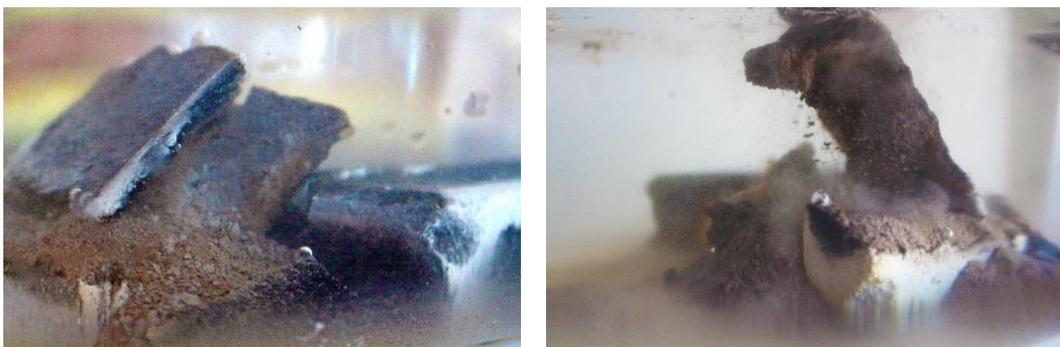
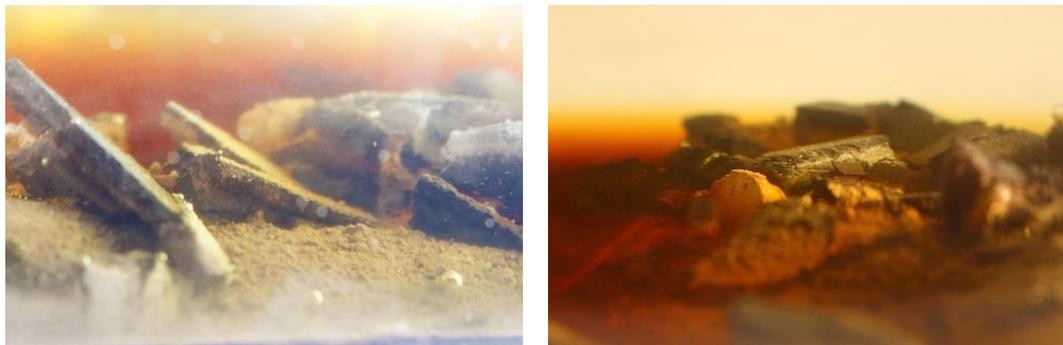


Figura 9: José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Prueba de inmersión*. Fotografía digital. Izquierda: proceso de solubilización. 5 minutos. Derecha: desprendimiento de fragmentos por absorción de agua. 7 minutos desde la inmersión.



*Figura 10:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Prueba de inmersión*. Fotografía digital. Absorción de agua concluida. Enturbiamiento del agua provocado por el movimiento generado por la expulsión de aire y la flotación de los fragmentos desprendidos. 10 minutos desde la inmersión.



*Figura 11:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Prueba de inmersión*. Fotografía digital. Izquierda: inicio de pigmentación de agua por la disgregación de los fragmentos. 20 horas desde la inmersión. Derecha: pigmentación de agua por descomposición de los fragmentos. 22 horas desde la inmersión.



*Figura 12:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Prueba de inmersión*. Fotografía digital. Finalización del proceso de descomposición de los fragmentos. 24 horas desde la inmersión.

Tras realizar el pesaje de la probeta en las pruebas de resistencia térmica e inmersión, se observa cómo gran parte de la ceniza procedente de las zonas carbonizadas en la parte superficial de la probeta, se ha disgregado totalmente en el agua durante el proceso de absorción. La carbonización del árido algínico y su posterior inmersión nos conduce a la transformación de los residuos de alginato en una materia biodegradable. La conversión de un porcentaje de los componentes que conforman la probeta en materia soluble, ofrece nuevos datos para la enumeración de características y peculiaridades del árido algínico y su introducción y uso en técnicas de reproducción escultórica.



*Figura 13:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Prueba de inmersión*. Fotografía digital. Obtención de los desechos producidos por medio de cuela y decantación.



*Figura 14:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Prueba de inmersión*. Fotografía digital. Detalle de uno de los fragmentos de la materia tras el proceso de solubilización y secado.

<b>Pérdida sucesiva de peso. Probeta de árido algínico n°3.</b>	
Peso inicial	225 gr
Peso tras el secado	132 gr
Peso tras la prueba de combustión	83 gr
Peso de fragmentos secos tras la inmersión	42 gr
Materia recuperada tras la inmersión	68 %
Materia eliminada	32 %

*Tabla 5: Calculo de materia disgregada durante la prueba de inmersión.*

Los datos de la tabla de anotaciones de pérdida sucesiva de peso de la probeta de árido algínico n°3, nos ofrece una respuesta en base al comportamiento de la materia frente a la pérdida de agua. También se refleja la continua disgregación por la que atraviesa la materia. Al inicio de la mixtura, la suma de pesos de ambas materias es de 225 gramos, que al fraguar lentamente y endurecer, disminuye a 132 gramos, resultado de la pérdida de agua producida por el proceso de expulsión y cambio dimensional. Al aplicar fuego directo sobre la probeta, se produce una deshidratación muy forzada que a temperaturas comprendidas entre 800° C y 900° C evapora al completo el agua molecular del interior de la probeta, rebajando el peso hasta los 83 gramos. La temperatura aplicada, junto con la combustión de las zonas externas de la probeta, generan fragmentos carbonizados que solubilizan en el agua. La solubilización de la materia hace que al pesar los fragmentos secos recuperados del recipiente con agua obtengamos una cantidad de 42 gramos. Los cálculos llevados a cabo para estimar la cantidad de materia disgregada dan un resultado de un 68% de materia recuperada, habiendo solubilizado y disgregado un 32% del total de la materia que compone la probeta.

## **6.17. Conclusiones obtenidas en la prueba de combustión de la probeta e inmersión de los residuos carbonizados.**

- Con la aplicación de fuego directo sobre una pieza constituida de pasta seca de árido algínico se produce el quemado y carbonizado de la superficie de impacto, quedando el interior intacto.
- Con la aplicación de altas temperaturas se produce una segunda retracción de la materia por deshidratación.
- La probeta muestra evidencias del efecto de las altas temperaturas como la carbonización, pero no procede a la ignición durante el proceso.
- El material constituyente acumula temperatura durante aproximadamente 2 horas con una aplicación de 800° C / 900° C. La acumulación de temperatura continúa deshaciendo la cohesión interna de la materia facilitando su posterior disolución en agua.
- La inmersión de los residuos de la prueba de combustión provoca la eliminación de un determinado porcentaje de la materia. El sólido eliminado se compone de ceniza, siendo en el agua resultante del proceso una materia no agresiva para el medio ambiente (Castel, 2009).

**7. Introducción del árido algínico como materia de moldeo para técnicas de reproducción escultórica.**

El resultado de los ensayos empíricos en cuanto a la introducción y uso del árido algínico como materia dúctil y polivalente para el positivado de piezas y su combinación con otros materiales, ofrece una nueva vía de estudio para incluirlo como materia de moldeo disgregante. Las proporciones admitidas en la composición de las probetas para que la materia endurezca correctamente ofrecen cualidades propias de materias de reproducción, aplicables a procedimientos de moldeo.

La clave para introducir el árido algínico como materia de moldeo está en el punto de solubilización de la matriz. Significa que estaríamos introduciendo un molde soluble que, con una determinada proporción de agua para su realización, soportaría materias de reproducción como la escayola, la cual también contiene gran cantidad de agua. Es necesario introducir medidas muy exactas de materias para que el recubrimiento que actúa como molde no sufra ninguna retracción durante su secado sobre la superficie de la pieza.

Para proceder a esta práctica, se han tomado como referencia los mismos parámetros técnicos que se utilizan para la realización de moldes perdidos de escayola. Enumerando todos los posibles problemas que pudieran surgir en este tipo procedimientos, uno de ellos es la rotura intencionada de la cubierta de escayola que conlleva la práctica del molde perdido. Al romper esta cubierta, la pieza del interior puede sufrir daños si su material de composición no tiene la suficiente dureza o no se realiza con la suficiente precaución.

## 7.1. Esquema de las fases de reutilización del alginato dental como árido algínico.

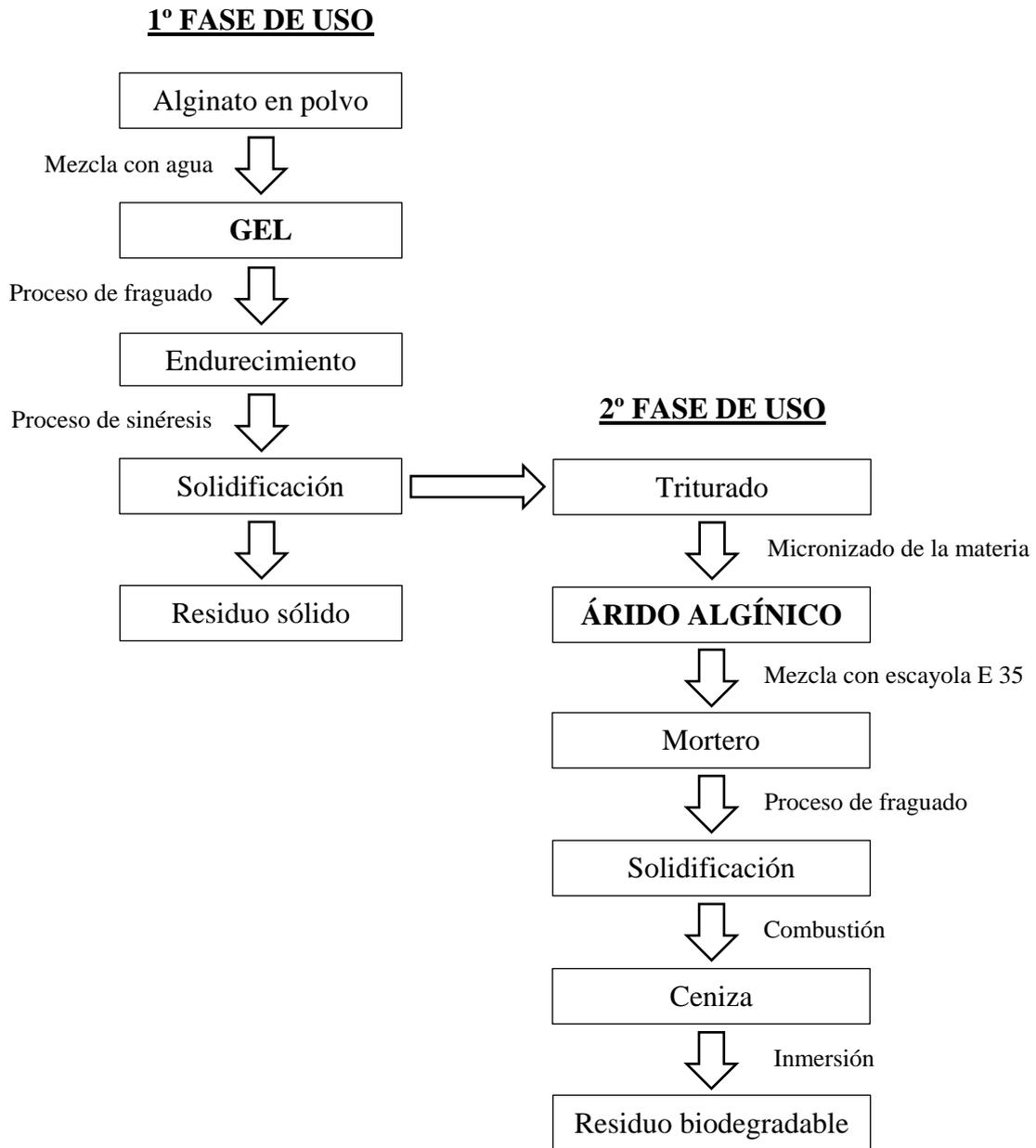


Figura 1: Fases de reutilización del alginato dental. Mezcla, aplicación, deterioro y procesado de los residuos.

**7.2. La técnica de reproducción escultórica de molde perdido. Antecedente del uso del árido algínico como materia de moldeo disgregante.**



*Figura 2: José Javier ángeles alejo. (2017) Modelado en barro para procedimiento de moldeo. Fotografía digital.*

La ejecución de la técnica de molde perdido comprende una serie de pasos que, dentro del ámbito escultórico, son rápidos y de costes económicos reducidos. Este método es denominado como “perdido” debido a que únicamente podemos reproducir la pieza una sola vez, debido a que para extraer el positivado del interior, el molde ha de romperse. Generalmente, el procedimiento de molde perdido se lleva a cabo a raíz una pieza modelada en barro u otro tipo de pasta. Desde el inicio del modelado es necesario tener una idea de la configuración que va a tener el molde para la posterior reproducción de la pieza (Martínez Gómez, 2015).

El modelado de barro es dividido con una fina línea para tener una idea esquemática de las partes de las que va a constar el molde. Estas divisiones se efectúan insertando piezas de acetato en la superficie de barro señalada (*figura 3*). También, pueden introducirse chapas de un grosor fino o cualquier otro material que actué correctamente como área delimitadora entre parte y parte del molde.



*Figura 3:* José Javier ángeles alejo. (2017) *Modelado en barro para procedimiento de moldeo.* Fotografía digital. Colocación de acetatos para la división de las piezas del molde.

Colocado el acetato, se salpica sobre la superficie del modelado una mezcla óptima de escayola para que llegue sin dificultad a todos los huecos de la figura (*figura 4*). No podemos construir el molde en un mismo tiempo cubriendo la figura en el acto. Cada una de las partes del molde se elabora en orden de sucesión para incorporar llaves o sujeciones que hagan encajar una parte del molde con la otra.



*Figura 4:* José Javier ángeles alejo. (2017) *Confección de molde perdido*. Fotografía digital. Aplicación de la primera capa de escayola.

Se aplican las sucesivas capas de escayola hasta que el molde tenga un grosor adecuado. Si la superficie a moldear es muy amplia, introducimos esparto empapado en escayola para evitar una posible rotura antes de la extracción de la reproducción. Las divisiones de acetato no deben perderse entre la escayola para ser retiradas con facilidad (*figura 5*).



*Figura 5:* José Javier ángeles alejo. (2017) *Confección de molde perdido*. Fotografía digital. Busqueda de la línea de unión de las piezas del molde.

En determinadas ocasiones, el propio barro puede hacer efecto ventosa con las paredes internas del molde. Como solución, se vierte abundante agua entre las líneas de apertura del molde. El agua penetra separando la figura de barro de la superficie del molde acompañada de un característico sonido de vacío facilitando la extracción. Con el empleo de cuñas de madera, se ejerce presión en los puntos de mayor apertura, con la precaución de no dañar el interior del molde (*figura 6*). Se retira el modelado de barro y todos los fragmentos que se encuentren en la superficie para limpiar el molde (*figura 7*).



*Figura 6: José Javier ángeles alejo. (2017) Confección de molde perdido. Fotografía digital. Apertura del molde para la extracción del modelo de barro.*



*Figura 7: José Javier ángeles alejo. (2017) Confección de molde perdido. Fotografía digital. Interior del molde.*

Aplicamos desmoldeante en la superficie de la impronta para que el positivado no quede adherido al molde. Existe una extensa gama de productos para emplear a modo de desmoldeantes como aceites, gomas o grasas. Un producto muy eficaz es la cera para muebles, que, al ser un producto graso, persiste en la superficie aplicada varias horas. Otros productos que podemos utilizar como desmoldeantes son la goma laca, la lejía, barbotina, estearina o parafina (Pereira Uzal, 2010).

Existen varios procedimientos para rellenar un molde de estas características:

- 1 Molde abierto. Cada una de las partes del molde se rellena de manera superficial de escayola. Una vez fraguadas, se humedecen con abundante agua y se unen las dos partes del molde adhiriéndolas con escayola desde el exterior. Las uniones internas se completan introduciendo escayola en el interior desde el bebedero para unificar las dos partes de la reproducción (*figura 8*). Este es un procedimiento habitual en piezas de gran tamaño o en aquellas que presentan múltiples angulosidades y zonas a las que la materia de relleno no podría llegar debido a su densa fluidez. Con este procedimiento, también evitamos que el armazón pueda romperse por la presión o el peso de la materia con la que se está llenando.



*Figura 8:* José Javier ángeles alejo. (2017) *Confección de molde perdido*. Fotografía digital. Relleno de molde. Molde abierto.

- 2 Por colada. Este método consiste en cerrar el molde y verter una pequeña cantidad de materia de relleno en estado líquido, la suficiente como para que al voltear y girar el molde, sus paredes queden impregnadas de dicha materia. Cuando la materia esté ligada a la pared del molde, vaciamos el sobrante en el recipiente de la mezcla y volvemos a aplicar una segunda cantidad siguiendo el mismo método. Al igual que con el procedimiento anterior, conseguimos un positivado en hueco evitando que la pieza final sea maciza (*figura 9 y 10*).
- 3 Molde cerrado. Se trata de cerrar el molde uniendo todas sus partes. Se tapan las fisuras y uniones con escayola y esparto para evitar, a grandes rasgos, que el molde ceda y se abra a consecuencia de la presión que ejerce la materia de relleno.

Colmado el molde de materia de relleno, golpeamos ligeramente sus paredes para subir a la superficie todas aquellas burbujas que se generan en el vertido de la materia y que pueden estropear la superficie del positivado. Podemos percibir cuando ha empezado a fraguar la escayola, gracias a su aumento de temperatura. Cuando la escayola del interior vuelve a perder por completo la temperatura adquirida en la reacción, se efectúa la rotura del molde.

Es en este punto donde nos encontramos con el gran problema que deriva de este procedimiento. Durante la rotura del molde, está presente el peligro de que la pieza de su interior se fracture debido a una utilización imprecisa de las herramientas (*figura 11*). Este método implica generar gran cantidad de desecho, derivado de los cascotes de escayola que se producen al romper el molde. Son desechos difíciles de tratar, requiriendo un recipiente sólido que resista el peso de los mismos y un lugar donde poder verterlos.



*Figura 9:* José Javier ángeles alejo. (2017) *Confección de molde perdido*. Fotografía digital. Molde hueco



*Figura 10:* José Javier ángeles alejo. (2017) *Confección de molde perdido*. Fotografía digital. Molde relleno de escayola.



Figura 11: José Javier ángeles alejo. (2017) *Confección de molde perdido*. Fotografía digital. Rotura del molde.



Figura 12: José Javier ángeles alejo. (2017) *Busto de "Carlota Remfry de Kidd"* realizado a partir de un modelado de barro por medio de la técnica de molde perdido. Fotografía digital.



*Figura 13: José Javier ángeles alejo. (2017) Busto de “Carlota Remfry de Kidd” realizado a partir de un modelado de barro por medio de la técnica de molde perdido. Fotografía digital. Adecuación estética de la obra.*

### **7.2.1. Justificación de uso de la técnica escultórica de molde perdido para la fase de moldeo con árido algínico.**

Los motivos para extrapolar este procedimiento para la experimentación de las fases de moldeo a partir del árido de alginato, a pesar del riesgo que supone para positivos delicados, es el bajo coste de los materiales empleados y la brevedad con la que se puede ejecutar. Los sucesivos estudios de materiales realizados con anterioridad nos han redireccionado nuevamente a estudiar el alginato como una materia de moldeo. El objetivo del empleo de este árido como materia de moldeo, se basa en la obtención de un molde que se desprenda de la pieza, rompiéndose sin la necesidad de intervenir manualmente, adecuando la naturaleza de los materiales a una técnica escultórica, en consonancia con el reciclaje de los desechos del alginato (Martínez Maldonado y Peña Rodríguez, 2014, p. 2).

Los resultados obtenidos en el estudio analítico de combinación de materiales dieron ciertos resultados incompatibles para reproducir piezas debido a un exceso de proporción en árido algínico con respecto a la escayola empleada. Como resultado, se obtuvo una probeta que se deshacía en contacto con el agua. Partiendo de estas pruebas, hemos introducido estos resultados imprecisos como mediciones para la realización de un molde perdido, barajando la hipótesis, de que, en lugar de retirar el molde a base de martillo y cincel, baste únicamente con introducirlo en agua hasta que la materia se haya desprendido por completo dejando al descubierto la pieza del interior.

### **7.3. Método empleado.**

Con el procesado de los desechos de alginato obtenemos un subproducto que ha perdido las propiedades fundamentales propias de los ácidos que contiene. Partiendo de este dato, este ensayo se efectúa por medio del aprovechamiento de las cualidades de compactación que aún conserva la materia, que se hacen patentes al mezclarlo con una cantidad determinada de agua.

Las proporciones de agua variarán en función de la pieza y el grosor del molde. El árido derivado de alginato tiene la peculiaridad de expulsar agua rápidamente. Aunque en un principio se han llevado a cabo mediciones por tanteo, añadiendo agua y polvo hasta conseguir una consistencia considerada adecuada para esta práctica, se ha tenido en cuenta el brusco proceso de retracción provocado por la expulsión de agua. Si el agente de moldeo se retrae una vez aplicado en el modelo a copiar, aparecerían grietas y oquedades en diversas zonas de su superficie, dando como resultado un molde completamente disfuncional.

Aunque este procedimiento sigue los mismos parámetros procesuales que el sistema de molde perdido, se trata de un método más lento al no existir en la composición de la mezcla ninguna materia reactiva que tienda a iniciar un proceso de fraguado, catálisis o maduración. El uso de esta materia se basa en el secado y en menor medida, en la evaporación del agua que contiene. El secado y la evaporación hacen que los microgránulos del árido se adhieran entre sí, reactivando nuevamente propiedades propias del alginato.

#### **7.4. Examen n°1. Estudio de proporciones, comportamiento y valoración de resultados.**

El primer molde se ha elaborado con una mezcla de iguales proporciones que la probeta de árido algínico n°1; por cada 100 gr de árido se emplearán 200 gr de agua, habiendo utilizado para llenar el encofrado 500 gr de árido + 1.000 gr de agua.

##### **Objetivos del examen n°1.**

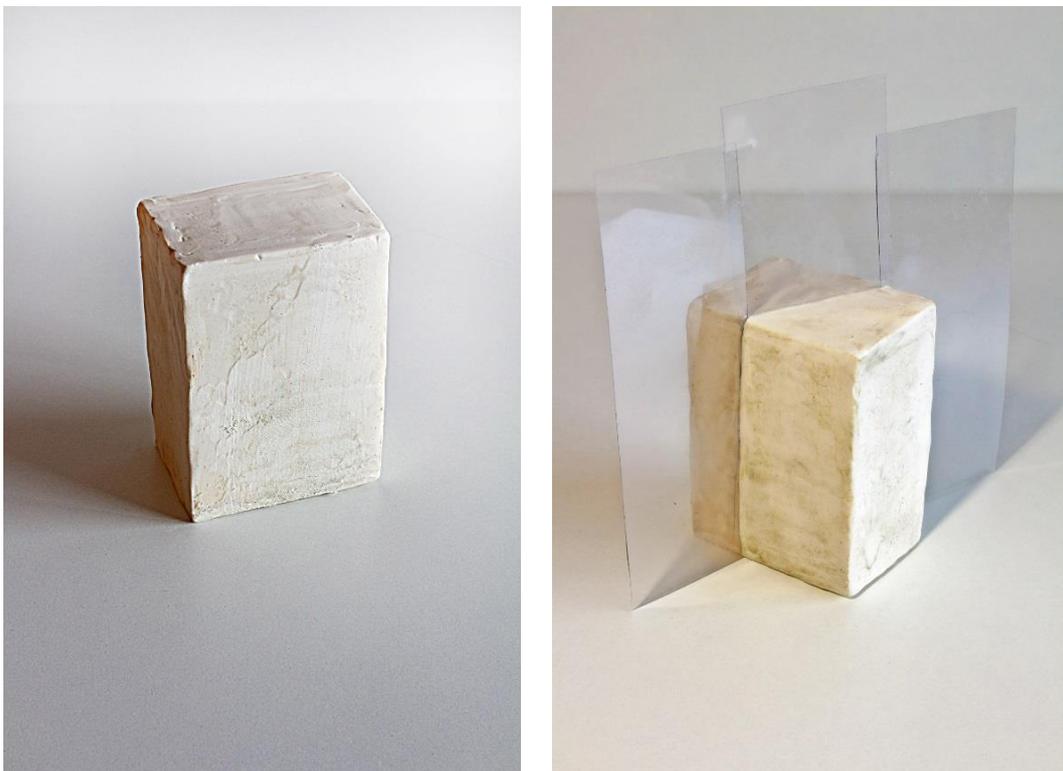
- 1- Estudiar el comportamiento de esta materia realizada en grandes cantidades.
- 2- Confirmar un nivel de copia y registro aceptable del objeto a moldear.
- 3- Hallar proporciones aproximadas.
- 4- Conocer el grado de retracción de la materia y cómo afecta a la superficie de la pieza.

El molde ha sido llevado a cabo por medio de un encofrado (*figura 14*). Se ha introducido una pieza rectangular de plastilina dividida con acetatos. La plastilina, por su naturaleza grasa, no requiere de ningún tipo de desmoldeante para poder extraerla del molde evitando la solubilidad entre ambas materias (*figura 15*). Se ha aplicado desmoldeante en las paredes del encofrado para prevenir la adherencia de la materia a la madera. (*figura 16*).

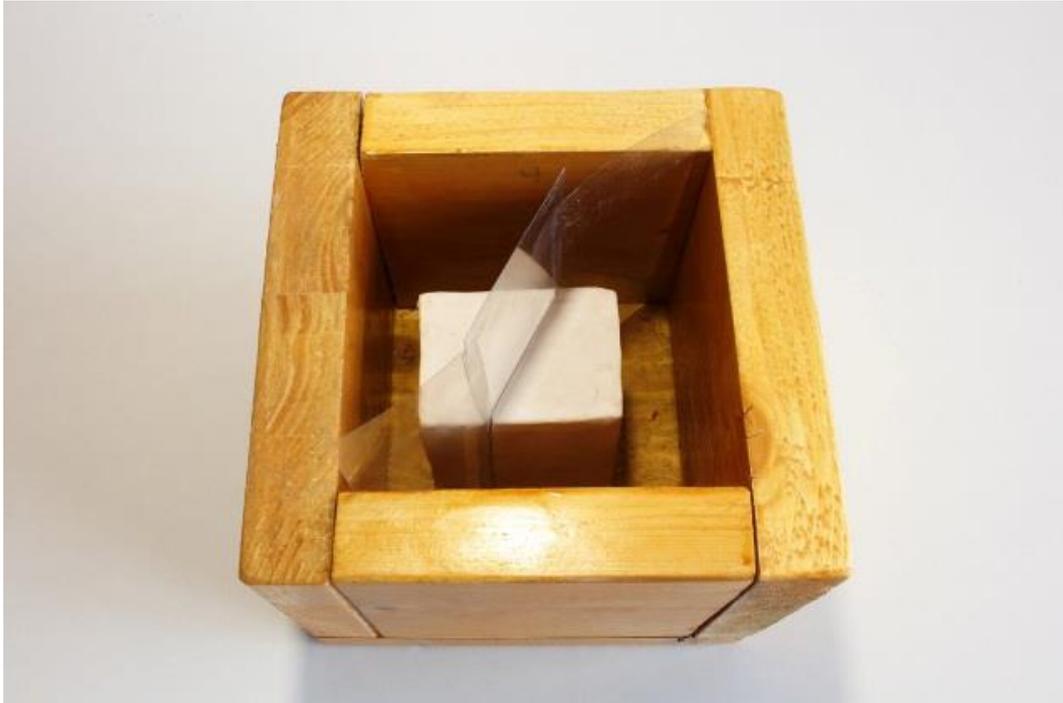
La materia ofrece la facilidad de ocupar todos los rincones del encofrado al encontrarse en un estado parcialmente líquido (*figura 17*). Durante la combinación de agua y polvo, pueden aparecer agrupaciones de gránulos similares a grumos que se disolverán en contacto continuo con el agua.



*Figura 14:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Estudio de la materia: Fases de moldeo con árido algínico*. Fotografía digital. Encofrado desmontable de madera.



*Figura 15:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Estudio de la materia: Fases de moldeo con árido algínico*. Fotografía digital. Izquierda: modelo de plastilina. Derecha: división con acetato.



*Figura 16:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Estudio de la materia: Fases de moldeo con árido algínico.* Fotografía digital. Encofrado de la fieza.



*Figura 17:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Estudio de la materia: Fases de moldeo con árido algínico.* Fotografía digital. Aplicación de pasta de árido algínico como materia de moldeo.

Una de las peculiaridades de esta materia se manifiesta en el momento de moldear, obligando a realizar mezcla suficiente para toda la figura o para copar un encofrado. Aunque esta materia no fragüe rápidamente, comienza a perder agua de manera muy acelerada (*figura 18*). Si se introduce una segunda mezcla, se da comienzo a dos tiempos distintos de expulsión de agua.

Tal y como se esperaba, la materia ha tenido un proceso de retracción muy brusco, quebrando la superficie del molde y dejando la pieza a positivar a la vista. No obstante, la materia en este estado adquiere la capacidad de copiar el objeto en el que se aplica. La retracción que esta materia experimenta es homogénea. La pérdida de volumen es proporcional a la cantidad de agua que la mezcla contenga (*figura 19*).



*Figura 18:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Estudio de la materia: Fases de moldeo con árido algínico*. Fotografía digital. Expulsión de agua de la materia de moldeo. 3 minutos desde la aplicación.



*Figura 19:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Estudio de la materia: Fases de moldeo con árido algínico*. Fotografía digital. Apertura del encofrado de madera.



*Figura 20:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Estudio de la materia: Fases de moldeo con árido algínico*. Fotografía digital. Comprobación de la materia aplicada sobre la superficie del modelo de plastilina.

La retracción comprime la materia generando grietas y fisuras de gran tamaño en la superficie, debido a una contracción homogénea, quedando el modelo de plastilina al descubierto (*figura 21*). Sin embargo, la adhesión de la materia a la superficie y la copia de la misma han sido correctas, ofreciendo un alto grado de registro (*figura 22*).



Figura 21: José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Estudio de la materia: Fases de moldeo con árido algínico*. Fotografía digital. Comprobación del resultado. Medición de las fisuras de la superficie.

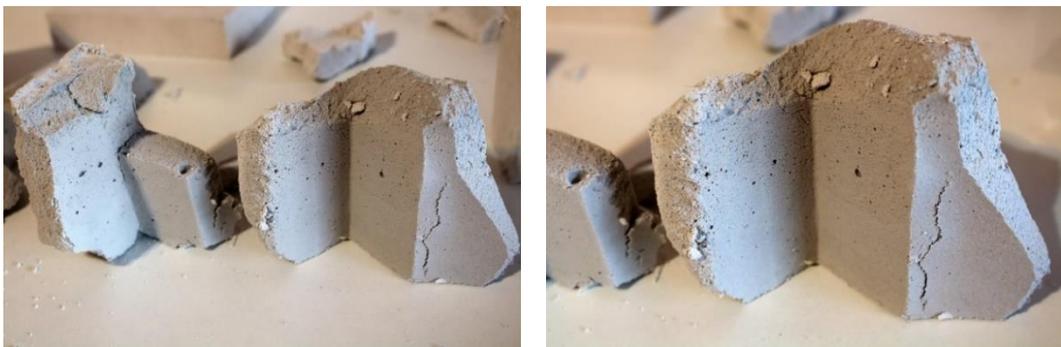


Figura 22: José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Estudio de la materia: Fases de moldeo con árido algínico*. Fotografía digital.: Estudio del estado de la materia posterior al proceso de encofrado, moldeo y apertura.

<b>Características técnicas del molde</b>	
Composición	500 gr de árido algínico + 1000 gr de agua
Tiempo de secado de la materia de moldeo	10 días

Tabla 1: Composición del molde y tiempos de secado.

## 7.5. Examen n°2. Corrección de la fase de retracción.

A medida que varían las cantidades de árido algínico, se producen distintos tiempos de solidificación. Para evitar el proceso de retracción se ha introducido una mayor cantidad de polvo con la misma cantidad de agua. Las proporciones en este caso son de 800 gr de árido algínico + 1.000 gr de agua. Dadas estas proporciones, hemos calculado la cantidad justa para llenar el encofrado por completo: 700 gr de árido algínico + 875 gr de agua (*figura 23*).

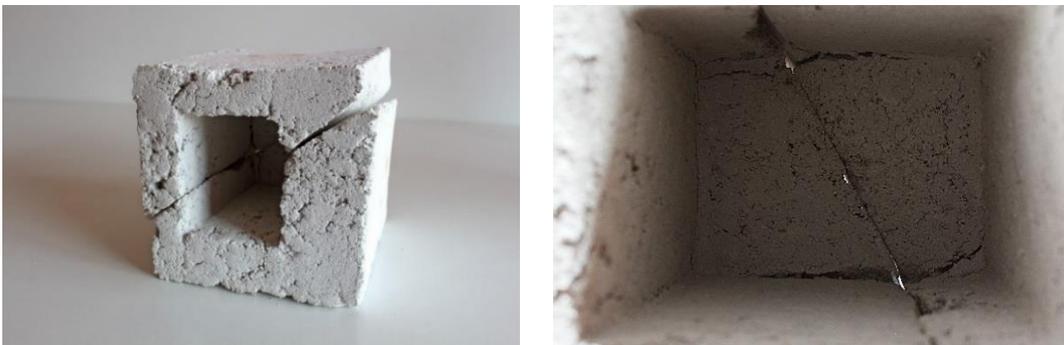


*Figura 23:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Estudio de la materia: Fases de moldeo con árido algínico*. Fotografía digital. Apertura del encofrado y comprobación del proceso de retracción.

A partir de los cinco días comienza a apreciarse una superficie relativamente seca que, a pesar de la pérdida sustancial de agua que ha tenido, sigue conservando su forma inicial. Los indicios de la fase de retracción son mínimos. Es a partir de los diez días cuando es posible abrir el molde y retirar la pieza de su interior (*figura 24*). Tanto en las zonas de unión exteriores como en las zonas interiores, la retracción ha originado grietas. No obstante, las piezas del molde encajan la una con la otra, dejando el registro de la pieza totalmente cerrado (*figura 25*). Los desperfectos ocasionados por la retracción únicamente afectan al molde y no a la pieza a positifar.



*Figura 24: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Estudio de la materia: Fases de moldeo con árido algínico. Fotografía digital. Estudio de las cavidades interiores del molde. Acople de las partes del molde.*



*Figura 25: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Estudio de la materia: Fases de moldeo con árido algínico. Fotografía digital. Observación de las zonas internas de no contacto.*

Al ser la pasta de árido algínico de una naturaleza altamente porosa, las partes del molde no han sido unidas a base de escayola como habitualmente se procedería. Se ha empleado el propio árido algínico y una mínima cantidad de agua para tapar las grietas y oquedades. Para contribuir a la adhesión de las dos mitades, se han empleado gomas elásticas, que ejercen una mínima presión al molde por la parte exterior.

La cera que se ha vertido en el interior del molde tiene la mínima temperatura necesaria para su correcta fluidificación. De lo contrario, un choque térmico podría afectar de manera negativa a aquella cera que quede directamente adherida a la pared del molde (*figura 26*).



Figura 26: José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Estudio de la materia: Fases de moldeo con árido algínico*. Fotografía digital. Vertido de cera templada.

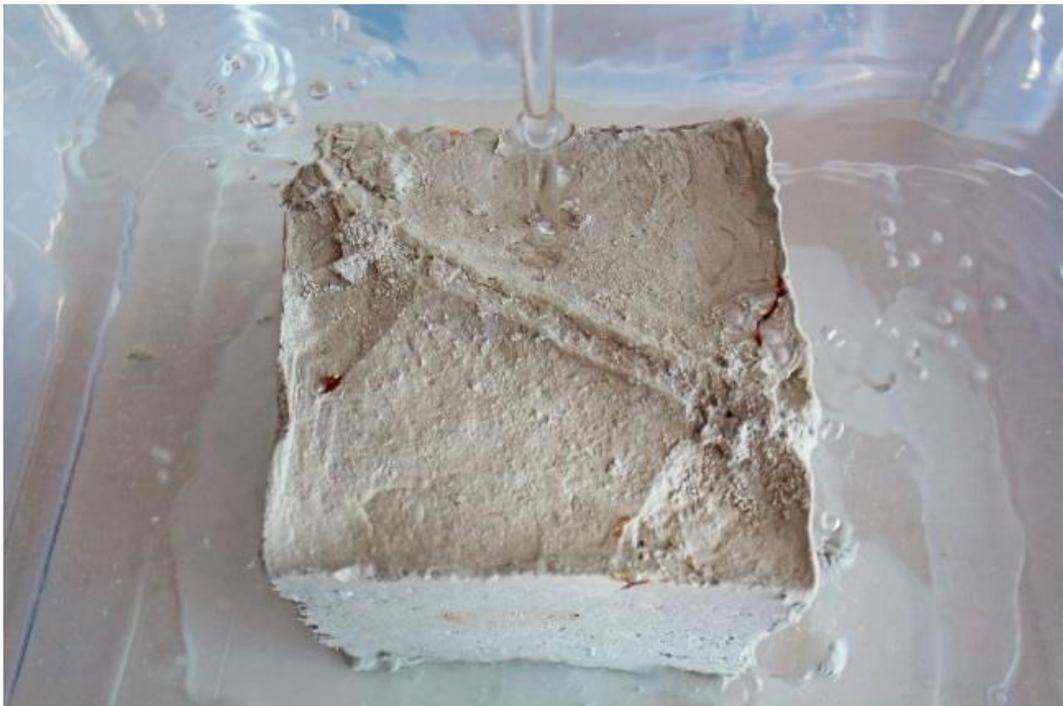


Figura 27: José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Estudio de la materia: Fases de moldeo con árido algínico*. Fotografía digital. Enfriamiento de la cera.

Una vez la cera ha endurecido por completo tomando la temperatura ambiente, se ha introducido el molde en el recipiente de observación para comprobar la actuación del agua en la superficie del material. Tal y como ha ocurrido en las pruebas anteriores, las paredes del molde han comenzado a expulsar gran cantidad de oxígeno, agrietando la superficie del molde poco a poco (*figura 28*).

A los tres minutos de la inmersión, la materia que compone el molde ha comenzado a disgregarse lentamente dejando caer pequeños fragmentos al fondo del recipiente (*figura 29*), hasta originar grietas de considerable tamaño en la superficie por las cuales se ha iniciado la completa rotura de la superficie (*figura 30*).

Al igual que en las pruebas de inmersión de probetas, se observan incipientes aperturas por las aristas del molde (*figura 31*). El molde se rompe totalmente con una mínima manipulación dejando el modelo de cera al descubierto y sin necesidad de ningún tratamiento (*figura 32*).



*Figura 28:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Estudio de la materia: Fases de moldeo con árido algínico*. Fotografía digital. Inmersión del molde en agua.



*Figura 29: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Estudio de la materia: Fases de moldeo con árido algínico. Fotografía digital. Proceso de inmersión. Absorción de agua. 3 minutos desde la inmersión.*



*Figura 30: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Estudio de la materia: Fases de moldeo con árido algínico. Fotografía digital. Solubilización gradual del molde. 30 minutos desde la inmersión.*



Figura 31: José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Estudio de la materia: Fases de moldeo con árido algínico*. Fotografía digital. Disgregación gradual. 1 hora desde la inmersión.



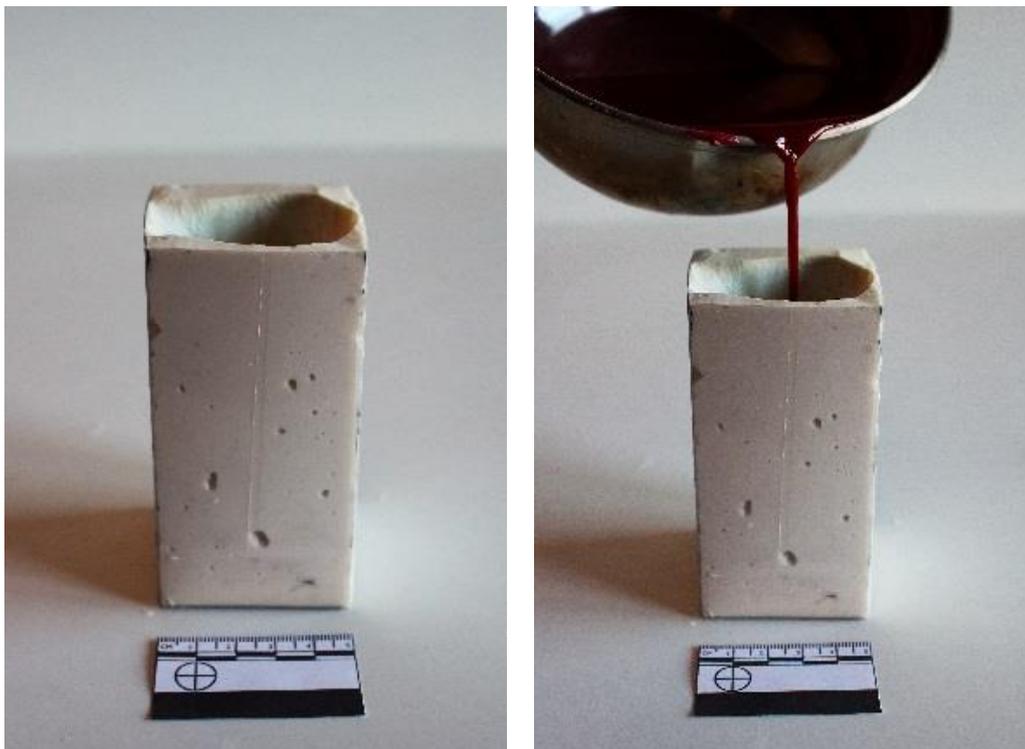
Figura 32: José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Estudio de la materia: Fases de moldeo con árido algínico*. Fotografía digital. Disgregación total del molde. 2 horas desde la inmersión.

<b>Datos técnicos del proceso.</b>	
Proporciones de mezcla	700 gr de árido algínico + 875 gr de agua
Tiempo de secado de la materia de moldeo	10 días

Tabla 2: Composición del molde y tiempos de secado.

## 7.6. El árido alginico como materia de moldeo. Fase de moldeo a la cera perdida.

Para confirmar los resultados obtenidos en la prueba de resistencia térmica, se ha sometido al árido alginico a un procedimiento de moldeo basado en la técnica de la cera perdida. Se requieren modelos de cera cuyo agente de moldeo sea el propio alginato dental. Con el fin de determinar si el alginato dental tiene la capacidad de reproducir modelos de cera, se ha realizado la reproducción de un pequeño modelo a partir del dedo pulgar de la mano, para comprobar la reacción y el comportamiento del contacto del alginato dental con la cera en estado líquido<sup>53</sup>. El vertido se ha efectuado un total de cinco veces a modo de colada para obtener un modelo hueco con el grueso suficiente para someterlo a la fase de moldeo por arena (*figura 33*). Una vez la cera ha solidificado, la reproducción ha podido ser extraída sin apenas romper el molde, reproduciendo todos los detalles de la impronta del alginato (*figura 34*).



*Figura 33: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Izquierda: molde de alginato dental Phase Plus, de Zhermack para reproducción en cera roja de dedo pulgar. Derecha: vertido de cera. Fotografía digital.*

<sup>53</sup> El molde de alginato dental ha de estar relativamente seco para evitar el contacto de la cera caliente con agua.



Figura 34: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Izquierda: rotura del molde y extracción del modelo. Derecha: modelo de cera de dedo pulgar. Fotografía digital.

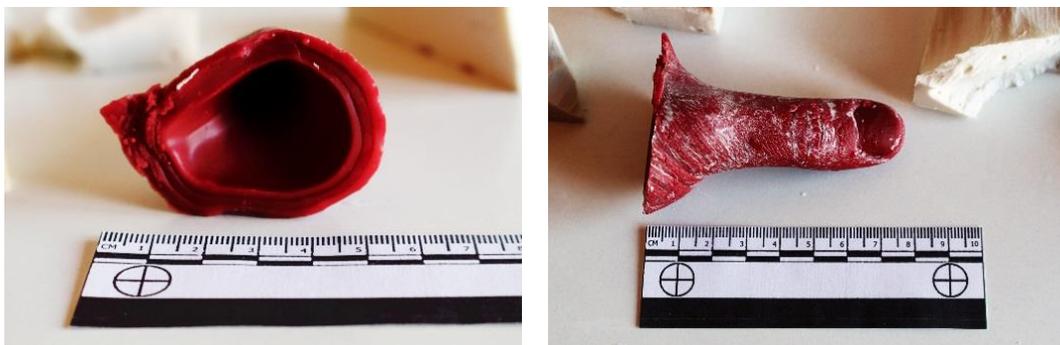


Figura 35: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Reproducción en cera roja de dedo pulgar. Fotografía digital. Izquierda: interior del modelo de cera. Derecha: modelo de cera.

Basándonos en la posibilidad de obtener modelos de cera a partir de moldes de alginato dental, se ha realizado la reproducción de dos manos de cera de mayor tamaño por medio del mismo procedimiento.

Para iniciar la prueba de la cera perdida, se ha realizado ha confeccionado un molde de árido algínico por medio de un encofrado a dos manos reproducidas en cera (figura 36).



*Figura 36: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Estudio de la materia: Fases de moldeo con árido algínico. Fotografía digital. Reproducción en cera a partir de fase de moldeo con alginato. Izquierda: puño. Derecha: mano abierta.*

### 7.7. Fase de moldeo 1. Comprobación de la capacidad de registro de la materia sometida a altas temperaturas y reacción al recibir la materia de relleno.

La composición de la siguiente mezcla corresponde a la probeta n°4 perteneciente al estudio de combinación de materiales (árido algínico + escayola E-35) (tabla 3). Gracias a los resultados obtenidos en el cálculo de retracción de la materia, podemos prever que el molde se agrietará debido al índice de retracción. No obstante, el propósito de esta prueba es aplicar la resistencia térmica de la materia a un procedimiento escultórico. Habiendo obtenido datos concluyentes acerca de la disgregación de esta materia sumergida en agua, el molde hueco se ha rellenado de otra materia fraguante para positivar el interior, procediendo después, a introducir el molde en agua para extraer la pieza positivada.

Probeta n°4	
Composición	100 gr de árido y 20 gr de E-35 por cada 150 gr de agua.
Dimensiones iniciales	125 mm x 65 mm x 25 mm
Volumen inicial	203.125 mm <sup>3</sup>
Peso inicial	260 gr
Tiempo de secado	3 días
Dimensiones tras el secado	118'2 mm x 61'8 mm x 24'2 mm
Volumen tras el secado	176.775 mm <sup>3</sup>
Peso tras el secado	118 gr
Retracción	12'9 %

Tabla 3: Resultados de las mediciones realizadas a la probeta de pasta de árido algínico y escayola n°4.

Del mismo modo que en la prueba anterior, se ha confeccionado un molde a la pieza de cera, teniendo especial precaución con las cantidades de agua y tiempos de fraguado. Aunque necesita varios días para un secado total de la superficie, tanto en el exterior como en el interior, la humedad restante se ha eliminado totalmente con el fuego aplicado por medio del soplete. Esta acción deshidrata la pieza por completo gracias a la alta temperatura, que la adecúa para una correcta disgregación una vez esté inmersa en agua. Puede comprobarse el efecto de la retracción aplicado a una fase de moldeo sobre un objeto de forma irregular (*figura 37 y 38*).



*Figura 37:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Estudio de la materia: Fases de moldeo con árido algínico*. Fotografía digital. Pieza de cera revestida de mortero compuesto de árido algínico y escayola E-35.



*Figura 38:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Estudio de la materia: Fases de moldeo con árido algínico*. Fotografía digital. Izquierda: bebedero y agrietado por retracción. Derecha: superficie agrietada a consecuencia del proceso de retracción.

El molde se ha colocado en una campana especial para la extracción de cera en procedimientos similares. La aplicación de temperatura se ha iniciado envolviendo la pieza totalmente para un calentamiento superficial hasta un aumento total de la temperatura. El bebedero se situa hacia abajo para una correcta expulsión de la cera del interior (*figura 39 y 40*).



*Figura 39:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Estudio de la materia: Fases de moldeo con árido algínico*. Fotografía digital. Acumulación de temperatura en la superficie del molde. Superficie al rojo vivo.



*Figura 40:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Estudio de la materia: Fases de moldeo con árido algínico*. Fotografía digital. Izquierda: aplicación de fuego directo por medio de soplete de butano. Campana de extracción de cera. Derecha: expulsión de cera del interior del molde.

Es necesario mantener el soplete con la llama directa hacia el molde unos diez minutos aproximadamente. Terminado el proceso, el molde comenzará a expulsar humo de manera brusca. Este humo es indicativo de que las paredes internas de la pieza están quemándose. Es necesario extremar las medidas de precaución y realizar este tipo de práctica en una zona ventilada (*figura 41*). El molde permanece expulsando humo durante una hora, después de la extracción total de la cera. Como se ha mencionado anteriormente, la acumulación de calor conduce a una disgregación de las zonas internas del molde. Gran parte de las áreas que sostenían al conjunto se han carbonizado, por lo que el molde puede partirse con mucha facilidad. Este hecho provoca que la materia, una vez ha tomado la temperatura ambiente, se vuelva muy delicada y quebradiza al manipularla, por lo que podemos perder el molde durante el proceso. Para corregir la acumulación de temperatura se aplica una llama menos potente para evitar la incandescencia. No obstante, la impronta del molde muestra como el mortero ha registrado gran parte de la primera mano de cera. Las zonas quebradizas y de mayor riesgo se han asegurado con un vendaje de escayola (*figura 42*).



*Figura 41:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Estudio de la materia: Fases de moldeo con árido algínico*. Fotografía digital. Cera extraída del interior del molde. Izquierda: enfriamiento de la superficie. Derecha: deshumado de la pieza durante la fase de enfriamiento.



Figura 42: José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Estudio de la materia: Fases de moldeo con árido algínico*. Fotografía digital. Molde realizado con de mortero compuesto de árido algínico y escayola E-35. Aplicación de venda de escayola para asegurar las zonas agrietadas.

### **Medidas de precaución.**

Estas acciones pueden generar vapores tóxicos y humos devenidos de la práctica a la cera perdida.

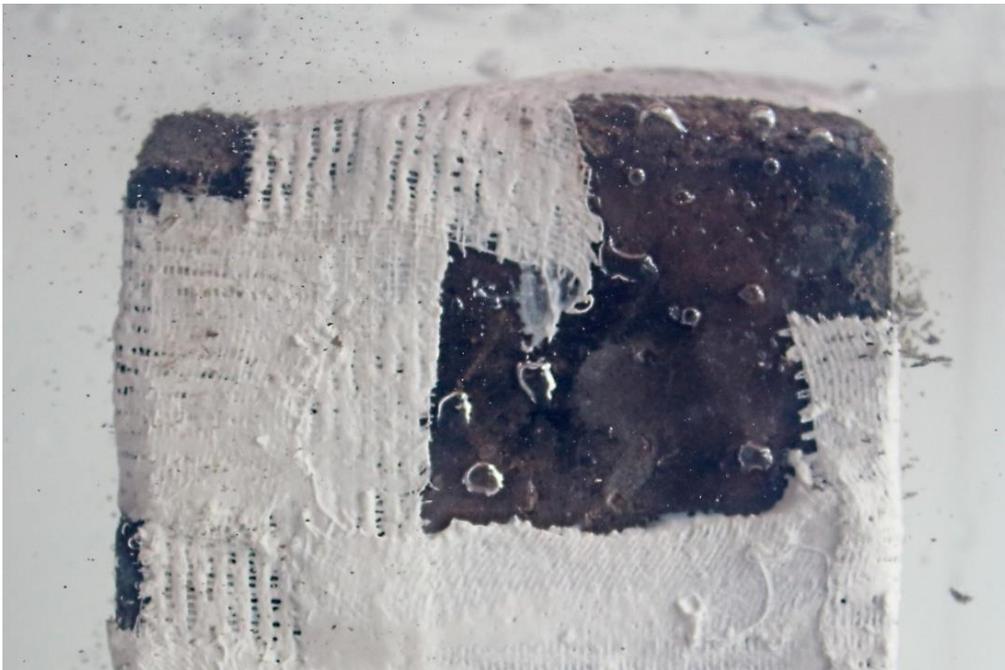


Uso de guantes seguridad, mascarillas y gafas de protección.

**7.7.1. Fase de moldeo 1. Inmersión del molde para la extracción de la pieza y comprobación de la reproducción.**



*Figura 43: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Estudio de la materia: Fases de moldeo con árido algínico. Fotografía digital. Proceso de absorción de agua.*



*Figura 44: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Estudio de la materia: Fases de moldeo con árido algínico. Fotografía digital. Inicio de disgregación de la materia. Suspensión de partículas desprendidas.*



Figura 45: José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Estudio de la materia: Fases de moldeo con árido algínico*. Fotografía digital. Izquierda: inicio de disgregación de la materia. Derecha: disgregación de la materia.

En pocos minutos, la materia se disgrega por completo enturbiando el agua (figura 46). Todo el desecho producido por la disgregación se deposita en el fondo tras perder la agitación. El residuo carbonizado localizado en determinadas zonas de la superficie de la reproducción se elimina aplicando agua (figura 48 y 49).



Figura 46: José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Estudio de la materia: Fases de moldeo con árido algínico*. Fotografía digital. Disgregación total de la materia. Enturbiamiento del agua por acumulación de partículas suspendidas.



*Figura 47: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Estudio de la materia: Fases de moldeo con árido algínico. Fotografía digital. Proceso de decantación. Agrupación de residuos carbonizados en el fondo del recipiente. Pieza extraída del molde.*



*Figura 48: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Reproducción de mano de escayola a partir de fase de moldeo con árido algínico. Fotografía digital. Técnica a la cera perdida.*



*Figura 49: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Reproducción de mano de escayola a partir de fase de moldeo con árido algínico. Fotografía digital. Abultamientos y protuberancias en las zonas de agrietamiento del molde producidas por el cambio dimensional. Técnica a la cera perdida.*



*Figura 50: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Reproducción de mano de escayola a partir de fases de moldeo con árido algínico. Fotografía digital. Adecuación estética de la reproducción.*

El resultado obtenido en la primera fase de reproducción a partir del molde sometido a combustión para la extracción de la cera, se observa que las paredes calcinadas del molde han transferido parte del hollín generado por el humo del proceso. Determinadas zonas del interior del molde se han destruido en el proceso a consecuencia de un incremento de temperatura, mayor del correspondiente.

Aunque las partes del molde han sufrido daños producidos por la temperatura, la materia posee capacidad de copia para la reproducción, adecuándose de manera funcional al objetivo ideado para la utilización de la materia como agente de moldeo soluble.

## 7.8. Fase de moldeo 2. Corrección de la retracción y ajuste de los niveles de temperatura.

La corrección de la retracción en la superficie del molde nos permitirá realizar una reproducción de mayor calidad. Se ha utilizado como referencia de mezcla la tabla de datos de la probeta nº6 (árido algínico + escayola E-35). Esta probeta muestra un 6'9 % de retracción en su última fase, corregida gracias a una mayor adición de escayola (*tabla 4*).

<b>Probeta nº6</b>	
Composición	100 gr de árido y 60 gr de E-35 por cada 170 gr de agua.
Dimensiones iniciales	125 mm x 65 mm x 25 mm
Volumen inicial	203.125 mm <sup>3</sup>
Peso inicial	327 gr
Tiempo de secado	1 día
Dimensiones tras el secado	121'9 mm x 64'1 mm x 24'2 mm
Volumen tras el secado	189.093 mm <sup>3</sup>
Peso tras el secado	151 gr
Retracción	6,9 %

*Tabla 4:* Resultados de las mediciones realizadas a la probeta de árido algínico y escayola E-35 nº6.

Para disminuir el proceso de retracción se ha introducido talco en la composición que, además, evita el agrietamiento de la superficie (DeGarmo *et al.* 1994, p. 334). Por cada 100 gramos de árido algínico y 60 gramos de escayola E-35, se han añadido 5 gramos de talco.



*Figura 51:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Estudio de la materia: Fases de moldeo con árido algínico*. Fotografía digital. Izquierda: pieza de cera revestida de mortero compuesto por árido algínico, escayola E-35 y talco. Derecha: colocación del molde en la campana de extracción de cera.



*Figura 52:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Estudio de la materia: Fases de moldeo con árido algínico*. Fotografía digital. Expulsión de cera del interior del molde.



*Figura 53: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Estudio de la materia: Fases de moldeo con árido algúnico. Fotografía digital. Recocido de la masa que compone el molde para una mejor disgregación. Superficie al rojo vivo por acumulación de temperatura.*



*Figura 54: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Estudio de la materia: Fases de moldeo con árido algúnico. Fotografía digital. Interior del molde.*



*Figura 55: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Estudio de la materia: Fases de moldeo con árido algínico. Fotografía digital. Molde recocido. Superficie carbonizada durante el proceso de extracción de cera.*

### 7.8.1. Fase de moldeo 2. Inmersión del molde para la observación de los resultados en la corrección de proporciones. Extracción de la pieza.

Los resultados obtenidos en las pruebas de inmersión de probetas nos indican que, al sumergir el molde en agua, podemos proceder a la extracción de la pieza sin la manipulación del revestimiento.



Figura 56: José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Estudio de la materia: Fases de moldeo con árido algínico*. Fotografía digital. Izquierda: inicio de disgregación de la materia. Suspensión de partículas desprendidas de la superficie del molde. Derecha: disgregación de la materia.



Figura 57: José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Estudio de la materia: Fases de moldeo con árido algínico*. Fotografía digital. Proceso de absorción de agua.



*Figura 58: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Estudio de la materia: Fases de moldeo con árido algínico. Fotografía digital. Decantación del agua. Agrupación de residuos carbonizados en el fondo del recipiente. Pieza extraída del molde.*

Las proporciones indicadas, producen un proceso de fraguado más potente que con las anteriores, ralentizando la disgregación de la materia en el agua. Han sido necesarias dos horas hasta que la pieza se ha liberado por completo. La adición de talco micronizado ha contribuido a preservar la estabilidad dimensional del molde, ofreciendo la posibilidad de aplicar una mayor cantidad de temperatura por fuego directo para la expulsión de la cera. En esta ocasión, las fisuras producidas por la retracción al deshidratarse con la aplicación de la llama, son únicamente superficiales, quedando el interior intacto e incluso sin carbonizar, gracias a la rigidez que proporciona el proceso de fraguado del sulfato cálcico añadido.

La consistencia del molde ofrece una reproducción sin deformaciones superficiales, habiendo sido extraída únicamente mediante disgregación por agua. Ofrece un alto nivel de detalle, muy aproximado al de la reproducción en cera a partir de un molde de alginato (*figura 59, 60 y 61*).



*Figura 59: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Reproducción de mano de escayola a partir de fase de moldeo con árido algínico. Fotografía digital. Técnica a la cera perdida.*



*Figura 60: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Reproducción de mano de escayola a partir de fase de moldeo con árido algínico. Fotografía digital. Detalles de arrugas de la mano.*



Figura 61: José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Reproducción de mano de escayola a partir de fase de moldeo con árido algínico*. Fotografía digital.

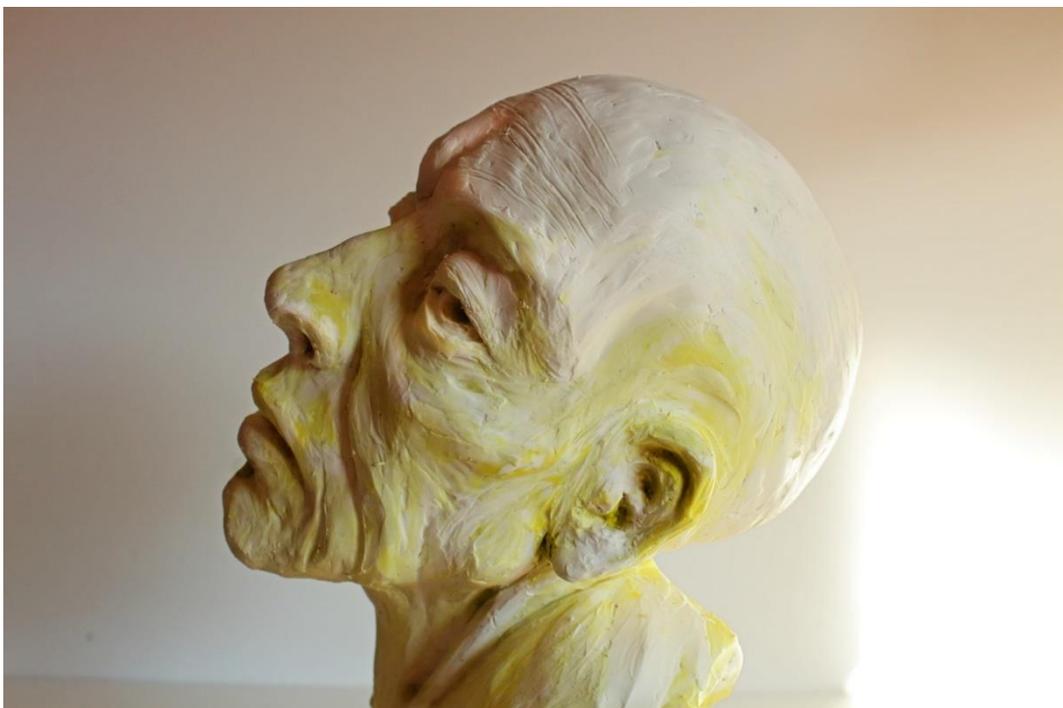


Figura 62: José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Reproducción de mano de escayola a partir de fase de moldeo con árido algínico*. Fotografía digital. Acabado estético de la reproducción con aplicación de pátina de imitación de bronce.

## 7.9. Fase de molde perdido a partir de mortero compuesto por árido algínico y escayola E-35.

La técnica basada en el molde perdido nos ha permitido hallar una aplicación para el árido algínico dentro del amplio compendio de técnicas empleadas para la reproducción escultórica. Con la búsqueda de un equilibrio de proporciones y medidas de las materias que componen el mortero, se solventan las posibles contrariedades devenidas por el comportamiento natural de estos compuestos, como la aparición de grietas producidas por los procesos de retracción.

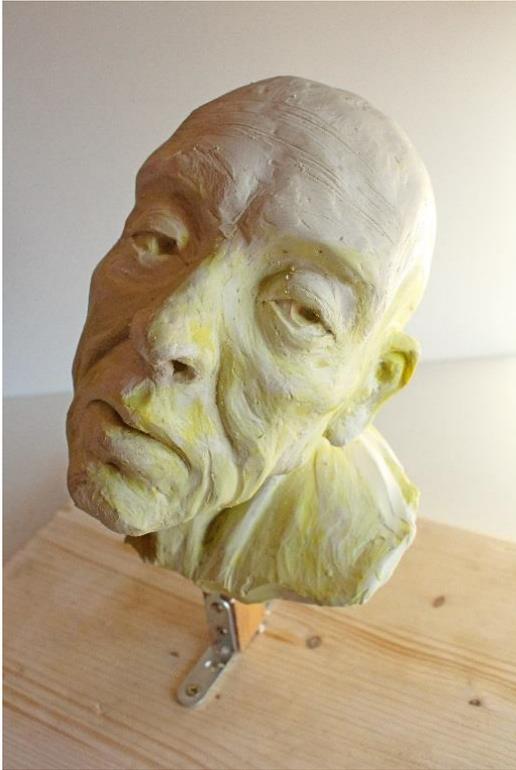
Con el propósito de confirmar que el árido algínico posee características apropiadas para la reproducción escultórica, se ha confeccionado una obra para la aplicación de las fases de moldeo correspondientes. Se trata de un modelado en plastilina de mayor tamaño que las reproducciones anteriores. Una de las hipótesis derivadas del uso de esta materia se basa en que, a mayor cantidad de materia, existirá una menor probabilidad de que aparezcan grietas por contracción, debido a que la fuerza ejercida por una gran cantidad de masa sobre la superficie del modelo es mayor (*figura 63*).



*Figura 64:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Modelado de plastilina*. Fotografía digital. Vista lateral izquierda.



*Figura 63:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Modelado de plastilina*. Fotografía digital. Confección de molde perdido a partir de mortero compuesto de árido algínico y escayola E-35.



*Figura 65: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Modelado de plastilina. Fotografía digital. Vistas frontales.*



*Figura 66: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Modelado de plastilina. Fotografía digital. Vista lateral derecha y trasera.*

En las pruebas anteriores, aunque la superficie mostraba ciertas grietas a causa de la retracción, la impronta no tenía ningún signo de deformación. Los desperfectos aparentes causados por la pérdida de volumen contribuyen a posteriori al paso de agua hasta el interior, hidratando toda la materia hasta producirse la deformación por absorción.

Basándonos en las reproducciones anteriores, las proporciones de polvo y agua indicadas nos permiten un registro total de la superficie del modelo. La materia grasa que compone el modelado contribuirá a un mejor secado del molde para su apertura.

### **7.9.1. Método empleado.**

Las fases de moldeo llevadas a cabo con el mortero compuesto de árido algínico siguen los mismos parámetros de realización que la técnica de molde perdido, basados en la división del modelado con acetatos, apertura, vaciado, fraguado y rotura total del molde para la reproducción y extracción de la pieza.

Existen tres puntos clave a tener en cuenta para la correcta mezcla y aplicación del mortero como materia de moldeo:

- El agua empleada no puede ser inferior o mayor de 170 gr por cada 100 gr de árido algínico.
- La mezcla a realizar no puede superar las proporciones indicadas, aunque sean equivalentes, debido al proceso de fraguado de la escayola añadida.
- Cada mezcla se aplica por apretón de abajo a arriba, para que cada mezcla sucesiva pueda apoyar en la anterior formando una estructura sólida.

Siguiendo los parámetros técnicos de la técnica basada en el molde perdido, se añaden otros procedimientos para el correcto funcionamiento de la materia en base a la reproducción y su disgregación sumergida en agua.

- División del modelado con acetato.
- Confección de mezclas individuales.
- Aplicación del mortero por apretón
- Secado natural de la materia.
- Aplicación de temperatura por medio de fuego directo para favorecer la deshidratación de la materia y su disgregación en agua.
- Introducción de la materia de moldeo.
- Inmersión en agua.

## 7.10. Fase de moldeo.

### División de la pieza con acetato.

Antes de aplicar el mortero sobre la superficie del modelado, se calza la figura con tablillas para asegurar la firmeza del molde (*figura 67*). Aunque el árido algínico no presenta un peso considerable con respecto a su volumen, en esta práctica se aplica gran cantidad de masa, en la que pueden producirse desprendimientos o agrietamientos antes de concluir las fases de moldeo.



*Figura 67:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Modelado de plastilina*. Fotografía digital. Colocación de andamiaje con tablilla para la sujeción del mortero.

Realizadas las divisiones, se aplica el mortero sobre la superficie. El árido algínico es una materia que posee cierta plasticidad. No obstante, mezclado con otro árido, puede describirse como una materia semisólida. Este estado matérico requiere de una manipulación concreta para que el mortero registre toda la superficie del modelado.

La aplicación por apretón, permite introducir la materia en todos los huecos de la figura, pudiendo confeccionar un armazón uniforme. La aplicación se lleva a cabo de abajo a arriba, para que la materia húmeda pueda sostenerse sobre una masa sólida fraguada.



Figura 68: José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Modelado de plastilina*. Fotografía digital. División con acetato del modelado de plastilina para la obtención de las dos partes del molde.

A los pocos minutos de la aplicación, se produce una apertura gradual de las líneas divisorias del molde, indicando que el proceso de retracción ha comenzado. Este proceso, se ve acelerado por la presencia de mayor cantidad de materia fraguante. Sin embargo, los resultados pertenecientes al estudio de la retracción del mortero, nos indican que la materia no presentará más de un 6'9% de contracción.

Según los datos obtenidos, la superficie interior que genera la impronta del molde, no se verá afectada por el cambio dimensional debido a la cantidad de masa superficial que compone el mortero. Del mismo modo, aunque se produzca un mínimo porcentaje de retracción, la uniformidad de la impronta del molde es favorecida por una pérdida de volumen homogénea

**Aplicación del mortero sobre la superficie del modelado.**



*Figura 69: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Estudio de la materia: Fases de moldeo con árido algínico. Fotografía digital. Molde compuesto por mortero de árido algínico y escayola E-35. Figura cubierta.*



Figura 70: José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Estudio de la materia: Fases de moldeo con árido algínico*. Fotografía digital. Inicio de apertura de las divisiones del molde por retracción de la materia producida por la pérdida de agua y el proceso de fraguado.

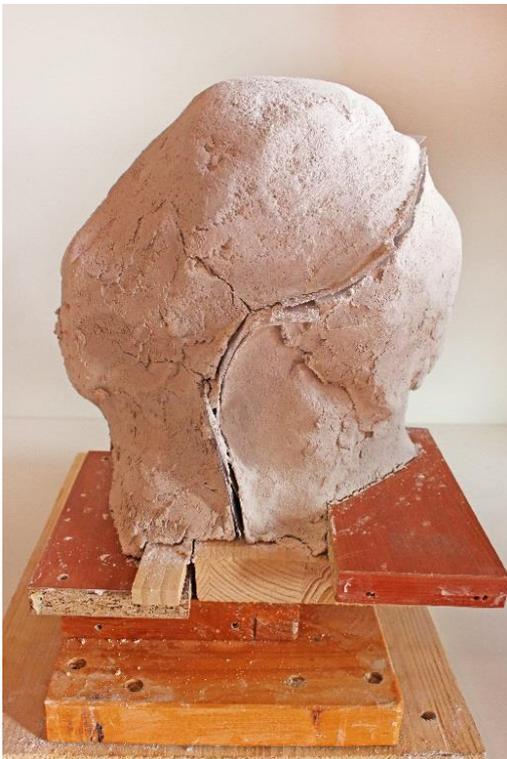


Figura 71: José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Estudio de la materia: Fases de moldeo con árido algínico*. Fotografía digital. Inicio de apertura de las divisiones y agrietado del molde por retracción de la materia.



*Figura 72: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Estudio de la materia: Fases de moldeo con árido algínico. Fotografía digital. Inicio de apertura de las divisiones del molde por retracción de la materia producida por la pérdida de agua y el proceso de fraguado.*



*Figura 73: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Estudio de la materia: Fases de moldeo con árido algínico. Fotografía digital. Apertura gradual por retracción de la materia. Vista de la superficie del modelado desde el exterior.*



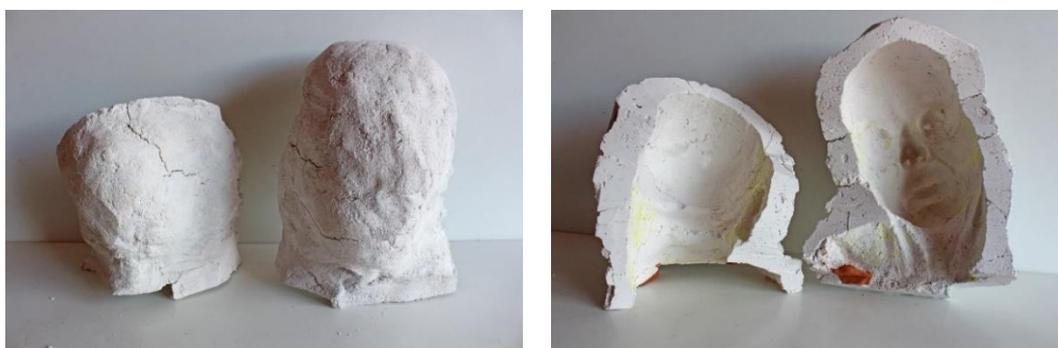
Figura 74: José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Estudio de la materia: Fases de moldeo con árido algínico*. Fotografía digital. Molde compuesto por el mortero de árido algínico. Retirada de andamiaje.



Figura 75: José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Estudio de la materia: Fases de moldeo con árido algínico*. Fotografía digital. Molde en avanzado estado de retracción. Proceso de secado concluido. Vistas laterales.

### Apertura del molde para la extracción del modelado.

Aunque el proceso de pérdida de agua puede situarse entre 3 y 20 días dependiendo de la temperatura y humedad del ambiente, el primer proceso de retracción de hace patente a las pocas horas de la aplicación del mortero. La materia comienza a contraerse, pero la apertura, no afecta a la superficie, debido a la presión que ejerce la propia materia sobre la plastilina, preservando toda la forma y hermeticidad. Para asegurar el total fraguado y secado de la materia aplicada, se palpa minuciosamente la dureza de las paredes divisorias de las zonas más internas. La apertura se efectúa deshaciendo el modelado, evitando que la cara interna del molde quiebre alguno de sus detalles (*figura 76*). Aunque el mortero presenta una dureza relativa, no se equipara a la de la escayola aplicada a estos procesos.



*Figura 76:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Estudio de la materia: Fases de moldeo con árido algínico*. Fotografía digital. Extracción del modelado de plastilina del interior del molde. Izquierda: vista exterior. Derecha: vista interior (impronta).

<b>Características técnicas del molde</b>	
Composición	100 gr de árido algínico + 60 gr de escayola E-35 por cada 170 gr de agua.
Mezclas individuales realizadas	8
Cantidad total de materia	<ul style="list-style-type: none"><li>• 800 gr de árido algínico</li><li>• 448 gr de escayola E-35</li><li>• 1.360 gr de agua</li></ul>
Tiempo de secado total	5 días

*Tabla 5:* Características técnicas del molde compuesto por árido algínico y escayola E- 35.

### **Aplicación de temperatura.**

Habiendo concluido la fase de secado, se ha aplicado fuego directo sobre las paredes de los moldes con el propósito de que los microgránulos de árido algínico pierdan parte de su cohesión (*figura 77*). Esta pérdida de fuerza en la unión de partículas viene acompañada de una mayor debilidad en cuanto a dureza de la superficie. Así mismo, la aplicación de fuego directo, de igual manera que en las pruebas anteriores, forzará la pérdida o expulsión de las partículas de agua que la materia contiene en su interior, deshidratando la pieza por completo. Al forzar la deshidratación a una temperatura mayor de 300°, se produce el segundo proceso de retracción, que, aunque considerablemente menor que la primera retracción, conviene aumentar la prudencia en cuanto a las grietas producidas en la superficie exterior. Estas grietas son producto de una pérdida de agua acompañada de una conservación de la forma en una superficie convexa, que aumentarán de tamaño y apertura a medida que la temperatura aumente. Para que la disgregación del molde sumergido se produzca de manera correcta, no es necesario aplicar una temperatura constante.



*Figura 77:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Estudio de la materia: Fases de moldeo con árido algínico*. Fotografía digital. Aplicación de fuego directo sobre las paredes del molde para el debilitamiento de la cohesión de los microgránulos.



*Figura 78:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Estudio de la materia: Fases de moldeo con árido algínico*. Fotografía digital. Imagen detalle del interior del molde.

El propio molde, genera zonas con un alto índice de hollín, a causa de la capacidad de la materia en cuanto a acumulación de temperatura. Esta temperatura quema ligeramente el interior, expulsando humo a través de los poros superficiales y las grietas. El humo a su paso va dejando un rastro de hollín, que también favorece la disgregación de la pieza en agua. Los restos carbonizados y zonas con alta concentración de hollín contribuyen a la biodegradabilidad de la pieza, reduciendo el porcentaje de materia resultante después finalizar los procesos de moldeo. Del mismo modo, las zonas calcinadas, aunque más debilitadas por la acumulación de temperatura, siguen teniendo corporeidad suficiente para actuar como molde.

Las fisuras generadas por el proceso de retracción en el exterior del molde se han tapado con fragmentos de venda de escayola como medida de precaución (*figura 79*). La venda de escayola se ha empleado de la misma manera para cerrar las dos mitades, haciendo que no quede ningún hueco o debilidad que favoreciera la expulsión o el desbordamiento de la materia de positivado por alguna de sus fisuras.

**Unión de las partes del molde e inmersión en agua.**



*Figura 79: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Estudio de la materia: Fases de moldeo con árido algínico. Fotografía digital. Unión de las dos partes del molde por medio de fragmentos de venda de escayola.*



*Figura 80: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Estudio de la materia: Fases de moldeo con árido algínico. Fotografía digital. Inmersión del molde en agua.*



*Figura 81:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Estudio de la materia: Fases de moldeo con árido algínico*. Fotografía digital. Inicio de aparición de burbujas por la expulsión de oxígeno del interior de la materia.



*Figura 82:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Estudio de la materia: Fases de moldeo con árido algínico*. Fotografía digital. Izquierda: inicio del desprendimiento de la venda de escayola. Derecha: aparición de primeras grietas sobre la superficie.



*Figura 83: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Estudio de la materia: Fases de moldeo con árido algínico. Fotografía digital. Inicio de apertura de las dos partes del molde*



*Figura 84: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Estudio de la materia: Fases de moldeo con árido algínico. Fotografía digital. Desprendimiento total del vendaje de escayola.*



*Figura 85: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Estudio de la materia: Fases de moldeo con árido algínico. Fotografía digital. Rotura superficial en fragmentos por absorción masiva de agua.*



*Figura 86: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Estudio de la materia: Fases de moldeo con árido algínico. Fotografía digital. Desplazamiento de los fragmentos y apertura sucesiva de las zonas agrietadas.*



*Figura 87: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Estudio de la materia: Fases de moldeo con árido algínico. Fotografía digital. Separación progresiva de los fragmentos. Vista de la reproducción de escayola del interior del molde.*



*Figura 88: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Estudio de la materia: Fases de moldeo con árido algínico. Fotografía digital. Separación progresiva de los fragmentos. Vista de la reproducción de escayola del interior del molde.*



*Figura 89:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Estudio de la materia: Fases de moldeo con árido algínico*. Fotografía digital. Disgregación gradual de los fragmentos de mayor tamaño. Vista de la reproducción de escayola del interior del molde.



*Figura 90:* José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Estudio de la materia: Fases de moldeo con árido algínico*. Fotografía digital. Fragmentos depositados en el fondo del recipiente. Persistencia de fragmentos de pequeño tamaño. Descubrimiento de la reproducción por la disgregación de la materia.

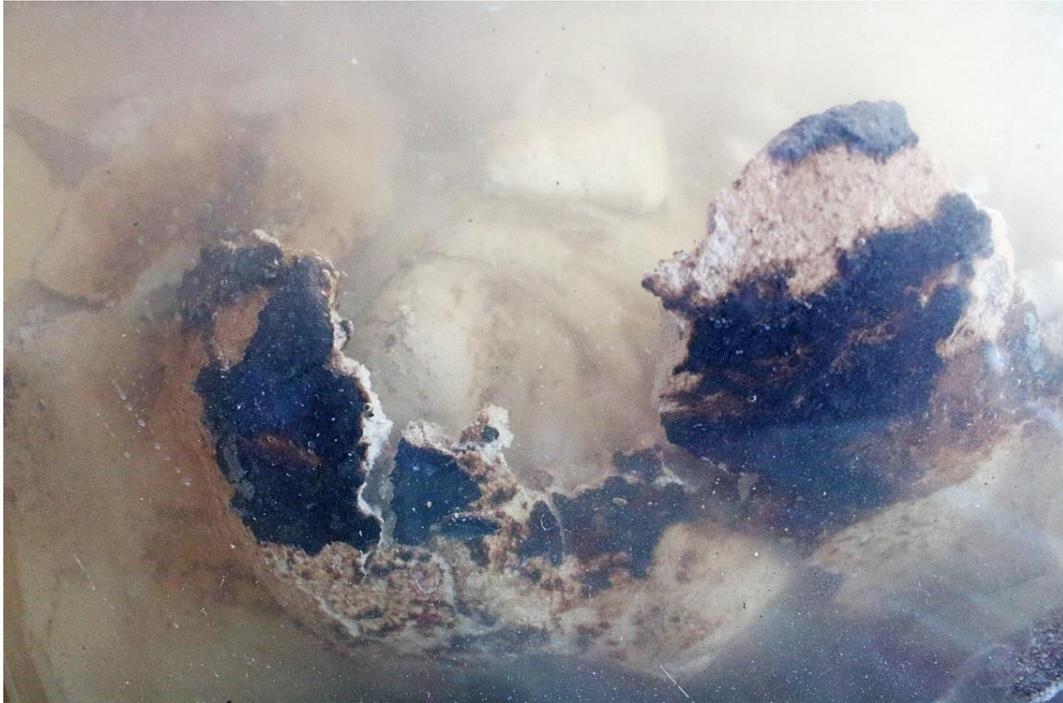


Figura 91: José Javier Ángeles Alejo. (2017) *Estudio de la materia: Fases de moldeo con árido algínico*. Fotografía digital. Apertura total del molde por disgregación de la materia. Reproducción de escayola al descubierto.

<b>Molde perdido de árido algínico y escayola E-35</b>	
Comportamiento de la materia durante la inmersión.	Tiempo transcurrido desde la inmersión
Inicio del desplazamiento de la venda de escayola.	2'
Aparición de las primeras grietas.	5'
Inicio de apertura de las dos partes del molde.	12'
Rotura superficial en fragmentos	20'
Inicio de la separación progresiva de fragmentos de mayor tamaño	35'
Vista de la reproducción del interior del molde.	60'
Apertura total por disgregación de molde.	95'

Tabla 6: Tiempo transcurrido desde la inmersión del molde hasta su apertura total.

La escayola vertida en el interior del molde es retenida pese a la fuerte presión que ejerce en las delicadas paredes del molde. Tras aplicar la temperatura, la materia se vuelve menos resistente. Sin embargo, en forma de molde, adherida de manera compacta, soporta el vertido de gran cantidad de materia. La venda de escayola aplicada en las zonas de contacto de las partes del molde se desprende rápidamente tras los dos minutos de la inmersión. El mortero comienza a absorber agua muy rápidamente, pudiendo observarse gran cantidad de burbujas siendo expulsadas del interior del molde. Las dos partes se desplazan la una de la otra después de 12 minutos. El agua torna a traslúcida debido a la agitación que produce la expulsión de aire y el desprendimiento de fragmentos carbonizados. A partir de los 35 minutos, las partes se dividen poco a poco en fragmentos de menor tamaño comenzando a destapar la pieza de manera espontánea. Al igual que el resto de las pruebas realizadas a composiciones constituidas de árido algínico, el tiempo establecido comprendido entre 1 hora y 1 hora y 30 minutos, es el suficiente para que se produzca la disgregación total de la materia, deformando su estructura para la fácil extracción de la reproducción de su interior.

### **7.10.1. Razonamiento del fenómeno de apertura durante la inmersión.**

El fenómeno de apertura del molde constituido por árido algínico y escayola *E-35* introducido en un medio acuático viene dado por los siguientes factores:

#### **Absorción masiva de agua.**

Durante la absorción, los microgránulos aumentan su tamaño hasta que el agua circula entre ellos, rompiendo la cohesión existente entre ellos dividiéndolos en fragmentos de mayor tamaño. Al tratarse de un cuerpo sólido y muy poroso, podemos describir este fenómeno como un proceso de imbibición. La absorción masiva de agua agrieta genera grietas por toda la superficie, contribuyendo al paso de agua al interior sin afectar negativamente a la figura fraguada. La imbibición del mortero contribuye a la limpieza de la superficie de la reproducción dado que impide su adherencia a esta.

#### **Acumulación de temperatura por fuego directo.**

La temperatura aplicada con fuego directo produce un debilitamiento de la materia, convirtiéndola en una superficie aún más porosa. Las zonas calcinadas del exterior se desprenden rápidamente de la pared del molde, enturbiando el agua por el movimiento burbujeante de la expulsión de oxígeno de su interior. La deshidratación de la materia junto con un aumento significativo de la temperatura hace que el árido pierda gran cantidad de las propiedades que le caracterizan, como la viscosidad, la adherencia entre sí y la formación de materia sólida al secar.

#### **Presencia de oxígeno en el interior de la materia.**

La materia queda embebida antes de expulsar el oxígeno por completo. Al producir la imbibición una separación de los microgránulos de manera heterogénea, el oxígeno aun existente dentro de la materia hace que el fragmento desprendido flote ligeramente. El movimiento generado por la expulsión de este oxígeno desplaza la materia dejando la reproducción de materia fraguada al descubierto.

### 7.10.2. Observación de los resultados.

La reproducción escultórica obtenida a partir de la fase de moldeo con árido algínico, posee un nivel de detalle similar al del modelo de plastilina (*figura 92 y 93*). El mortero conserva la forma estructural de la pieza sin alterar la superficie. En las zonas internas de los detalles de la reproducción, se aprecian acumulaciones ennegrecidas, causadas por la transferencia de la ceniza que aparece durante el proceso de aplicación de temperatura mediante fuego directo. Los bordes carbonizados quedan adheridos a la materia de reproducción en estado líquido, siendo asimilados durante el proceso de fraguado y arrastrados durante la extracción de la pieza. Los restos calcinados se eliminan con facilidad aplicando agua. Un rasgo distintivo de la reproducción mediante molde perdido es la aparición de rebabas, que señalan la línea de unión de las dos partes del molde.



*Figura 92: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Reproducción escultórica en escayola a partir de fase de moldeo con árido algínico. Fotografía digital. Rebaba producida por la unión de las dos partes del molde.*



*Figura 93: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Reproducción escultórica en escayola a partir de fase de moldeo con árido algínico. Fotografía digital.*

Para la completa disgregación del molde, se precisa entre una hora y media y dos horas para conseguir la separación total de materia de la superficie de la reproducción. No obstante, el molde queda completamente embebido a partir de la media hora, por lo que puede abrirse sin el riesgo de que el mortero quede adherido al positivado. A diferencia de las reproducciones convencionales, con la introducción del árido algínico obtenemos un molde que posee una estructura más débil y frágil que la reproducción del interior, evitando riesgos de fractura en caso de intervención manual, como la apertura acelerada del molde.



*Figura 94: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Reproducción escultórica en escayola a partir de fase de moldeo con árido algámico. Fotografía digital.*

### 7.10.3. Adecuación estética de la reproducción.



*Figura 95: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Reproducción escultórica en escayola a partir de fase de moldeo con árido algínico. Fotografía digital. Adecuación estética de la obra. Aplicación de imprimación negra en spray.*



Figura 96: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Reproducción escultórica en escayola a partir de fase de moldeo con árido algínico. Fotografía digital. Adecuación estética de la obra.



Figura 97: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Reproducción escultórica en escayola a partir de fase de moldeo con árido algínico. Fotografía digital. Adecuación estética de la obra.



*Figura 98: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Reproducción escultórica en escayola a partir de fase de moldeo con árido algínico. Fotografía digital. Adecuación estética de la obra.*

#### 7.10.4. Medición de residuos producidos en el proceso de moldeo.



*Figura 99: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Residuos producidos por el proceso de moldeo. Fotografía digital.*

Los residuos generados en el proceso de moldeo presentan una disgregación similar a la obtenida en las pruebas de combustión, en las que se obtuvo como resultado una pérdida de materia devenida por la carbonización de determinadas zonas del interior y del exterior del molde. A pesar de la alta concentración de sulfato cálcico añadido, la composición con la que se ha confeccionado el mortero puede presentar indicios de disgregación inmersa en agua durante una hora. Al igual que en las pruebas anteriores, los elementos que tienden a la disgregación de la materia son fragmentos carbonizados y componentes solubles de la propia composición interna del árido algínico. Así mismo, la deshidratación de la materia al aplicar fuego directo sobre la superficie favorece la porosidad, haciendo que la segunda hidratación sea más brusca.



Figura 100: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Residuos producidos por el proceso de moldeo. Fotografía digital. Pesaje de los residuos

<b>Pérdida sucesiva de peso.</b>	
Peso inicial	2.608 gr
Peso de fragmentos secos tras la inmersión	1.631 gr
Materia recuperada tras la inmersión	62,5 %
Materia eliminada	37,4 %

*Tabla 7:* Calculo de materia disgregada durante la prueba de inmersión.

Al pesar las cantidades con las que se ha llevado a cabo el mortero para la confección del molde, obtenemos 2.608 gramos. La transformación de la materia comienza a partir de la pérdida de agua al iniciarse el proceso de fraguado. Aunque no es muy significativo, se produce una pérdida de peso durante los días correspondientes de secado, indicando que se está produciendo la pérdida de agua que conduce al mortero al fraguado total. El molde ha sido calentado a una temperatura de unos 500° aproximadamente durante un breve periodo de tiempo (5 minutos), con la intención de no disminuir excesivamente la corporeidad de la materia.

Habiendo concluido el proceso de reproducción y extracción de la pieza, se ha procedido al pesaje de los fragmentos de desecho del proceso de moldeo, obteniendo 1.631 gramos de materia al finalizar la práctica. El cálculo de la materia recuperada nos da un resultado de un 62,5%, habiéndose disgregado, desde el inicio de la fase de moldeo hasta la extracción de la reproducción del recipiente de observación, un 37,4 % de materia.

## 7.11. Fase de deshidratación por horneado de moldes de alginato dental.

Según los resultados del análisis químico realizado a la variedad de alginato dental *Phase Plus*, su alta concentración de sílice junto con el sulfato cálcico, lo convierte en una materia refractaria capaz de soportar altas temperaturas. Estos datos hacen que la versatilidad de este producto aumente, permitiendo usar sus propiedades no solo en técnicas de reproducción escultórica convencionales con materias fragantes, sino también, introducirlo como agente de moldeo en procesos de fundición.

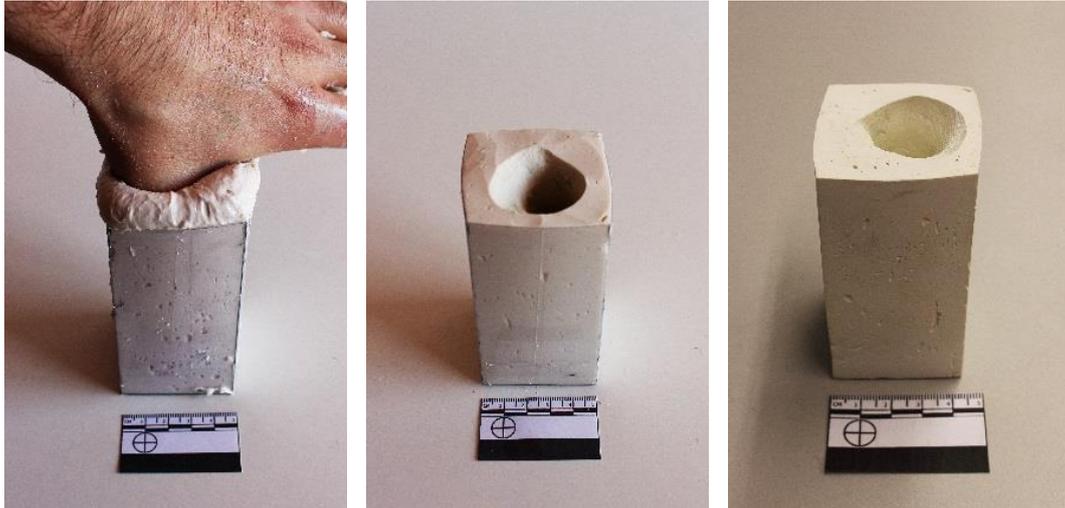
Una reproducción escultórica llevada a cabo mediante procesos de fundición comprende diversos pasos a seguir hasta la obtención de la pieza en metal.

- Confección del modelo de cera.
- Molde de arena refractaria.
- Introducción de la pieza en el horno para la colada de cera.
- Vertido de metal (bronce, hierro, aluminio o zamak entre otros).

A partir de los resultados obtenidos con respecto a la refractariedad que puede poseer el alginato dental gracias a la naturaleza de sus componentes, se ha procedido a realizar un vertido de zamak<sup>54</sup> en el interior del molde deshidratado correspondiente al registro del dedo pulgar. Se ha empleado el mismo procedimiento de moldeo que en la prueba realizada para obtener una respuesta acerca de la compatibilidad del alginato dental y la cera en estado líquido. El alginato dental en estado gel es vertido en una pequeña madreforma de acetato donde se efectúa el registro del dedo pulgar (*figura 101*). Transcurridos siete días, se ha introducido en un horno a 200° C durante cinco días para deshidratar la materia al máximo y conocer su reacción ante una temperatura prolongada (*figura 102*).

---

<sup>54</sup> El zamak es una aleación de zinc, aluminio, magnesio y cobre que funde entre 380° y 400°. En función del porcentaje de cada uno de los metales que compongan la aleación, se clasifica como zamak 2, zamak 3, zamak 4, zamak 5 y zamak tonsul. La variedad más usada en Europa es zamak 5. (Zinsa Productos no Ferrosos, 2016).



*Figura 101: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Fase de moldeo con alginato dental Phase Plus de Zhermack. Fotografía digital. Izquierda: introducción del dedo pulgar para el registro de la forma. Central: impronta del molde de alginato dental. Derecha: molde de alginato dental seco. Diez después del proceso de fraguado.*



*Figura 102: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Introducción de los moldes de alginato dental en el horno para su proceso de deshidratación. Fotografía digital. Proceso de horneado a 200° C.*

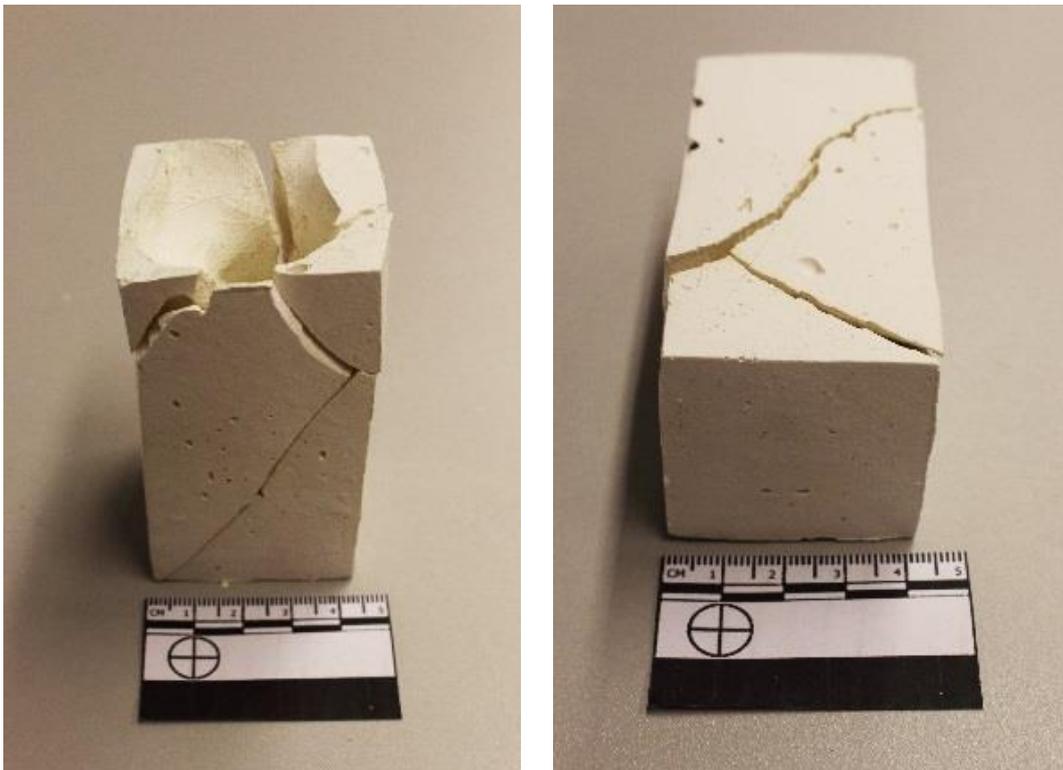


*Figura 103: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Fase de deshidratación concluida. Fotografía digital. Moldes de alginato horneados a una temperatura de 200° C.*

El resultado obtenido en la fase de horneado es una reducción de peso, correspondiente al agua que aún había en el interior del molde de alginato dental. Al estar deshidratado, muestra una apariencia más liviana y quebradiza. El aspecto amarillento se debe a la parte orgánica de la composición química, afectada por la alta temperatura alcanzada en el interior del horno.

### 7.11.1. Prueba de ultrasonidos. Mediciones realizadas a la variedad de alginato dental *Phase Plus* después de un proceso de deshidratación por horneado.

Durante la fase de horneado se han introducido fragmentos de alginato endurecido procedentes de los moldes correspondientes a las pruebas de colada de cera realizadas para la comprobación de compatibilidad entre materiales (*figura 104*). Los fragmentos de molde endurecido, han sido deshidratados a una temperatura de 200° C y micronizados a base de mortero para someterlos a una segunda prueba de ultrasonidos. La finalidad de esta prueba es obtener mediciones precisas para determinar si la masa reacciona de alguna manera durante la fase de fraguado o secado.



*Figura 104: José Javier Ángeles Alejo. (2017) Molde de alginato seco. Siete días después de la reproducción del modelo de cera. Fotografía digital. Medición del proceso de retracción.*

### Medidas de precaución.

El alginato dental seco, una vez horneado a una temperatura de 200°C, muestra una gran debilidad superficial, pudiendo romperse al contacto. Este hecho ha facilitado la fase de micronizado. La materia se ha deshecho sin problema volviendo a convertirse en un polvo incluso más volátil de lo que era en un principio, mostrando indicios de que los agentes humectantes añadidos a su composición química están perdiendo efectividad.



Uso de guantes de látex y mascarilla.

Al moler la muestra deshidratada se aprecia el color amarillento que obtiene al quemarse la parte orgánica de su composición química (*figura 105*). Del mismo modo, expide un fuerte olor característico que se asemeja a la madera quemada. A medida que el polvo procedente del alginato dental se deshidrata aumenta su sensibilidad a la humedad ambiente por lo que hay que conservarlo de manera hermética hasta su utilización para no alterar los efectos de los tratamientos térmicos realizados.

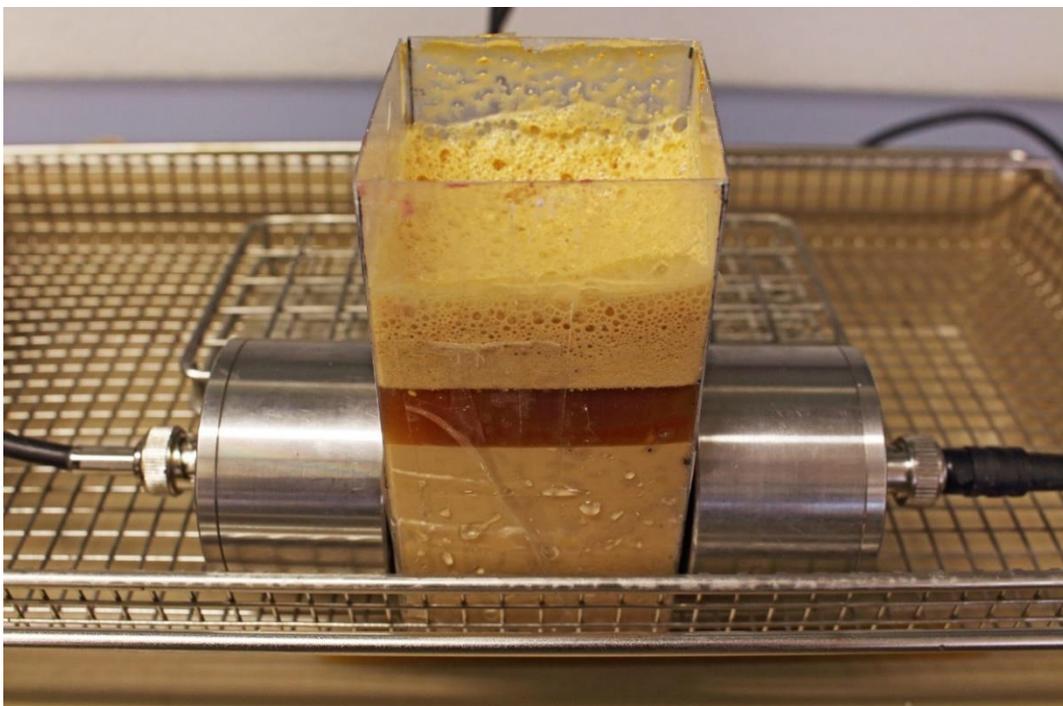


*Figura 105:* José Javier Ángeles Alejo. (2018) *Alginato dental horneado y micronizado*. Fotografía digital. Deshidratación de la materia a 200° C.

Por cuestiones de proporcionalidad, se ha empleado como encofrado la madreforma utilizada para la fase de moldeo del dedo pulgar. De esta manera obtenemos un recipiente a medida para la materia a manipular. Para efectuar la mezcla se han seguido las mismas proporciones de agua y polvo que marca el fabricante. Aunque el polvo en este estado es mucho más higroscópico, el procedimiento de mezcla habitual no se ha alterado.

La mezcla muestra un aspecto corrompido. La materia sólida no se mezcla totalmente con el medio líquido produciéndose un efecto de decantación en el propio recipiente, mostrando la materia sólida en el fondo. El agua empleada se ha impregnado de la parte quemada, mostrando un tono oscuro. En la superficie del agua, se ha generado una espuma espesa que no se elimina, endureciendo al cabo de 5 días (*figura 106*).

Para la medición de ultrasonidos se ha empleado el mismo método seguido para las mediciones de alginato dental en estado gel. Los transductores se acoplan a las paredes del recipiente con una vaselina específica para una mejor recepción y envío de la señal. Los transductores ultrasónicos han comenzado a dar una lectura exacta y continua después de la total decantación del residuo sólido en el fondo del recipiente (*tabla 8*).



*Figura 106:* José Javier Ángeles Alejo. (2018) *Alginato dental fraguado y deshidratado a 200° C.* Fotografía digital. Prueba de ultrasonidos.

Tiempo transcurrido entre mediciones	T (minutos)	Raíz cuadrada de t	Tiempo (microsegundos) $\mu$ s	Distancia (metros)	Velocidad m/s	Temperatura
0 min	0	0,00	0	0,051	0	15,3°C
1 min	1	1,00	153,6	0,051	457,6	15,3°C
4 min	5	2,24	153,9	0,051	452,1	15,1°C
5 min	10	3,16	153,3	0,051	456,2	14,9°C
10 min	20	4,47	153,5	0,051	453,5	14,7°C
20 min	40	6,32	152,7	0,051	456,2	14,2°C
40 min	80	8,94	154,8	0,051	432,7	14°C
80 min	160	12,65	108,6	0,051	432,7	13,7°C
3 h	340	18,44	103,6	0,051	421,7	13,9°C
4 h	580	24,08	88,7	0,051	322,9	12,6°C
12 h	1.300	36,06	71,7	0,051	437,9	9,5°C
1 día	2.740	52,35	72,6	0,051	217,7	10,7°C
2 días	5.620	74,97	70,3	0,051	524,2	15,6°C
4 días	11.380	106,68	70,5	0,051	741,9	15,3°C
8 días	22.900	151,33	70	0,051	571,2	16,5°C
16 días	45.940	214,34	68,4	0,051	982,9	15°C
30 días	89.140	298,56	68,5	0,051	1046,7	11,8°C
60 días	175.540	418,97	68,3	0,051	1046,7	16,3°C

Tabla 8: Datos obtenidos en la medición de ultrasonidos. Mediciones realizadas a la mezcla de alginato dental fraguado y deshidratado a 200°C.

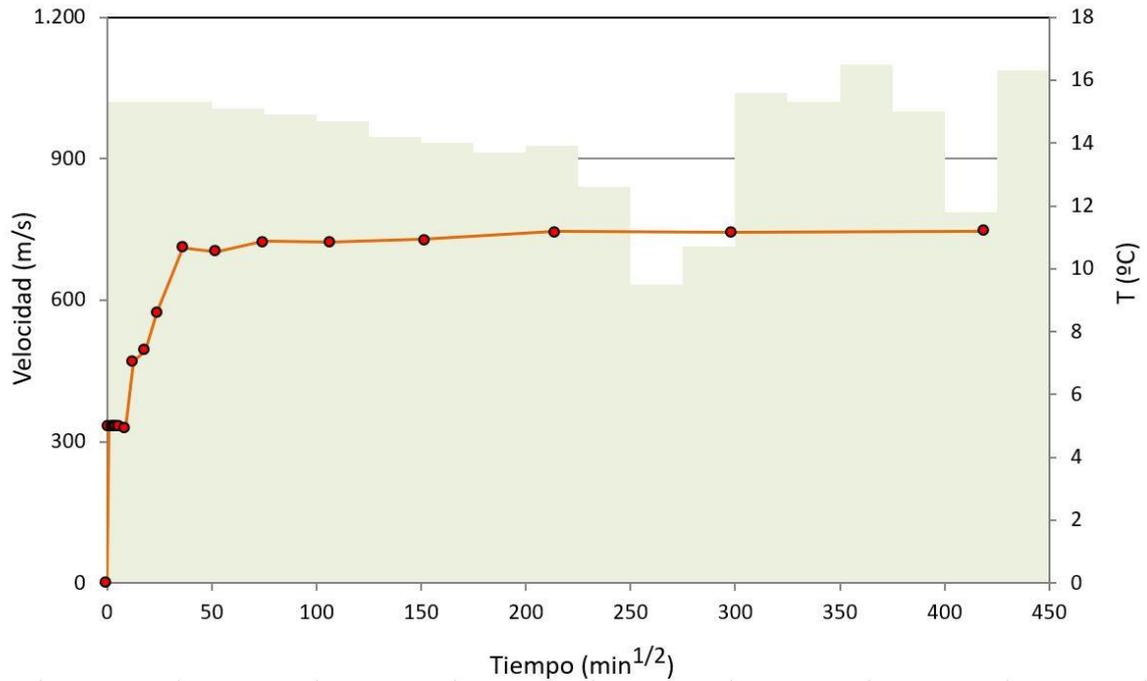


Figura 107: Variación de velocidad de pulsos ultrasónicos (m/s) en función del tiempo de fraguado y endurecimiento del alginato dental *Phase Plus*. Variabilidad térmica superficial en la masa de alginato durante el tiempo del ensayo (° C).

Tras varios días sometida a un lento proceso de secado, la materia se compactó una vez evaporada el agua superficial. Tal y como se observa en la imagen, la materia obtenida es muy quebradiza y altamente volátil. Se muestra de este modo como una materia inservible para fines de reproducción escultórica (*figura 108*). La reutilización del alginato dental, una vez ha endurecido y deshidratado en un horno, no es factible, quedando una materia falta de propiedades e inservible.



*Figura 108:* José Javier Ángeles Alejo. (2018) *Alginato dental fraguado y deshidratado a 200° C.* Fotografía digital. Prueba de ultrasonidos. Extracción de la materia del recipiente tras concluir las mediciones de ultrasonidos.

Al contrario que con la anterior prueba de ultrasonidos, la señal captada no fluctúa. Los datos obtenidos muestran una materia que experimenta un proceso de secado a largo plazo. En ningún momento se produce un proceso de fraguado. Tampoco experimenta un proceso de retracción significativo. Durante el proceso de secado prolongado, la pasta se adhiere a las paredes del recipiente, perdiendo agua gradualmente hasta endurecer.

### 7.11.2. Prueba de fundición en zamak a partir de un molde confeccionado con alginato dental *Phase Plus* de *Zhermack*.

El molde de alginato deshidratado se ha introducido en un encofrado, revestido con arena<sup>55</sup> refractaria, que contribuye a contrarrestar la presión del metal fundido en el interior del molde. La arena se ha presionado firmemente, dejando unos 4 cm de distancia entre las caras del molde y las del encofrado. El zamak frío, se ha colocado en un recipiente metálico al cual se le ha aplicado llama directa por medio de un soplete adaptado a una bombona de butano. Estos sopletes pueden alcanzar temperaturas muy altas, suficientes para fundir metales como el zamak, el zinc o el aluminio. La fundición del zamak, a una temperatura de 400° aproximadamente se produce en pocos minutos, obteniendo un estado óptimo para su vertido dentro del molde (*figura 109*). Una vez el metal cambia su estado a líquido, se ha vertido lentamente en el interior del molde hasta su solidificación y enfriamiento (*figura 110*). La extracción de la pieza se ha llevado a cabo 30 minutos después del vertido, tiempo suficiente para la disminución de temperatura.



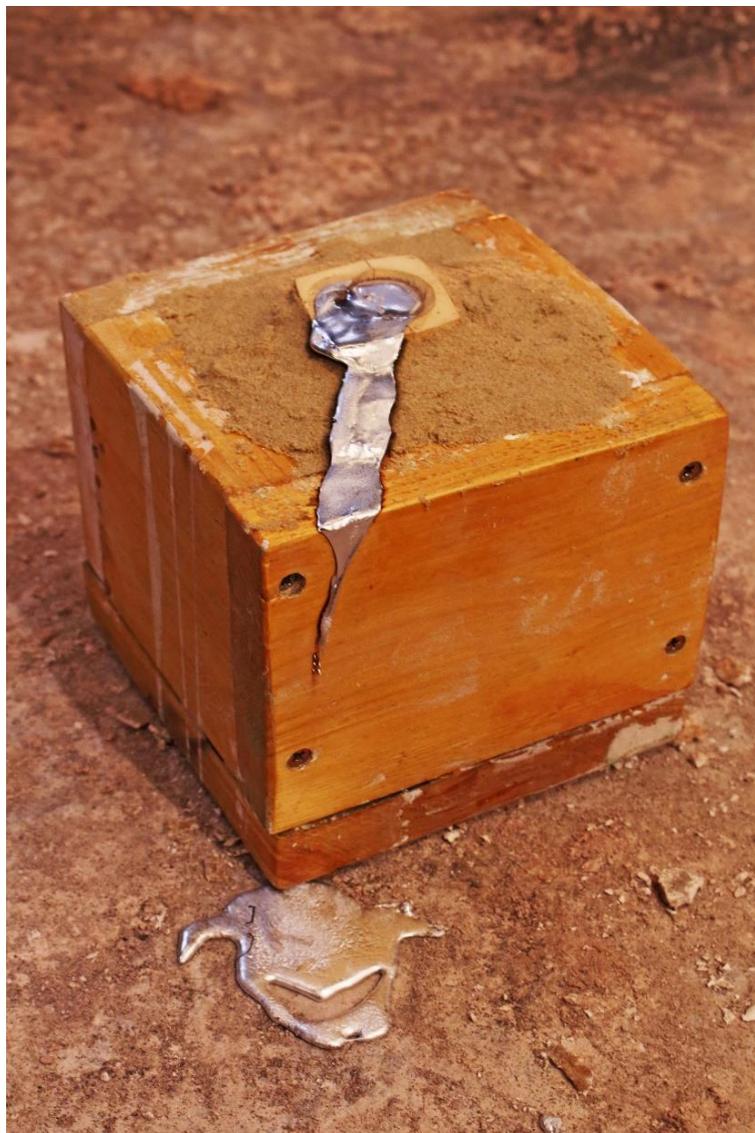
*Figura 109:* José Javier Ángeles Alejo. (2018) *Fundición de zamak a 400° para vertido en el interior del molde de alginato.* Fotografía digital.

---

<sup>55</sup> Generalmente se emplea arena de sílice ( $\text{SiO}_2$ ) para técnicas de fundición, debido a su bajo coste y propiedades refractarias que hacen que aguante altas temperaturas (Kalpakjian y Schmid, 2002, p. 622).



*Figura 110: José Javier Ángeles Alejo. (2018) Reproducción de modelo de zamak a partir de molde de alginato dental. Fotografía digital. Izquierda: Molde de alginato dental revestido con arena de sílice. Derecha: vertido de zamak fundido en el interior del molde de alginato dental.*



*Figura 111: José Javier Ángeles Alejo. (2018) Reproducción de modelo de zamak a partir de molde de alginato dental. Fotografía digital. Vertido de zamak fundido en el interior del molde de alginato. Endurecimiento y enfriamiento.*

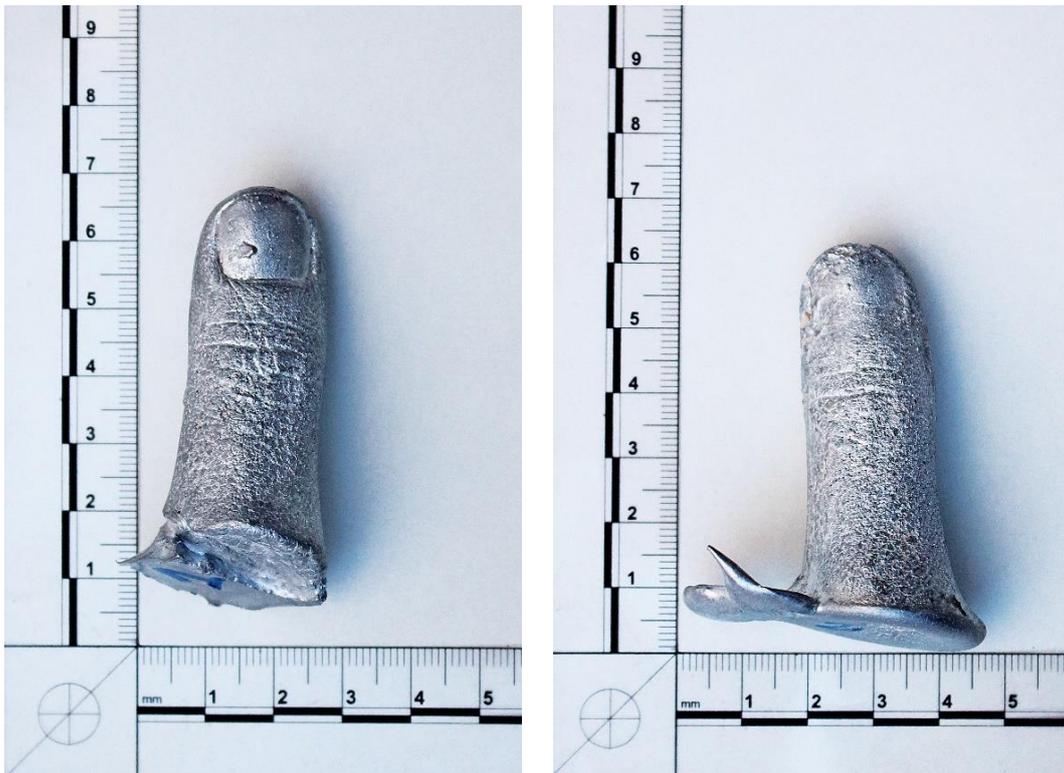
El zamak en estado líquido puede lograr una gran fluidez, propiedad que contribuye a un adecuado vertido de la materia fundida y una correcta solidificación en el interior del molde, alcanzando un gran nivel de detalle. Es un metal resistente que guarda la estabilidad dimensional (Riba Romeva, 2008, p. 156).

Transcurridos 30 minutos, se ha procedido a la extracción de la pieza, la cual ha podido obtenerse sin romper el molde a consecuencia de la retracción que sufre el metal al enfriarse (*figura 112*). Esta retracción, aunque es casi inapreciable, crea holgura en el interior del molde liberando la pieza de sus agarres. La contracción es una propiedad de los metales que está directamente relacionada con la solidificación y el enfriamiento. Este fenómeno sucede tanto en metales puros como en aleaciones.



*Figura 112: José Javier Ángeles Alejo. (2018) Reproducción en zamak a partir de molde de alginato dental deshidratado. Fotografía digital.*

## Reproducción en zamak nº1.



*Figura 113: José Javier Ángeles Alejo. (2018) Reproducción de modelos de zamak. Fotografía digital. Izquierda: reproducción en zamak nº1. Derecha: reproducción en zamak nº2 obtenida a partir del mismo molde de alginato dental deshidratado.*



*Figura 114: José Javier Ángeles Alejo. (2018) Reproducción en zamak nº1. Fotografía digital. Detalle.*



*Figura 115: José Javier Ángeles Alejo. (2018) Reproducción en zamak n°1. Fotografía digital. Detalle.*

### **Reproducción en zamak n°2.**



*Figura 116: José Javier Ángeles Alejo. (2018) Reproducción en zamak n°2. Fotografía digital. Fragmentos de molde incrustados en la propia reproducción. Detalle.*



*Figura 117: José Javier Ángeles Alejo. (2018) Reproducción en zamak n°2. Fotografía digital. Fragmentos de molde incrustados en la propia reproducción. Detalle.*



*Figura 118: José Javier Ángeles Alejo. (2018) Reproducción en zamak n°2. Fotografía digital. Fragmentos de molde incrustados en la propia reproducción. Detalle.*

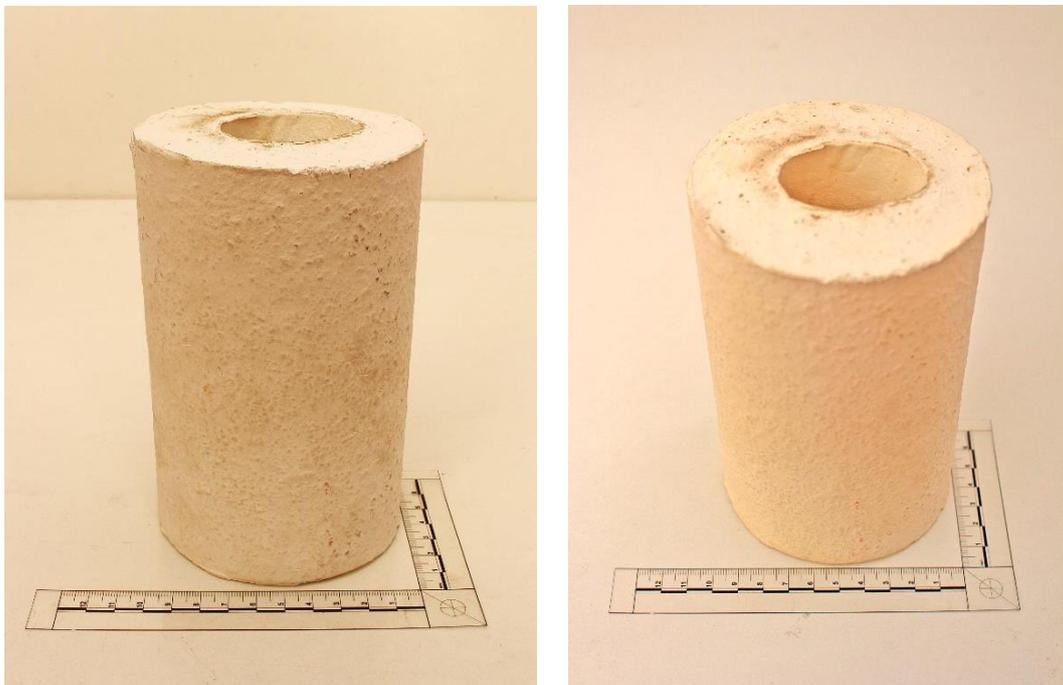


*Figura 119: José Javier Ángeles Alejo. (2018) Reproducción en zamak n°2. Fotografía digital. Zona superficial correspondiente al bebedero del molde. Detalle.*

Al ser una cantidad muy pequeña de materia, enfría rápidamente, deteriorando durante menos tiempo las paredes del molde. Tal ha sido la facilidad de la extracción de la pieza que el molde no ha presentado ningún desperfecto formal o significativo, pudiendo realizar un segundo vertido de zamak fundido. La reproducción obtenida en la segunda fase de vertido muestra a nivel de detalle gran similitud con la primera reproducción, por lo que la temperatura no ha deteriorado la impronta de las paredes del molde de alginato deshidratado.

## 7.12. Reproducción de una mano en zamak mediante procesos de moldeo con alginato dental *Phase Plus* de *Zhermack*.

Del mismo modo que con la reproducción del dedo pulgar en zamak, se ha confeccionado un molde de mayor envergadura para realizar la reproducción de una mano, con el propósito de averiguar si las propiedades refractarias del alginato dental deshidratado mediante una fase de horneado soportan una cantidad mayor de metal fundido durante el proceso de vertido. El molde se ha confeccionado a partir de una madreforma cilíndrica de acetato, teniendo aproximadamente el mismo nivel de grosor en cada uno de sus lados (*figura 120*).



*Figura 120:* José Javier Ángeles Alejo. (2018) *Molde de alginato dental*. Fotografía digital. Izquierda: molde de alginato dental seco. Derecha: molde de alginato dental deshidratado mediante fase de horneado.

<b>Dimensiones adquiridas</b>	
Fraguado	17'2 cm x 11'6 cm Ø
Seco	15'5 cm x 9'8 cm Ø
Deshidratado	15'3 cm x 9'5 cm Ø

*Tabla 9:* Dimensiones adquiridas durante los procesos de fraguado, secado y deshidratación.

En esta ocasión, la fase de horneado ha durado tres días a una temperatura de 80° C para comprobar si ese trascurso de tiempo es suficiente como para llegar al punto máximo de deshidratación de la materia. Siguiendo los mismos parámetros de la práctica anterior, el molde de alginato dental deshidratado se ha revestido con arena de sílice para, en el caso de rotura repentina del molde, evitar el desbordamiento del zamak fundido.

Se ha introducido zamak en un recipiente metálico, el cual ha sido recalentado a unos 800°C hasta alcanzar el punto de fusión (*figura 121*). A esta temperatura el metal cambia su estado a líquido en media hora aproximadamente. Con ayuda de un cucharón metálico, se ha tomado el zamak del recipiente para verterlo cuidadosamente en el molde (*figura 122*). Se ha realizado lentamente para evitar cambios bruscos de temperatura y presión que pudieran fracturar el molde de alginato dental (*figura 123*).



*Figura 121:* José Javier Ángeles Alejo. (2018) *Calentamiento exterior del recipiente.* Fotografía digital.



*Figura 122: José Javier Ángeles Alejo. (2018) Zamak en estado líquido. Fotografía digital.*



*Figura 123: José Javier Ángeles Alejo. (2018) Vertido de zamak en el interior del molde de alginato deshidratado. Fotografía digital.*

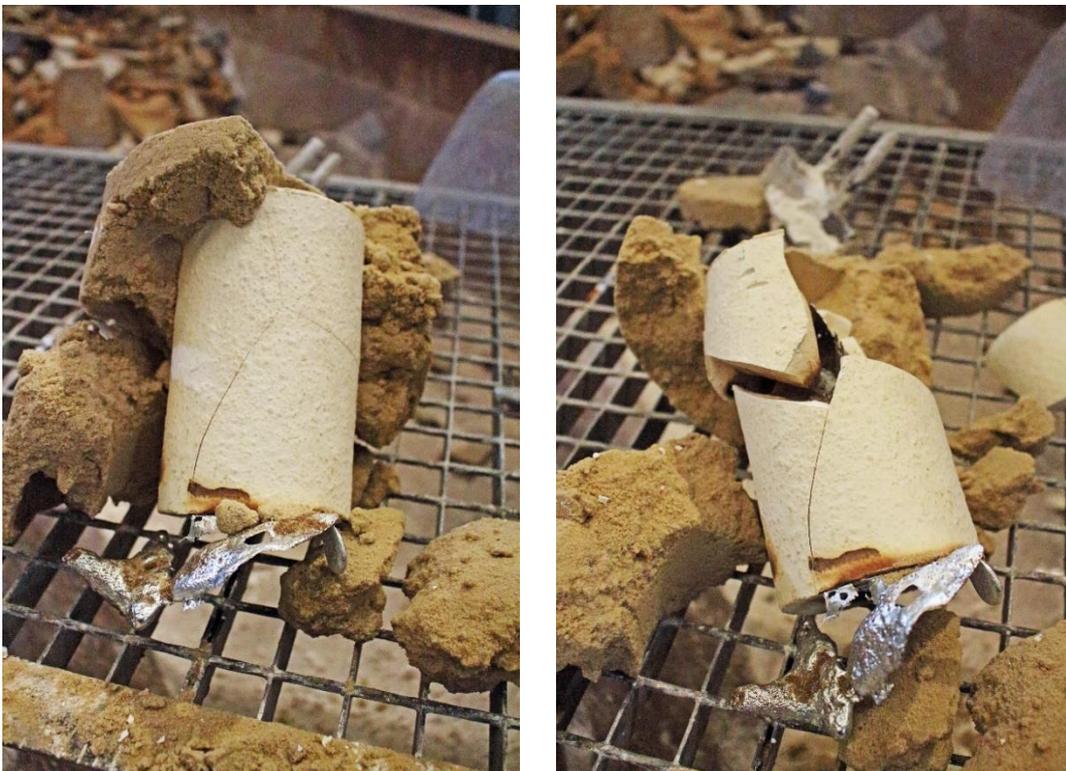


*Figura 124: José Javier Ángeles Alejo. (2018) Vertido de zamak en el interior del molde de alginato deshidratado. Fotografía digital.*



*Figura 125: José Javier Ángeles Alejo. (2018) Fase de vertido completada. Enfriamiento y solidificación de la materia. Fotografía digital.*

Esta cantidad de zamak solidifica aproximadamente en quince minutos, dejando media hora para su enfriamiento parcial. El molde se extrae con facilidad de la arena. Tal y como se observa en las imágenes, se aprecian fracturas superficiales en el cilindro ocasionadas por la temperatura y la presión (*figura 126*). La rotura del molde de alginato dental se ha realizado a martillo, eliminando los cascotes sin el menor problema, ya que desde el interior y debido a la alta temperatura alcanzada, la materia se vuelve muy quebradiza. Para acelerar el enfriamiento de la pieza una vez extraída del molde, se ha sumergido en agua para poder manipularla correctamente en la fase de eliminación de residuos carbonizados que han quedado adheridos en los recovecos y detalles de la reproducción (*figura 127*).



*Figura 126:* José Javier Ángeles Alejo. (2018) *Apertura del molde*. Fotografía digital. Izquierda: Extracción del molde del encofrado de arena de sílice. Derecha: rotura de las paredes del molde de alginato dental. Extracción de la reproducción en zamak.



Figura 127: José Javier Ángeles Alejo. (2018) *Mano reproducida en zamak*. Fotografía digital.

Tras la observación y estudio de los resultados obtenidos en la prueba de fundición en zamak para la reproducción de una mano completa, percibimos la presencia de superficies que no han llegado a realizar el positivado de la impronta de manera correcta. Uno de los principales motivos es el tiempo de horneado del molde de alginato. Los indicios se han mostrado durante el proceso de vertido. Al copar el molde por completo, se aprecia un llamativo burbujeo del metal, consecuencia directa de la presencia de agua en el interior del molde.

Los choques térmicos producidos por el agua generan la reproducción de una superficie irregular en la que se muestran diversas oquedades y desperfectos. La rotura de pequeñas partes de la superficie interna del molde, ocasiona el desprendimiento de pequeños fragmentos que se depositan en la zona inferior. Todos estos fragmentos acumulados en el fondo del molde ocupan un espacio al que la materia fluidificada no puede llegar, imposibilitando la reproducción de ciertas zonas.

### 7.12.1. Resultados obtenidos.



Figura 128: José Javier Ángeles Alejo. (2018) *Mano reproducida en zamak*. Fotografía digital.



Figura 129: José Javier Ángeles Alejo. (2018) *Mano reproducida en zamak*. Fotografía digital. Detalle mediciones.



*Figura 130: José Javier Ángeles Alejo. (2018) Mano reproducida en zamak. Fotografía digital. Zonas inconclusas correspondientes a la punta de los dedos.*



*Figura 131: José Javier Ángeles Alejo. (2018) Mano reproducida en zamak. Fotografía digital. Detalle de reproducción de burbuja generada durante el proceso de moldeo con alginato dental.*



*Figura 132: José Javier Ángeles Alejo. (2018) Mano reproducida en zamak. Fotografía digital.*



*Figura 133: José Javier Ángeles Alejo. (2018) Mano reproducida en zamak. Fotografía digital.*



*Figura 134: José Javier Ángeles Alejo. (2018) Mano reproducida en zamak. Fotografía digital. Detalle bebedero.*



*Figura 135:* José Javier Ángeles Alejo. (2018) *Mano reproducida en zamak*. Fotografía digital. Desperfectos producidos por la presencia de agua en el molde de alginato dental.

Pese a los desperfectos ocasionados por la presencia de agua, la reproducción en zamak posee un alto nivel de definición de los detalles. El proceso de obtención de la pieza del interior del molde momentos después de haber solidificado el metal, no requiere ningún tipo de operación compleja, dado que toda la impronta queda carbonizada, desmoronándose al contacto. El molde se abre con un golpe seco fracturándose en varios trozos. Los cambios dimensionales producidos en la variedad de alginato dental *Phase Plus* de *Zhermack*, son totalmente homogéneos, ocasionando un mínimo porcentaje de reducción, pudiendo realizar reproducciones en zamak a una escala menor conservando la forma original de la pieza moldada.

### 7.13. Prueba de fundición en bronce a partir de un molde confeccionado con alginato dental *Phase Plus* de *Zhermack*.

Las reproducciones en zamak poseen un excelente nivel de detalle, teniendo en cuenta la retracción del molde al concluir el proceso de sinéresis y las altas temperaturas que el metal fundido puede alcanzar. Así mismo, el molde mantuvo durante todo el proceso los detalles registrados en sus paredes internas, sin que la temperatura deteriorase su superficie. Estas observaciones han sido muy útiles para realizar vertidos de metales fundidos a mayores temperaturas. Teniendo en cuenta que la sílice es una materia con altas capacidades refractarias, se ha realizado un vertido de bronce<sup>56</sup> fundido en un molde de alginato seco (*figura 136*).

Al contrario que en los anteriores procedimientos de vertido de zamak, en esta ocasión, el molde no se ha horneado, empleándolo directamente tras concluir su proceso de secado natural.



*Figura 136:* José Javier Ángeles Alejo. (2018)  
*Molde de alginato dental seco.* Fotografía digital.

---

<sup>56</sup> El bronce es una aleación de cobre y estaño, que, en menor medida, puede contener determinadas cantidades de otros metales, como hierro. Su temperatura de fusión está comprendida entre 830° C y 1020° C, variando ligeramente en función del porcentaje de la aleación.

El molde seco de alginato dental se ha introducido en una madreforma cuadrada de hormigón, copada por arena de sílice de uso específico para fundición, tanto por los lados como en la base. La arena de sílice dispuesta de esta manera, ayuda a mantener intacto el molde tras el choque térmico y la presión al hacer contacto el bronce con las paredes del molde, evitando que este se fracture (*figura 137*).



*Figura 137:* José Javier Ángeles Alejo. (2018) Izquierda: molde de alginato dental seco en el interior del encofrado de hormigón. Derecha: vertido de bronce fundido en el interior del molde de alginato seco. Fotografía digital.

Durante el vertido de bronce, se produce una gran cantidad de humo a consecuencia de la combustión de la materia que compone el molde de alginato dental, por lo que hay que extremar las precauciones. La superficie interna del molde, aunque totalmente quemada, continúa manteniendo su forma, permitiendo al bronce registrar los detalles al enfriar (*figura 138*).



*Figura 138: José Javier Ángeles Alejo. (2018) Vertido de bronce finalizado. Bronce en estado líquido. Fotografía digital.*



*Figura 138: José Javier Ángeles Alejo. (2018) Bronce solidificado en el interior del molde de alginato. Fase de enfriamiento. Fotografía digital.*

### 7.13.1. Resultados obtenidos.

Las altas temperaturas alcanzadas durante el vertido del bronce, imposibilitan una normal manipulación de la reproducción, por lo que se ha optado por sumergir el molde con la reproducción en su interior en agua fría. Para ello, transcurridos aproximadamente treinta minutos, se ha extraído el molde de alginato dental de la arena de sílice. Al introducir el molde de alginato dental en agua fría con una temperatura elevada, se produce un efecto similar al de las pruebas de moldeo con árido algínico. Las paredes del molde se disgregan a consecuencia de la carbonización de su interior, dejando la pieza de bronce al descubierto.

Como resultado, obtenemos la reproducción en bronce del interior del molde de alginato dental con la copia de los detalles correspondientes a estas fases de moldeo (*figura 139*).



*Figura 139: José Javier Ángeles Alejo. (2018) Reproducciones de dedos de bronce a partir de fase de moldeo con alginato dental. Fotografía digital.*



*Figura 140: José Javier Ángeles Alejo. (2018) Reproducción de dedos de bronce a partir de fase de moldeo con alginato dental. Fotografía digital.*



*Figura 141: José Javier Ángeles Alejo. (2018) Reproducción de dedos de bronce a partir de fase de moldeo con alginato dental. Fotografía digital.*



*Figura 142: José Javier Ángeles Alejo. (2018) Reproducción de dedos de bronce a partir de fase de moldeo con alginato dental. Fotografía digital.*



*Figura 143: José Javier Ángeles Alejo. (2018) Reproducción de dedos de bronce a partir de fase de moldeo con alginato dental. Fotografía digital.*

## **8. Conclusiones.**

En esta investigación hemos tenido la oportunidad de estudiar el alginato comercial en todos sus procesos naturales, otorgándole nuevos estados para su reutilización gracias al método de reciclaje y transformación planteado. En todo momento se ha tenido en cuenta de que no se ha realizado un procedimiento empírico a la materia primigenia, sino al compuesto comercial que de la misma manera podemos adquirir con el nombre de “alginato”. Sin embargo, han sido los excipientes químicos del alginato comercial los que nos han dado ciertas respuestas para con la combinación de materias, como con la escayola. Es sabido que el hidrocoloide que se comercializa con fines odontológicos posee un 16 % de sulfato cálcico en su composición publicada de manera genérica para todas las gamas. Este dato ha sido crucial durante toda la fase de pruebas empíricas para optar por añadir más cantidad a la composición después del proceso de reciclaje.

El mecanismo de reciclado del hidrocoloide no implica que la materia vuelva a gelificar. El fenómeno de gelificación solamente puede ocurrir una vez, es por ello, que recibe el nombre de hidrocoloide irreversible. En cambio, este método procesa la materia para su reutilización convirtiéndolo en árido. Con la introducción del árido algínico no es factible obtener al 100% una reproducción con la capacidad de copia que el alginato puede ofrecer. Por el contrario, obtenemos la posibilidad de reintroducirlo para la creación de moldes perdidos de origen natural siguiendo los mismos parámetros técnicos que los procedimientos de molde perdido.

Se ha de tener en cuenta, que durante los procesos de manipulación de la materia para el estudio del comportamiento de algunas de las sustancias comerciales que en esta investigación aparecen, ocasionalmente, se han desatendido las indicaciones del fabricante, justificando totalmente la ineficiencia que en momentos concretos la materia comercial ha podido mostrar. Cabe destacar, que ninguno de los modelos de alginatos empleados sobre la piel de un modelo, ha presentado ningún tipo de reacción negativa o contrariedad refiriéndonos a alergias, irritaciones o dermatitis.

## **Desglose de conclusiones:**

1. Los métodos de extracción de ácido algínico y su transformación en una sal soluble de alginato, que se idearon en la década de 1980 por Dennis McHugh, se han tomado como modelo de experimentación hasta la fecha.
2. El uso de alginato dental introducido como materia para la realización de moldes sobre modelos del natural, garantiza la no toxicidad al estar clínicamente testado. Todas las compañías de alginatos poseen formulas en las que se añaden componentes hipoalergénicos que minimizan el riesgo de causar algún tipo de reacción negativa sobre la piel o las mucosas. Son sustancias libres de plomo y cadmio, introduciendo, además, agentes humectantes para evitar la formación de polvo respirable.
3. Al mezclar distintos modelos de alginatos, podemos transferir propiedades y características de unos a otros, como el aroma o la durabilidad de trabajo. Es el caso de los alginatos clasificados como de “larga duración”, que al combinarlo con otros modelos, aumentamos los tiempos de mezcla, trabajo y aplicación.
4. Con la introducción de agua refrigerada para la conformación de la mezcla con alginato, prolongamos los tiempos de trabajo, aplicación y fraguado del gel, pudiendo optimizar los procesos de moldeo. Del mismo modo, con la utilización de abundante cantidad de agua para la formación de gel, obtenemos un molde fácil de romper para la extracción de la reproducción, que posee las mismas cualidades de copia.
5. Aunque los alginatos comerciales no presenten toxicidad, no deben ingerirse, especialmente si se trata de un alginato que no sea de ámbito odontológico. La ingesta de alginato que no sea de uso específico alimenticio puede ocasionar graves problemas intestinales dado que contiene agentes químicos en su composición.
6. El alginato puede utilizarse como materia de moldeo y reproducción. Si las reproducciones de alginato no son manipuladas o sometidas a una fuente de

temperatura para acelerar el proceso de secado, se producirá un cambio dimensional homogéneo, conservando la pieza la forma del modelo.

7. Es posible someter a los desechos derivados de los procesos de moldeo con alginato a tratamientos para el procesado de la materia e introducirlo nuevamente como materia destinada a técnicas de reproducción escultórica. Tal y como se ha demostrado, la naturaleza de estas materias de origen natural conserva sus características inherentes incluso después de haber concluido el proceso de gelificación. Del mismo modo que la viscosidad es una característica fundamental del alginato, también lo es del árido algínico. Esta característica hace que el árido algínico en contacto con agua genere una pasta muy densa y maleable que ha sido introducida en esta investigación como materia de moldeo.
8. Los procesos de reciclaje planteados ofrecen la posibilidad de otorgar un segundo uso al alginato una vez a concluido su proceso de gelificación. La sucesión de estados físicos que el alginato lleva a cabo hasta producirse el endurecimiento total de la masa tras perder el agua durante el proceso de sinéresis, muestra una versatilidad muy variada. Cada estado de la materia ofrece unas características distintas a la del anterior. Del mismo modo, el triturado y micronizado de los cascotes secos de alginato, muestran la singularidad de la formación de una pasta maleable que es viscosa y no fragua a la misma velocidad que el gel.
9. La aparición de moho durante el proceso de sinéresis de los cascotes de alginato derivado de las fases de moldeo sobre modelos del natural, no interfiere en los mecanismos de transformación de los desechos en árido. Sí influye de forma significativa la incorporación de cualquier excipiente que pueda otorgar a la mezcla la categoría de mortero.
10. El árido algínico posee características propias que pueden equipararse a la naturaleza coloidal utilizando el agua como medio de dispersión, como la viscosidad y diferentes cambios y ciclos como los procesos de sinéresis e imbibición.

11. Parte de la concentración de sulfato cálcico que el alginato dental tiene en su composición, aún está presente después del proceso de gelificación y fraguado, permaneciendo en los cascotes durante el proceso de sinéresis y el procesado para su conversión a árido. Esta cantidad puede regularse con la adición de más sulfato cálcico a la composición, siempre que las materias compartan homogeneidad en sus estados físicos. El porcentaje puede variar en función de la corrección de la retracción de la materia.
12. Las propiedades del árido algínico solo están activas durante un solo uso. El tratamiento de los segundos residuos que produce el árido algínico generan una materia de similar característica, pero sin las propiedades que caracterizan al árido, como la capacidad de generar una pasta maleable y viscosa en contacto con agua o la formación de materia sólida trascurrido el proceso de secado.
13. El árido algínico es compatible con materiales higroscópicos cuyo microgránulo se equipare en tamaño. El resultado obtenido en los procedimientos empíricos basados en el estudio del comportamiento de la materia, indican que es posible transferir cierto nivel de propiedades propias del alginato a otros materiales de reproducción que tengan la capacidad de iniciar un proceso de fraguado como la escayola, siempre y cuando se equiparen los estados físicos para facilitar y garantizar una mezcla correcta.
14. El árido algínico, mezclado de manera proporcionada con escayola *E-35*, forma un mortero que ha sido introducido en el variado compendio de técnicas de reproducción escultórica basadas en la realización del molde perdido. Este mortero conserva ciertas características del alginato como la cohesión de la materia, alta capacidad de registro, biocompatibilidad y procesos inherentes de pérdidas de agua, teniendo menos de un 10% de contracción. El comportamiento de esta materia en contacto con agua, degrada la materia, disgregando el molde por completo y liberando la reproducción sin que esta sufra ningún daño.
15. El tratamiento de los residuos propuesto en esta investigación, genera un árido que posee las siguientes características y peculiaridades primigenias del alginato,

las cuales, se han podido transferir gracias a la equiparación de la granulometría de las materias:

- Fácil manipulación. Basada en la acumulación de cascotes procedentes de las fases de moldeo.
- Es una materia que ofrece alto grado de biocompatibilidad. No se ha demostrado que su manipulación influya negativamente en nuestra salud.
- Plasticidad de la materia en contacto con agua. La pasta formada por árido y agua tiene cierta capacidad tixotrópica, con la que podemos actuar en distintas superficies siempre y cuando tengamos presente el índice de retracción de las proporciones usadas.
- Posibilidad del registro de pequeños detalles. Actuando como un material de registro común para reproducción escultórica.
- Expulsión de agua del interior de la materia al endurecer. Reacción propia de los procesos de sinéresis pertenecientes a los hidrocoloides.
- Expide un fuerte olor a la propia materia. Este fuerte olor se debe a la expulsión de agua.
- Al igual que en el alginato, las grandes concentraciones de humedad durante un tiempo prolongado, pueden contribuir a la aparición de colonias de moho.

16. Los desechos producidos por este nuevo sistema de fases de moldeo son biodegradables. La eliminación de agua molecular por medio de fuego directo para la deshidratación total de la masa, origina un debilitamiento del microgránulo. Al perder la materia su cohesión y la totalidad del agua, es mucho más vulnerable a la combustión, originando zonas y acumulaciones carbonizadas después del proceso. De este modo, las partes calcinadas muestran una alta solubilidad en agua, produciendo una materia de desecho soluble que pasa a ser

irrecuperable en forma de sólido, obteniendo como resultado menor porcentaje de materia que con el que se inició el procedimiento.

17. Las propiedades del árido no presentan ninguna variabilidad al ser extraído de distintos modelos de alginato, indistintamente si es cromático o posee colorantes y aromas. A simple vista, puede apreciarse que el microgránulo de los alginatos de mayor calidad, puede llegar a ser más pequeño, aunque todos los testados en esta investigación tienen las mismas propiedades.

18. El mortero realizado con árido algínico y escayola *E-35* cumple los requisitos necesarios de las materias de moldeo (Gerling, 1979, p. 12):

- Plasticidad: Deben amoldarse perfectamente al cuerpo del modelo.
- Permeabilidad a los gases: Deben facilitar la evacuación de los gases desprendidos por el metal, u otros materiales del interior del molde al enfriarse.
- Propiedades refractarias: No deben reblandecerse ni fundirse durante los procesos de trabajo (teniendo en cuenta que el propósito de los procedimientos empíricos se basa en la degradación de la materia).
- Estabilidad de la forma: El material de moldeo ha de adoptar una forma estable, con el fin, de que el molde no se dañe en ninguna circunstancia, como al recibir el material de la colada como con cualquier otra manipulación.

19. Con respecto a la biocompatibilidad, esta materia no muestra ningún tipo de reacción sobre la piel, pudiendo eliminarla fácilmente con agua. Por el contrario, los procesos de transformación llevados a cabo para la obtención del árido algínico y la mezcla de materias para la confección del mortero para fases de moldeo, generan un polvo muy volátil que se mantiene durante varios segundos en suspensión. Adoptando las precauciones comunes para el manejo de materias volátiles como el uso de mascarillas con filtros, no presentan riesgo para la salud.

20. La obtención del árido algínico nos permite prolongar la vida útil del alginato después de la gelificación. El esquema de uso ideado en el apartado de la obtención de la materia, ofrece un segundo uso, también como materia de moldeo para la reproducción de modelos.
21. El análisis químico realizado a la muestra de alginato dental nos aporta datos concretos acerca de la naturaleza y la composición química del compuesto, pudiendo obtener conclusiones acerca de su versatilidad de usos e introducirlo como agente de moldeo en el ámbito de la fundición artística.
22. Aplicando una fase de horneado a un molde de alginato dental seco, obtenemos un molde cuyas características refractarias nos permiten realizar un vertido de metal con una temperatura comprendida entre los 400°C y 500°C.
23. Teniendo en cuenta los cambios dimensionales por los que pasa el molde de alginato dental, es posible realizar vertidos de zamak obteniendo exactamente la misma definición de detalle que una reproducción de escayola en un molde de alginato dental tras su proceso de gelificación.
24. El revestimiento de arena refractaria para el proceso de vertido de zamak en el interior del molde de alginato dental deshidratado contribuye correctamente al refuerzo de las paredes para que la presión y la temperatura no fracturen la superficie.
25. El tiempo estimado para lograr una deshidratación óptima por medio de fases de horneado es de siete días ininterrumpidos a una temperatura comprendida entre 150° C y 200° C. De otro modo, el molde de alginato dental seco continuará guardando cierta cantidad de agua en su interior, que influirá directamente en el vertido de metal fundido.
26. Las cualidades refractarias de los componentes del alginato dental, permiten llevar a cabo procesos de fundición con bronce, soportando temperaturas comprendidas entre 830° C y 1020° C.

## **9. Bibliografía**

Abad Molina, J. (2009) Usos y funciones de las artes en la educación y el desarrollo humano: En Jiménez, Lucina, et al. Educación artística, cultura y ciudadanía. Colección Metas Educativas 2021, Madrid: Fundación Santillana.

Abad, M.<sup>a</sup> J.; Acaso, M.; Aguayo, M<sup>a</sup> C.; Álvarez, J.; Blázquez, M.; Gómez, J., ... Sánchez, M. (2004) *Las Artes Plásticas como fundamento de la educación artística*. Madrid: Ministerio de Educación, Cultura y Deporte.

Acuña Arias, F. (2006) *Química orgánica*. Costa Rica: EUNED. Editorial Universitaria Estatal a Distancia.

A.I.R. Gallery (s.f.) A.I.R. Gallery. Brooklyn, Nueva York. Recuperado el 19/08/2017 de <https://www.airgallery.org/artists/louise-mccagg>

Ale, M. T., y Mayer, A. S. (2013) Fucoïdians from brown seaweeds: An update on structures, extraction, techniques and use of enzymes as tools for structural elucidation. *R C S Advances*. 3 (22) pp. 8131-8141

Aljira (s.f.) *Aljira, a Centre of Art Contemporary*. Newark, New Jersey. Recuperado el 18/09/2017 de <http://aljira.org/ahearntorres.html#location1>

Álvarez, A. (2009) *Estudio comparativo de la estabilidad dimensional del alginato Kromopan 100 hours (LASCOD) contra Tropicalgin (Zhermack)* (Tesina). Universidad Nacional Autónoma de México, México D. F.

Ángeles Alejo, J. J. (2015) *La utilización del alginato como árido en la reproducción escultórica*. Granada: Ediciones Adhara S.L.

Anusavice, K. J., (1996) *Philips Science of Dental Materials*. Missouri: Saunders Elsevier.

Art Nerd (2016) Art Nerd New York. The Original Art Nerd Blog and City Guide to coll [...]: Art Nerd LLC. Recuperado el 20/08/2017 de <http://art-nerd.com/newyork/tag/john-ahearn/>

Arnaiz García F. J. (Ed.) (2014) *Experimentos para el laboratorio de química inorgánica verde*. España: Lulu.com

Arvizu Higuera, D., Hernández Carmona, G. y Rodríguez Montesinos, E. (1997) Efecto del tipo de precipitación en el proceso de obtención de alginato de sodio: Método de alginato de calcio y método de ácido algínico. *Ciencias Marinas*. 23 (2) pp. 195-207

Association of lifecasters international (1999 – 2015) Association of lifecasters international – an artist` gild. Summit, Estados unidos: Asociation of lifecasters internationa. Recuperado el 21/08/2017 de <http://www.lifecasting.org/index.php>

Avatar Moraes (s.f.) *Avatar Moraes*. Rio Grande do Sul, Brasil. Recuperado el 12/07/2017 de <http://www.avatarmoraes.com/acervo/maos/>

Avendaño Romero, G.C., López Malo A. y Palou, E., (2013) Propiedades del alginato y aplicaciones en alimentos. *Temas selectos de ingeniería en alimentos*, 7 (1) pp. 87-96

Ayarza León, J. (2014) Los alginatos: 20000 usos de las algas submarinas. *Revista de Química CUPC*. 28, (1-2) pp. 19-23

Ayaviri Pérez, R. C. y Bustamante, G. (2013) Alginato. *Revista de actualización clínica investiga*, 30 (s./n.) pp. 1493-1497

Barceló, F., Fonseca, W. y Cruz, C. (2006) Valoración física de alginatos cromáticos. Estudio comparativo con alginatos experimentales. *Revista ADM*, 63 (1) pp. 5-11

Barros Santos, C. (2009) *Los aditivos en la alimentación de los españoles y la legislación que regula su autorización y uso*. Madrid: Visión Libros.

Barnes, J. (2015) *Keeping an eye open. Essays on art*. United Kimdong: Penguin Ramdon House.

Baselga Calvo, P. (2010) Louis Bourgeois. Simbolismo y fragmentos en la postmodernidad. *Anales de la historia del arte*. 20, pp. 301-319

Batista, E., Fernández, L. y Benetti, A. R. (2007) Effects of Storage Periodo in the Accuracy of Elastomeric Impressions. *Journal of Applied Oral Science*, 15 (3) pp. 195 - 198

Bello Gutiérrez, J. (2014) *Ciencia Bromatológica. Principios generales de los alimentos*. Navarra: Díaz de Santos.

Benjamin, W. (2003) *La obra de arte en la época de su reproductibilidad técnica*. México D.F.: Editorial Ítaca.

Biggs, M. and Karlsson, H. (2011) *The Routledge Companion to Research in the Arts*. London and New York: Routledge.

Bilurbina, L. y Liesa, F. (1990) *Materiales no metálicos resistentes a la corrosión*. Barcelona: Boixareu Editores.

Boletín Oficial del Estado. Real Decreto 222/2015, de 27 de marzo, por el que se establece el título de Técnico Superior de Artes Plásticas y Diseño en Moldes y Reproducciones Escultóricas perteneciente a la familia profesional artística de Escultura y se fija el correspondiente currículo básico. *B. O. E.*, 23 de abril de 2015, núm. 97.

Cajar, V.; Salas, N.; Becerra, E.; Bazán, D.; Reyna, L.; Cornejo, O. y Lellist, M. (2004) Obtención de ácido algínico a partir del alga *Lessonia trabeculata*. *Revista Peruana de Química e Ingeniería Química*. 7 (2) pp. 9-13

Cajar, V., Cordoba, C., Salas, N., de la Torre, E., Becerra, E., Bazán, D., Woolcott, J. C., Molina, H., Llellish, M. A. y Aguilar, C. P. (2005) Estudio comparativo del proceso de obtención del ácido algínico en las algas pardas (Marinas): *Macrocystis pyrifera* y *Lessonia trabeculata*. *Revista Peruana de Química e Ingeniería Química* 8, (2) 43-47

Cahan, Z. y Kocur, Z. (Ed.) (1996) *Contemporary Art and Multicultural Education*. New York: Routledge.

Campbell, N. A. y Reece, J. B. (2007) *Biología*. Madrid: Editorial Médica Panamericana.

Campos Silva S. A. (2015) *Propiedades de los materiales de impresión hidrocoloides irreversibles al mezclar con clorhexidina y agua ozonizada: Evaluación de tiempo de gelificación y evaluación de detalle* (Tesis doctoral). Universidad Central de Ecuador. Facultad de Odontología, Quito, Ecuador.

Cárdenas, A. y Sánchez, F. (2007) *Técnicas de ayuda odontológica y estomatológica*. Madrid: Paraninfo.

Castell, X. (2009) *Reciclaje de residuos industriales. Residuos sólidos urbanos y fangos de depuradora*. Díaz de Santos: Madrid.

Cavex (s.f.) *Cavex CA – Cavex.nl*. Holanda, Países Bajos: Cavex Holand BV.

Recuperado el 13/03/2018 de <http://www.cavex.nl/en/products/productcategory/277/sub-291/product-17>

Cebib (2015) *Cebib – Centro biotecnología y bioingeniería*. Santiago de Chile: Centro biotecnología y bioingeniería – Cebib. Universidad de Chile. Recuperado 28/06/2017 de <https://cebib.cl/extraccion-de-florotaninos-a-partir-de-macroalgas-pardas/>

Chapman, V. J. y Chapman, D. J. (1980) *Seaweeds and their uses*. London/New York: Chapman and Hall Ltd

Chen, S. Y., Liang, W. M. y Chen, F. N. (2004) Factors affecting the accuracy of elastometric impression materials. *Journal Of Dentist*, 32 (8) pp. 603-609

Collaguazo-Artos, J. K., Viteri-Moya, J. A. y Izquierdo-Bucheli, A. E. (2017) Desinfección del hidrocoloide irreversible contaminado con *Staphylococcus aureus* y *Cándida albicans* al mezclarse con clorhexidina al 0,12%. *Dominio de las Ciencias*, 3 (1) pp. 201-216

Custom Life Casting Elegant Unique Fimeless (2009) *What is Life Casting?* *Wordpress.com*. Austin, Texas.: Wordpress. Recuperado el 16/09/2017 de <https://customlifecasting.wordpress.com/>

DeGarmo, E., Temple, J. y Kohser, R. (1994) *Materiales y procesos de fabricación*. Barcelona: Editorial Reverté S.A.

Delgado, J. (2015) Apariencia y juego. La teoría de la imitación de Walter Benjamin. *Logos. Anales de Seminario de Metafísica*. 48 (2015) pp. 57-82

Derda, A., Nadolski, M. y Muskala, K. (2011) Lifecasting in artistic casting. *Metallurgy and foundry engineering*, 37 (1) pp. 63-71

Díaz-Romeral, P., López Soto, E., Veny Ribas, T. y Orejas Perez, J. (2007) Materiales y técnicas de impresión en prótesis fija dentosoportada. *Científica Dental*, 4 (1) pp. 71-82

Domb, A. J.; Kumar, N. y Ezra, A. (2011) *Biodegradable Polymers in Clinical Use and Clinical Development*. New Jersey: Wiley.

Dosil, F. J., (2007) *Los albores de la botánica marina española (1814-1939)*. Madrid: CSIC.

Duncan, J. (2006) *The Winston Effect: The Art and History of Stan Winston Studio*. Titan Books

Escarlate (2010) *Historia escrita en tinta*. Marina Pastore. Recuperado el 27/11/2017 de <http://escarlate.weebly.com/artes-plasticas/entre-atos>

Evangelista, V., Varsanti, L., Frassanito, A., Passarelli, V. y Gualtieri, P. (2017) *Algal Toxins: Nature, Occurrence, Effect and Detection*. Italia: Springer.

FAO (2004) *El estado mundial de la pesca y la agricultura*. Roma: FAO (Food and Agriculture Organization).

Fonegra, R. y Jiménez, S. (2007) *Plantas medicinales aprobadas en Colombia*. Colombia: Editorial Universidad de Antioquía.

Fraguas, R. (2 de junio de 2002) Napoleón duerme entre nosotros. El País. Recuperado de [https://elpais.com/diario/2002/06/02/madrid/1023017073\\_850215.html](https://elpais.com/diario/2002/06/02/madrid/1023017073_850215.html)

Fundación Proa [PROA TV]. (2011, Mayo, 6) PROA TV. Cómo Louise Bourgeois hizo “Arch of Hysteria” con Jerry Gorovoy como modelo [Archivo de video] Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=Zh6B3QzJeyo>

Furia, T. H. (Editor) (1964) *CRC Handbook of Food Additives, Volume I*. Boca Raton, London, New York, Washinton D.C.: CRC Press.

García Jimeno, L. (2009) Estudio de la estabilidad dimensional de los hidrocoloides irreversibles. *Labor Dental*, 10 (6) pp. 268-274

García, M., Quintero, R. y López-Munguía, A. (2004) *Bioteología Alimentaria*. Noriega Editores: México DF.

García, R., Wong, L., Ferrer, A., García, A. y Martínez, E. (2000) Formulación de un material de impresión dental en forma de pasta. *Biomecánica*, 8 (1) pp. 36-39

Gerling, H. (1979) *Moldeo y conformación. Libro de consulta acerca de los procedimientos de fabricación*. Barceloma: Editorial Reverté S.A.

Gonçalvez, F. S., Popof, D. A., Castro, C. D., Silva, G. C., Magalhães, C. S. y Moreira, A. N. (2011) Dimensional Estability of Elastomeric Impression Matherials: A Critical Review of the Literature. *European Journal of Prosthodontics & Restorative Dentistry*, 19 (4) pp. 1-4

Guichard, C. [Jerome Teyssier]. (2014, junio, 1) LOUISE BOURGEOIS une vie [Archivo de video] Recuperado de [https://www.youtube.com/watch?v=cjho\\_BJ2KsE](https://www.youtube.com/watch?v=cjho_BJ2KsE)

Gutiérrez, E. (1985) *Química*. Barcelona: Editorial Reverté, S. A.

Haug, A. (1964) *Composition and properties of alginates*. Noruega: Norwegian institute of seaweed research.

Haug, A. y Larsen, B., (1966). Alginic acid by partial acid hydrolysis. *Acta Chemica Scandinavica*, (20) pp. 183-190 doi: 10.3891/acta.chem.scand.20-0183

Hernandez Carmona, G., McHugh, D. J., Arvizu Higuera, D. y Rodriguez Montesinos, E. (1998) Pilot plant scale stractions of alginate from *Macrocystis pyrifera*. 1. Effect of pre-extraction treatments on yield and cuality of alginate. *Journal of Applied Psicology*, 10 (6) pp. 507-513

Hernández Carmona, C., Rodríguez Montesinos, Y., Arvizy Higuera, D., Murillo Álvarez, R. y Muñoz Ochoa, M. (2012) Avances tecnológicos en la producción de alginatos en México. *Ingeniería, Investigación y Tecnología*. 13, (2) pp. 155-158

Hughes, B. [Documenlicious]. (2016, noviembre, 16) The Ancient World – Athens The Truth About Democracy. [Archivo de video] Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=ir91wldORSM>

IDEPO Siliconas para Moldes y Resinas (s.f.) *Resinas poliéster, resinas acrílicas, resinas epoxi, siliconas para moldes*. Valencia, España: IDEPO SL. Recuperado el 09/09/2017 de <http://www.siliconaparamoldes.net/productos/alginatos/>

Inaturalist (2016) *A comunity of Naturalists*. *iNaturalist.org*. San Francisco, California: California Academy of Sciences. Recuperado el 15/03/2018 de <https://www.inaturalist.org/taxa/48220-Phaeophyceae>

Jarque, V. (1992) *Imagen y Metáfora. La Estética de Walter Benjamin*. Cuenca: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Castilla – La Mancha.

Jordán, C. (2017) *Utilidad de colocación de mallas intraperitoneales y supraaoneuróticas impregnadas con alginato cálcico y alginato cálcico con factores de crecimiento* (Tesis doctoral). Universidad de Sevilla, Facultad de Medicina, Sevilla.

Jung, W. K., Ahn, Y. W., Lee, S. H., Choi, Y. H., Kim, S. K., ... Yea, S. S. (2009) Ecklonia Cava ethanolic extracts inhibit lipopolysaccharide-induced cyclooxygenase-2 and inducible nitric oxide synthase expression in BV2 microglia via the MAP kinase and NF – kB pathways. *Food and Chemical toxicology*, 47, (2) pp. 410 – 417. Doi: 10.1016/j.fct.2008.11.041

Kalpakjian, S. y Schmid, S. (2002) *Manufactura, Ingeniería y Tecnología*. México: Pearson Educación.

Klein, K. y Hurlbut, C. S. (1997) *Manual de Mineralogía*. Barcelona: Reverté.

Lascod (s.f.) *LASCOD: italian dental material manufacturing*. Florencia, Italia: Lascod Spa. Recuperado el 11/03/2018 de [http://www.lascod.it/index\\_alginates\\_en.html](http://www.lascod.it/index_alginates_en.html)

Leavy, P. (2015) *Method meets art. Arts-based research Practice*. New York: Guilford Press.

Lobban, C. and Wynne, M. (1981) *The biology of Seaweeds. Botanical Monographs*. University of California Press: Berkeley and Los Ángeles.

Louise McCagg (2010) *Louise McCagg: Main*. Nueva York: Indexhibit. Recuperado el 20/11/2017 de <http://www.louisemccagg.com/>

López, G. (2013) La máscara mortuoria como imagen aurática. Tiempo, memoria y semejanza. En Gondra, A. y López, G. (Ed.), *Imagen y Muerte*. pp. 13-25 Barcelona: Sans Soleil

Lupo Pasin, B. (2014) Estudio de la gelificación de alginatos para encapsulación: Caracterización, preparación y aplicaciones en alimentos funcionales (Tesis doctoral). Universidad de Barcelona, Barcelona.

MAC Museu de Arte Contemporânea da Universidade de Sao Paulo (2010 - 2011) MAC USP Museu de Arte Contemporânea da Universidade de Sao Paulo. Sao Paulo, Brasil: Serviço de Comunicação Institucional. Recuperado el 27/11/2017 de <http://www.mac.usp.br/mac/EXPOSI%C3%87OES/2010/entreatos/galeria.htm>

Marín Viadel, R. (2005) La investigación educativa basada en las artes visuales o “arteinvestigación educativa”. En Marín (Ed) *Investigación en educación artística*. Ed. Universidad de Granada y Universidad de Sevilla: Granada.

Major (2017) *Major Dental*. Moncalieri, Italia: Major Prodotti Dentari Spa. Recuperado 07/09/2017 de <https://www.majordental.com/en/product-category/dental-clinics/alginates/>

Marc Quinn (s. f.) Self - Marck Quinn. Recuperado el 18/11/2017 de <http://marcquinn.com/artworks/self>

Martínez Gómez, J. (2015) *Posibilidades técnico-plásticas del moldeado y el vaciado artístico. Diferentes soluciones y recursos de la reproducción tridimensional* (Tesis doctoral). Universidad Miguel Hernández: Elche.

Martínez, J. (2015) *El Vaciado del Natural. Vida, Muerte y el Aura de la Escultura* (Tesis doctoral) Universidad Complutense: Madrid.

Martínez Maldonado, L. y Peña Rodríguez, G. (2014) Efecto de la concentración de residuos cerámicos odontológicos en las propiedades termofísicas de materiales compuestos a base de resina de poliéster. *Ingeniería, Investigación y Desarrollo: I<sup>2</sup> + D*, 14 (2) pp. 2-5

Mayayo, P. (2002) *Arte hoy: Louise Bourgeois*. Guipúzcoa: Nerea.

McHugh, D. J., (1987) *Production and utilization of products from commercial seaweeds*. Rome: FAO (Food and Agriculture Organization).

McHugh, D. J. (1991) Worldwide distribution of commercial resources of seaweeds including *Gelidium*. *Hydrobiologia* 221 (1) pp 19-29

McHugh, D. J. (2003) *A guide to the seaweed industry*, Roma: FAO (Food and Agriculture Organization).

Mesa Pérez, J. M., Valle Matos, M., Brossard Pérez, L. E. y Gerrero Haber, J. R. (1998) Optimización de la etapa de extracción básica de alginato de sodio. *Tecnología Química* 18 (1-2) pp. 90-96

Medicaline (2018) *Medicaline. Calidad para su clínica*. Medicaline. Recuperado el 13/03/2018 de <http://www.medicaline.es/index.php/restorative/product/algiline-normal-set>

Molina Rubio, M. J. (1992) *Estudio de la estabilidad térmica del ácido algínico y derivados en diversas atmosferas*. (Tesis Doctoral) Universidad Politécnica de Madrid, Escuela técnica superior de ingenieros industriales, Madrid.

Montequi, R. (1962) *Médicos y farmacéuticos en la creación de la química*. Madrid: Cosano.

Moreira, A. y Rosario, S. (2013) Modificadores de materiales dentales. *Revista de actualización clínica*, 30 (s/n) pp. 1525-1528

Moreno, H. M. (2010) *Reestructuración en frío de músculo de pescado mediante la incorporación de alginato sódico y transglutaminasa microbiana* (Tesis doctoral). Universidad Complutense de Madrid. Facultad de Veterinaria, Madrid.

Morente, M. (2013) La Venus Anatómica del Museo de Anatomía Javier Puerta de la Universidad Complutense. *Pecia Complutense*, 10 (18) pp. 46-60

Moss, R. J. y Doty, M. S., (1987) *Stablising a seaweeds industry in Hawaii: An initial assesstement*. Hawaii: Sea Grant Repository. Executive Chambers of Honolulu.

Navarro, J. (2000) *Maquetas, modelos y moldes: Materiales y técnicas para dar formas a las ideas*. Castellón: Publicaciones de la universidad Jaime I.

Nussinovich, A. (1997) *Hydrocolloids Applications. Gun technology in the foods and other industries*. Jerusalem: Springer.

Ortiz, J. (2011) *Composición nutricional y funcional de Algas Pardas Chilenas: *Macrocystis pyrifira* y *Durvillaea antarctica**. Chile: Departamento de Ciencia de los Alimentos y Tecnología Química. Universidad de Chile.

Osorio, M. A., (2009) *Características generales de las algas*. Santa Fe: El Cid editor.

Paredes, J. L. (2010) El uso de la anodización de materiales. *Casa del tiempo*, 3 (28) pp. 59-65

Pawar, S. N. y Edgar, K. J. (2012) Alginate derivatization: A review of chemistry, properties and applications. *Biomaterials* 33 (11) 3279-3305

Peña Salamanca, E. J., Palacios Peñaranda, M. L. y Ospina Álvarez, N. (2005) *Algas como indicadores de contaminación*. Colombia: Programa Editorial Universidad del Valle.

Per Svenson (2002) *Per Svenson*. Gotemburgo, Suecia: Per Svensson. Recuperado el 20/11/2017 de <http://www.persvenssonsoundart.com/SCULPTURE.html>

Pereira, L. y Magalhaes, J. (2014) *Marine Algae. Biodiversity, Taxonomy, Environmental Assessment, and Biotechnology*. Portugal: CRC Press.

Pereira Uzal, J. M. (2010) *Materiales y técnicas aplicados al moldeo y vaciado de obras de arte*. Barcelona: Rough Media.

Química Orgánica (2007) Alcoholes – características generales. German Fernandez, Oviedo: Químicaorganica.org. Recuperado el 24/08/2017 de <http://www.quimicaorganica.org/alcoholes.html>

Rabanal, M. (2015) Estudio del sistema de polisacáridos del alga parda Dictyota Dichotoma y su actividad antiviral (Tesis doctoral). Universidad Nacional de la Plata. Facultad de Ciencias Exactas, Argentina.

Riba Romeva, C. (2008) *Selección de materiales en el diseño de máquinas*. Barcelona: Edicions UPC. Universidad Politécnica de Cataluña.

Rocha Cáceres, R. (2016) El modelo educativo basado en competencias para la enseñanza del arte. *Educere*, 20 (66) pp. 215-224

Rodríguez García, J. (2015, 25 de noviembre) La Cocina Molecular 1. *Publicaciones Didácticas*. (65) pp.104-110 Recuperado de <https://publicacionesdidacticas.com/>

Romero Maroto, M. y del Valle González, A. (2015) *Manual de prácticas de introducción a la clínica del paciente adulto, niño y adolescente*. Madrid: Editorial Universitaria Ramon Areces.

Salem, C., Vidal, A., Mariangel, P. y Concha, M. (2002) Cicatrices hipertróficas y queloides. *Cuadernos de cirugía*, 16 (1) pp. 77-86

Sánchez, A., del Moral, N. y Ballestriero, N. (2012) Entre la ciencia y el arte. Ceroplástica anatómica para el Real Colegio de Cirugía de San Carlos (1786 – 1805). *Archivo Español de Arte*, 85 (340) pp. 329-349

Sánchez, A., Del Moral, N. y Ballestriero, N. (2013) Anatomía femenina en cera. Ciencia, Arte y Espectáculo en el Siglo XVIII. *Laboratorio de Arte*, 2 (25) pp. 603-622

Seaweeds of Alaska (s.f.) *Seaweeds of Alasca*. Kenai, Alaska: Cook Intel. Recuperado el 20/06/2017 de <http://www.seaweedssofaraska.com/species.asp?SeaweedID=39>

Sedda, M., Casarotto, A., Raustia, A. y Borracchini, A. (2008) Effect of storage time on the accuracy of cast made from different irreversible hydrocolloids. *The Journal of Contemporary Dental Practice*, 9 (4) pp. 59 - 66

Site Santa Fe (2018) Welcome to SITE Santa Fe – a contemporary art space. Paseo de Peralta, Santa Fe: SITE Santa Fe. Recuperado 19/11/2017 de <https://sitesantafe.org/exhibition/barry-x-ball/>

Soledad Lencina, M. (2013) Síntesis y caracterización de geles de alginato y n-isopropilacrilamida para aplicaciones biomédicas (Tesis doctoral). Universidad Nacional del Sur, Argentina.

Stan Winston School of Character Arts (2017) *Stan Winston School of Character Arts*. Stan Winston School of Character Arts. Recuperado 30/11/2017 de <https://www.stanwinstonschool.com/search/?text=alginate>

Steinbüchel, A. y Rhee, S. K., (Ed.) (2005) *Polyssacharides and Polyamides in the Food Industry. Properties, Productions, and Pathents*. Estados Unidos: Wiley-Blackwel. Universidad de Michigan.

Sullivan, G. (2010) *Art Practice as Research. inquiry in the visual arts*. Thousand Oaks: Sage Publications.

Sumbeart (s.f.) *Sumbeart*. Sevilla, España: Sumbeart. Recuperado el 07/09/2017 de <http://sumbeart.es/alginato-de-reproduccion/123-alginato-para-reproduccion.html>

Trish Lions (2016) Trish Lions, Canada: Recuperado el 20/11/2017 de <http://www.trishlyons.com/test/#/sculpture/>

Trujillo Cebrian, J. (2013) *MF0869\_1: Pastas, morteros, adhesivos y hormigones*. IC Editorial, Málaga.

Tschinkel, P. [Paul Tschinkel]. (2014, marzo, 16) John Ahearn & Rigoberto Torres: Art with the community [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=Zc1maEJ-wqI>

University of Stanford (2017) *UNotes – University of Stanford*. West Hartford.: University of Stanford. Recuperado el 20/11/2017 de <http://unotes.hartford.edu/announcements/2014/09/2014-09-12-from-shrunken-heads-to-full-size-bronzes-sculptor-louise-mccagg-shows-her-range.aspx>

Vannini Dental Industry (2015) *Vannini Dental Industry the highest technology*. Grassina, Italia: Vannini Dental Industry. Recuperado 11/09/2017 de <http://www.vanninidental.com/products/clipalgin.html>

Veca, A. C. y Accolti, E. (2016) *Ultrasonido para ingenieros y estudiantes de ingeniería*. Recuperado el 21/02/2018 de [http://dea.unsj.edu.ar/ultrasonido/pdfs/Bibliografia/Usiyei\\_2016.pdf](http://dea.unsj.edu.ar/ultrasonido/pdfs/Bibliografia/Usiyei_2016.pdf)

Vian, A. (1994) *Introducción a la química industrial*. Barcelona: Reverté.

Villa, M. A. (2013) Rendimiento y calidad del alginato del alga café Eualaria Fistulosa (Postel y Rupecht) M. J. Wynne de las Islas Aleutianas, Alaska (Tesis de pregrado) Universidad Autónoma de Baja California, La Paz, Baja California.

Villoria, C. (2004) Dermatitis de contacto producida por el alginato dental. Reporte de caso clínico. *Acta Odontológica Benezolana*, 43 (3) pp. 293-296

Viniello, M. [Stan Winston School]. (2017, Julio, 17) Life-Casting Hands: Alginate Molding & Pouring a Plaster Positive – FREE CHAPTER [Archivo de video] Recuperado de <https://www.stanwinstonschool.com/blog/how-to-life-cast-hands-free-chapter>

Viniello, M. [Stan Winston School]. (2011, Septiembre, 17) How to Life-Cast – Head, Hands and Teeth – PREVIEW [Archivo de video] Recuperado de [https://www.youtube.com/watch?v=UzdTr2LGw\\_4](https://www.youtube.com/watch?v=UzdTr2LGw_4)

Wrightson & Platt (2007) *Baby Hands and Feet Casting with Wrightson & Platt*. London.: Wrightson & Platt. Recuperado el 26/10/2017 de <http://wrightsonandplatt.com/>

X Ball, B. [Barry X Ball Studio]. (2016, junio, 1) Portrait of Albert II, Prince of Mónaco [Archivo de video] Recuperado de <https://vimeo.com/168982730>

Zinsa Productos no Ferrosos (2016) *Zinsa Industrias Nacionales, S.A (Zinsa)*. Perú: Zinc Industrias Nacionales S.A. Recuperado de <http://www.zinsa.net/es/derivados-de-zinc/zamac>

Zhermack (2014) *Algipedia. Guía completa de alginatos*. Roma: Zhermack SpA.

Zhermack (2017) *Zhermack: datherials and solutions for dental, industrial and wellbleing*. Roma, Italia: Zhermack SpA. Recuperado el 26/06/2017 de <http://www.zhermack.com/en/>

**Anexo I.**  
**Medios técnicos empleados**

### **Instrumentos de medida y pesaje.**

- Instrumentos de medida de laboratorio: Probetas y recipientes calibrados. (Medición de fluidos).
- Balanza de laboratorio serie *SPX*, de *Gram Precision S. L.* (Pesaje de polvo, probetas y desechos producidos por los procesos de moldeo).
- Medidor electrónico *TICO ultrasonic testing instrument* (Medición de ultrasonidos).
- Termómetro laser *Raytek Raynger PM Infrared Thermometer*. (Mediciones de temperatura en muestras de alginato para prueba de ultrasonidos).
- Calibre de precisión. (Medición de probetas).
- Calibre digital. (Medición milimétrica).
- Balanza dinamométrica. (Pesajes de magnitud mayor).
- Acetato en escuadra calibrado. (Medición de probetas).
- Vasos de plástico calibrados. (Vertido de alginato sobre superficie lisa para el estudio y observación).
- Medidores de polvo de alginato de la compañía *Zhermack*. (Medición de polvo de alginato y agua).
- Medidor de ultrasonidos *TICO ultrasonic testing instrument*. (Medición de ultrasonidos a la variedad de alginato dental *Phase Plus*).
- Espectrómetro de Fotelectrones de Rayos-X *Kratos Axis Ultra-DLD*. (Análisis de los distintos componentes químicos del alginato dental *Phase Plus*).

### **Medios de observación.**

- Microscopio Metalográfico Trinocular *AmScope*. (Observación aumentada del alginato y del árido algínico).
- Video comparador multiespectral *LUMINISYS TR*. (Respuestas lumínicas de infrarrojos y ultravioleta).
- Recipientes de cristal transparente. (Observación del comportamiento y reacción de materias sumergidas en agua).
- Cámara fotográfica *Canon EOS 700*. (Documentación fotográfica de la investigación).

- Lentes de aumento adaptables Canon. (Aumento de imagen para documentación fotográfica).

### **Materiales.**

- Agua. (Agente elemental utilizado como medio de dispersión de agentes gelificantes, aditivo para materias fraguantes y conformación del mortero).
- Alginato dental. (Materia objeto de estudio de la investigación).
  1. Alginine. (Medicaline).
  2. Phase Plus. (Zhermack).
  3. Ortholine. (Zhermack).
  4. Clipalgin. (Vannini Dental Industry S. r. L).
  5. PRALG'X. (Pierre Rollan).
  6. Kromopan. (LASCOD).
  7. Alginmajor. (MAJOR).
  8. CA37. (Cavex).
- Alginato para moldeado artístico. (Materia objeto de estudio de la investigación).
  1. Alginato PR. (Sumbeart).
  2. Alginato 911 (IDEPO).
- Silicona XIAMETER RTV-BASE 3481. (Confección de molde para la reproducción sucesiva de probetas de alginato, árido algínico y mortero).
- Escayola *E-35 (AI)*. (Material de reproducción de las piezas obtenidas en los procesos de moldeado).
- Escayola cerámica. (Material de reproducción de las piezas obtenidas en los procesos de moldeado).
- Vendas de escayola. (Construcción de madreforma para fases de moldeado con alginato. Cierre de fisura de moldes).
- Maya metálica / gallinero. (Estructuras internas de modelados y acabados estéticos de reproducciones de escayola).
- Esparto. (Refuerzo para reproducciones de escayola).
- Cera roja de modelar. (Materia de reproducción de moldes de alginato para las pruebas de moldeado basadas en la técnica de “cera perdida”).

- Barro rojo. (Modelado de busto para antecedentes explicativos de fase de moldeo perdido).
- Plastilina. (Modelado de piezas para fases de moldeo).
- Plástico de pintor. (Conservación de modelado de barro).
- Listones de hierro. (Sujeción, estructura y anclajes de las piezas).
- Planchas de madera. (Superficies alisadas para los set's de fotografía, encofrados para moldes, sujeciones y estructuras para madreforma y andamiajes para distintos procesos).
- Acetato de 500 micras. (Construcción de madreforma cilíndrica y división de modelados para fases de moldeo).
- Disolvente Universal 1405. (Eliminación de residuos persistentes).
- Arena refractaria. (Revestimiento para procesos de fundición).
- Zamak 5 (Proceso experimental de fundición en molde de alginato dental).
- Bronce. (Proceso experimental de fundición en molde de alginato dental).
- Desmoldeantes.
  1. Aceite.
  2. Laca aerosol.
  3. Barbotina.
  4. Estearina.
  5. Crema de manos.
  6. Jabón.
- Materiales para pátinas.
  1. Pintura acrílica
  2. Pintura sintética.
  3. Café quemado.
  4. Pigmentos.
  5. Polvos de talco.
  6. Goma laca.
  7. Cola de madera
  8. Laca para madera.
  9. Barniz.
  10. Cera para madera.

## Herramientas.

- Taladro con hélice. (Mezclado de alginato y agua).
- Mini amoladora Dremel. (Acabado de zonas delicadas de las reproducciones).
- Batidoras. (Mezclado de alginato y agua).
- Pulverizadores de agua. (Dosificación de agua en pequeñas cantidades para la confección de mezclas y humedecimiento de reproducciones).
- Cubos y contenedores flexibles. (Mezclado de materias con agua).
- Recipientes de plástico cilíndricos aireados. (Almacenaje de árido algínico usado en estado húmedo).
- Recipientes flexibles ovalados. (Mezclado de alginato y agua).
- Espátulas. (Separación de láminas de alginato fraguado).
- Tubos de ensayo. (Almacenaje y transporte de sustancias para el análisis microscópico).
- Recipientes de cristal herméticos. (Óptima conservación del árido algínico).
- Mortero de acero. (Triturado de los fragmentos de alginato seco).
- Mortero de piedra de ágata. (Micronizado de polvo de alginato destinado a las pruebas de espectrometría fotoelectrónica).
- Tamizador. (Selección y separación de los microgránulos de alginato seco).
- Pinzas quirúrgicas de mosquito. (Sujeción de alginato seco para el estudio, observación y documentación fotográfica).
- Hornillo. (Inducción de temperatura para la fundición de cera).
- Horno de laboratorio. (Procesos de deshidratación de moldes de alginato dental).
- Decapadora. (Inducción de alta temperatura para la evaporación de agua).
- Soplete. (Aplicación de fuego directo en las pruebas de aplicación de temperatura y en la extracción de cera para las pruebas de moldeo basadas en la técnica de “cera perdida”).
- Bombonas de gas butano. (Alimentación de soplete).
- Sierra radial. (Corte de metales para estructuras internas).
- Sierra tronadora. (Corte de vástagos de madera para estructura y andamiaje).
- Sierra de cinta. (Corte de planchas de madera para la confección de peanas).
- Máquina de soldadura. (Unión de herrajes para estructura metálica de modelados y reproducción).

- Lijadora eléctrica. (Acabado de madera para peanas).
- Ladrillo refractario. (Apoyo de materias destinadas a la prueba de combustión).
- Varilla de vidrio. (Mezclado de sustancias para su estudio).
- Cuñas de madera. (Apertura de moldes).
- Espuerta de goma. (Preparación de escayola en grandes cantidades).
- Martillo, gubias y formones. (Rotura de molde perdido).
- Ahuecadores. (Extracción de fragmentos de alginato fraguado).
- Horno de bronce y crisol. (Procesos experimentales de fundición).

### **Elementos de higiene y seguridad.**

- Mascarilla con filtro para polvo. (Protección ante el polvo de alta volatilidad).
- Mascarilla con filtro para gas. (Protección ante los efluvios o humo de las materias a las que se le ha inducido temperatura).
- Extractor de humo. (Extracción de gases y polvo del medio de trabajo).
- Campana de extracción de cera. (Aplicación de llama y acumulación de humo y residuo durante la prueba de moldeo basada en la técnica de “cera perdida”).
- Frascos de cristal herméticos. (Almacenaje de materias volátiles).
- Guantes de látex. (Contacto con sustancias que pueden ocasionar dermatitis).
- Guantes de cuero para uso industrial. (Manipulación de materia candente. Combustión de moldes).
- Gafas protectoras. (Protección ante esquirlas producidas por cortes de radial y sierras tronadoras).
- Jabón antiséptico. (Eliminación e higienización tras manipular sustancias tóxicas).
- Botas de seguridad. (Prevención de accidentes).

**Anexo II.**

***Algipedia. Guía completa de alginatos  
clínicos ofrecida por la compañía Zhermack.***

	Característica principal	Tiempo total de fraguado	Tiempo en boca	Aroma	Aplicaciones e impresiones
HYDROGUM	Elástico	Rápido 2'10"	1'00"	Menta	Modelos de estudio
HYDROGUM SOFT	Extra elástico	Rápido 2'10"	1'00"	Menta	No mucocompresivo. Preliminares de maxilares edéntulos.
HYDROGUM 5	Alta estabilidad	Extra rápido 1'50"	45"	Mangosta	Modelos de diagnóstico de prótesis fija y removible.
NEOCOLLOID	Alta precisión	Normal 3,30"	1'30"	Clorofila	De precisión. Modelos de prótesis removible.
ORTHOPRINT	Ortodóntico	Extra rápido 1'50"	45"	Vainilla	Modelos para ortodoncia
HYDROCOLOR 5	Cromático. Alta estabilidad	Rápido 2'10"	1'00"	Baya fresca	Modelos de estudio y planificación de casos antagonistas de prótesis fija y removible en odontopediatría.
TROPICALGIN	Cromático. Agradable y exótico.	Rápido 2'35"	1'00"	Mango	En odontopediatría. Modelos de estudio y antagonistas.
PHASE PLUS	Cromático. Fácil manipulación	Rápido 2'35"	1'00"	Menta	Modelos de estudio

Tabla 1: Gama de alginatos de la compañía *Zhermack* (Zhermack, 2014).

**Anexo III.**  
**Entidades colaboradoras.**

**Depósitos suministradores de alginato, centros de investigación, instituciones y empresas de realización de obra y procedimientos artísticos.**

- **Depósito dental andalusí**

Avenida de Murcia, 12. 18012 Granada.

Teléfono: 958 27 55 00

Suministros de alginatos para la realización de pruebas empíricas.

- **Identing**

Camino bajo de Huetor, 6, 18008 Granada

Teléfono: 958 56 57 48

Suministros de alginatos para la realización de pruebas empíricas.

- **Departamento de Escultura de la Universidad de Granada.**

Facultad de Bellas Artes Alonso Cano. Avenida de Andalucía S/N, 18014 Granada. Desarrollo de la investigación

- **Instituto Científico de Criminalística Documental. (ICCD) Granada.**

Pruebas de microscopía. Laboratorio científico y participación de miembros adscritos a SCIFORD. Utilización de aparataje científico para la búsqueda de respuestas lumínicas.

- **Centro de Instrumentación Científica de la Universidad de Granada.**

Campus Universitario de Fuentenueva. Paseo Profesor Juan Ossorio S/N. 18003 Granada. Pruebas científicas.

- **Escuela de Arte Gaspar Becerra**

C/ Julio Burel 24. 23440 Baeza, Jaén.

Realización de relieve escultórico por medio de fases de moldeo con alginato sobre modelos del natural, en cooperación con los alumnos de 1º Curso de Artes Aplicadas a la Escultura. Espacio de moldes y reproducciones.

- **Fundición Arte en Bronce Moliné Segovia**

Polígono industrial Los Álamos. Calle A, parcela 9. 18230, Atarfe, Granada

Teléfono: 958 43 69 23

Pruebas de combustión y fundición.

- **José Ángeles. Estudio de Escultura.**

[www.joseangelesescultor.com](http://www.joseangelesescultor.com)

Teléfono: 652 977 399

Realización de obra escultórica. Taller de artes plásticas y diseño.

- **Fotógrafos**

Marcelino Jesús Miguel Castro.

Juan Carlos Roa Fernández.

Francisco Milla Gómez (Escuela de Arte Gaspar Becerra).

Antonio Pérez Almahano (Escuela de Arte Gaspar Becerra).