



POLITÉCNICA

Contents lists available at POLI-RED

IngeniaMateriales

Journal homepage: [http://polired.upm.es/index.php/ingenia\\_materiales](http://polired.upm.es/index.php/ingenia_materiales)



## Envases cerámicos de polenta

S. del Prado, A. González, A. Hernández, J. Spina

E.T.S.I. de Caminos, Canales y Puertos, Universidad Politécnica de Madrid, C/ Profesor Aranguren 3, E28040, Madrid, Spain

### INFORMACIÓN

#### Información del Proyecto:

Entrega anteproyecto 15 Marzo 2021

Entrega Proyecto 14 Mayo 2021

Disponible online: 5 Julio 2021

#### Keywords:

Polenta

Cerámico

Sostenible

### ABSTRACT

A raíz de la amenaza para el medio ambiente que suponen otros menajes hechos a partir de materiales contaminantes, el presente ensayo propone la producción de un nuevo material cerámico sostenible hecho a partir de polenta de maíz y materiales orgánicos, de fácil descomposición, fabricación y de precio asequible que pueda servir como alternativa. A través de diferentes ensayos hemos demostrado que sus propiedades son adecuadas para este fin.

© 2021 ESTRUMAT 2.0. All rights reserved.

## 1. Introducción

El menaje que utilizamos hoy en día, cuando no está hecho de metal, suele estar hecho a partir de porcelanas y plásticos cuya producción, al igual que su descomposición, puede ser dañina para el medio ambiente. En cuanto a su producción, muchos plásticos son derivados del petróleo, como es el caso del poliestireno expandido, utilizado (con menos frecuencia ahora) en la elaboración de envases desechables. Estos materiales, al no ser biodegradables o reciclables, necesitan recogerse en un punto limpio para ser sometidos a un proceso de triturado que facilite su degradación. Tardan entre 10 y 500 años en descomponerse, siendo algunos componentes en los que se degradan contaminantes. Como una posible solución a esto, nosotros proponemos hacer uso del material presentado a continuación.

Hemos diseñado un material cerámico a base de polenta que pueda utilizarse en la creación de envases desechables, como platos, vasos y cubiertos. Hecho a partir de componentes naturales, como son la polenta, la gelatina neutra y el huevo (explicados con más detalle en el próximo apartado), y con un proceso de fabricación simple, supone una opción más sostenible que los materiales ya citados. En su creación, además de buscar una solución para el cambio climático, tuvimos en cuenta el impacto social y económico que podría tener.

La polenta es un derivado del maíz y la producción a gran escala del maíz a nivel mundial está centrada normalmente en alimentación animal, produciéndose en plantas de origen transgénico en su mayoría. Estados Unidos y países de similar tamaño son los productores más fuertes. De cara al futuro, si trabajamos con asociaciones y grupos concienciados socialmente, podemos crear nuevas oportunidades económicas para países menos desarrollados, en los que la producción del maíz es solo para consumo propio. De esta manera, en países como Guatemala, abriríamos nuevas ventanas de producción y mercado.

## 2. Materiales y métodos

### 2.1. Materiales y fabricación

#### 2.1.1. Marco teórico

Como bien hemos visto en la introducción queremos crear un material cerámico basándonos en componentes que se degradan fácilmente y no perjudican el medio ambiente.

Así nos encontramos las características que debe tener nuestro material: comportamiento aislante térmico, elevado punto de fusión, gran resistencia al desgaste y a la corrosión, y fragilidad.

Para conseguir ese material ideamos un material compuesto formado por un aglomerante al que le añadimos áridos, agua y aditivos específicos. El aglomerante que usamos fue la polenta de maíz mezclada con gelatina neutra y una proporción adecuada de agua para producir una reacción de hidratación. Las partículas de agregados fueron, en este caso, el azúcar glas y las claras de huevos. Finalmente, el aditivo añadido es la soja. El porqué del uso de estos componentes lo explicamos a continuación.

Una vez se eligió los granos de polenta como componente inicial, necesitábamos crear una matriz que ayudase a compactar los granos. Para ello nos centramos en usar la gelatina neutra, la cual es una proteína compleja, es decir, un polímero compuesto de aminoácidos. Como sucede con los polisacáridos, el grado de polimerización, la naturaleza de los monómeros y la secuencia en la cadena proteica determinan sus propiedades generales.

La principal propiedad por la que decidimos utilizarla fue por su comportamiento ante distintas temperaturas cuando se tienen disoluciones en agua de esta molécula: son líquidas en agua caliente (coloide tipo sol) y se solidifican en agua fría (coloide tipo gel).

Continuando con los componentes de la matriz, tenemos la clara de huevo. Se trata de un coloide que tiene una composición de casi el 90 % agua y el resto es proteína, con trazas de minerales, materiales grasos, vitaminas (la riboflavina es la que proporciona ese color ligeramente amarillento) y glucosa (la glucosa es la responsable de

oscurecer el huevo en las conservaciones de larga duración). Las proteínas de la clara tienen como función defender al huevo de agresiones bioquímicas del exterior, así como de la infección de bacterias y otros organismos. Esto además nos beneficia ya que ayuda a resistencia al desgaste y a la corrosión del material. Las proteínas mayoritarias de la clara, la ovomucina y la ovoalbúmina, son las responsables de que la clara pueda "cristalizarse", lo que provoca que el huevo se cuaje. Esta característica de solidificación es la que nos sirvió para usar el huevo como adherente de los granos.

Como aditivos nos encontramos con la soja. Concretamente el aceite de soja que se caracteriza por poseer moléculas de cadena larga de 13 a 16 enlaces lo cual le da estructura de glicerol (después de someterle a altas temperaturas), ayudando así a darle cierta resistencia a corrosión a nuestro material.

Finalmente, el último elemento será el azúcar glas. Este componente se utilizó como principal precursor de la sinterización del material. Como bien sabemos el azúcar es en su totalidad sacarosa, la cual, gracias a las características de sus enlaces, una vez se le somete al calor la estructura conformacional tiende a compactarse.

Es decir, una vez calentamos el material en el horno éste, gracias a la sacarosa, se volverá más duro.

### 2.1.2. Precios:

- Polenta: 1,64 €/kg
- Clara de huevo: 1,53 €/L
- Agua
- Azúcar: 1,19 €/ 500g
- Soja: 1,50 €/250ml
- Gelatina neutra: 0,99 €/12 láminas



Fig.1. Componentes utilizados para la fabricación del material

### 2.1.3. Fabricación

Para la fabricación de nuestro material, en primer lugar, disolvimos 4 láminas de gelatina neutra en 100 ml de agua caliente. A continuación, incorporamos lentamente, para que no se formasen grumos, 300g de polenta y mezclamos. Una vez que el agua fue absorbida en su totalidad, agregamos 1 cucharada sopera y una cucharita pequeña de soja y 70g de claras de huevo, mezclamos nuevamente hasta conseguir una mezcla uniforme y homogénea. Por último, añadimos 100g de azúcar glas y mezclamos hasta que se incorporó por completo a la mezcla. Dejamos reposar unos minutos.



Fig.2 Mezcla final obtenida antes del horno

Posteriormente introducimos la mezcla en los moldes y le dimos la forma deseada. Para finalizar lo llevamos al horno a una temperatura de entre 70-100 °C hasta que el material se sinterizase en su mayoría. Lo retiramos del horno y lo dejamos a temperatura ambiente hasta que este seco completamente.

## 2.2. Métodos de ensayo

### 2.2.1. Ensayo de tracción

Consiste en la aplicación de fuerza creciente uniaxial sobre una probeta plana o cilíndrica en dirección longitudinal con sentidos opuestos en el que se registra y se representa el alargamiento (incremento de longitud de la probeta) de ésta en función de la carga aplicada. Con este ensayo podemos obtener información sobre la resistencia máxima, la gráfica Fuerza/Alargamiento y Tensión/Deformación, el módulo de Young, el límite elástico, la posible cedencia, el endurecimiento por acritud, la ductilidad mediante el alargamiento porcentual a rotura o el coeficiente de estricción, la fragilidad, etc.

En nuestro caso utilizamos probetas planas del material estudiado y una bolsa llenada de agua de forma creciente. La bolsa estaba enganchada mediante una goma elástica a varias pinzas que conectaban con la probeta por un extremo y el otro extremo se sujetó manualmente. Se decidió calcular la masa con el agua debido a su densidad igual a 1 kg/L, facilitando así la medición del incremento de carga. Se pesó el agua con una báscula y con vasos medidores y se intentó medir el alargamiento con una regla.



Fig.3. Ensayo de tracción

Como previmos que era un material cerámico y sería bastante frágil, en vez de hacer las medidas convencionales en las probetas hicimos marcas cada 0,5mm en la longitud calibrada para poder localizar bien el posible alargamiento de ésta como podemos observar en la Fig 4.

Tabla 1. Longitudes de las probetas de tracción previas al ensayo

	Espesor inicial (mm) ±1mm	Ancho (mm) ±1mm	Sección inicial (mm <sup>2</sup> )	Longitud calibrada (mm) ±1mm
Probeta 1	6	13	78	36
Probeta 2	5	10	50	35
Probeta 3	5	11	55	37
Probeta 4	6	13	78	42
Probeta 5	6	13	78	35

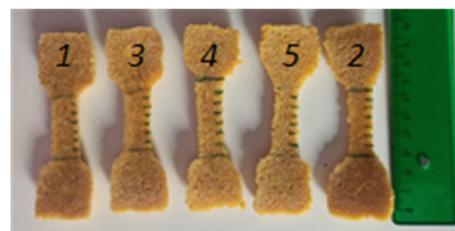


Fig.4. Probetas utilizadas para los ensayos de tracción, antes del ensayo, nombradas como en la Tabla 1

### 2.2.2. Ensayo de compresión

El ensayo de compresión suele hacerse en materiales frágiles, como el nuestro, para determinar su resistencia ante un esfuerzo o carga por compresión. En un principio, tratamos de realizar el ensayo apilando peso encima de la probeta plana para así poder determinar su resistencia máxima, pero tras llegar a los 100 kg y no apreciar ningún cambio en la muestra decidimos hacer uso de un tornillo mecánico, el cual incrementa la fuerza aplicada.

Colocamos la probeta entre las mordazas (una fija y una móvil) y procedimos a girar la palanca para cerrarlas (Figura 5). Para calcular su resistencia a compresión colgamos de la palanca 6 kg que hacían fuerza para bajarla (Figura 6). Al no ser suficiente carga para girarla y romper la probeta tuvimos que aplicar fuerza extra con el brazo. La fuerza que hicimos con el brazo la medimos con una báscula, intentando realizar la misma fuerza que habíamos hecho sobre la palanca en ella y así ver su equivalencia en peso y poder sumarlo a los 6 kg fijos. Debido a esto, los resultados no son completamente precisos.



Fig. 5. Probeta entre mordazas



Fig. 6. Tornillo mecánico con peso

Tabla 2. Medidas previas al ensayo

	Medidas iniciales (mm) $\pm 1$ mm		
	ancho	espesor	Largo
Probeta 1	30	8	114
Probeta 2	30	8	112
Probeta 3	30	8	123
Probeta 4	30	7	116

### 2.2.3. Ensayo de flexión en tres puntos

Al ver los resultados del ensayo de tracción, decidimos realizar este nuevo ensayo para ver si reuníamos más información al aplicar una carga en tres puntos en vez de uno uniaxial, al ser aparentemente rígido también. Este ensayo nos proporcionaría el módulo de elasticidad de flexión, la tensión de flexión, la deformación, el coeficiente de Poisson, etc.

El ensayo consiste en aplicar una carga creciente sobre el centro de la probeta, cuando ambos extremos de ésta están sujetos sobre una superficie. De esta manera el material se irá deformando lentamente en la vertical en forma de U. De forma casera la superficie que sujetó los extremos fueron un par de sillas y la carga del centro fue una bolsa con agua debido a su densidad como en el caso del ensayo de tracción mencionado anteriormente, directamente atada a la probeta. Se utilizaron tres probetas paralelepípedas y se pesó el agua con una báscula.



Fig. 7. Ensayo de flexión en tres puntos

Tabla 3. Dimensiones de las probetas antes de ser ensayadas

	Espesor inicial (mm) $\pm 1$ mm	Ancho inicial (mm) $\pm 1$ mm	Largo inicial (mm) $\pm 1$ mm
Probeta 1	5	28	90
Probeta 2	7	30	100
Probeta 3	7	30	100

### 2.2.4. Ensayo de alcalinidad

Realizamos este ensayo con el fin de comprobar que nuestro material es eficaz para la aplicación que buscamos.

Para ello sometimos 3 probetas de nuestro material durante 30 minutos, tiempo promedio que una persona demora en comer, a líquidos con diferentes pH. Utilizamos zumo de limón 100% natural con un pH ácido de 2,3 aproximadamente, agua mineral con un pH neutro y agua mineral con bicarbonato con un pH de 9 aproximadamente.

El ensayo se llevó a cabo en 3 etapas, observando los cambios que se producían cada 10 minutos.



Fig. 8. probetas en los diferentes medios

### 2.2.5. Ensayo de dureza

Partimos con la definición de dureza como la resistencia del material a la penetración por otro más duro mediante la aplicación de una fuerza.

Cuando en una pieza existen tratamientos superficiales tales como la cementación, que hemos buscado imitar con la agregación de azúcar al material (ver apartado 2.1.1). El control de la dureza debe hacerse midiendo el valor de la capa superficial sin que éste esté afectado por el valor de la zona interior. Es decir, la huella debe ser tan pequeña de manera que la zona subyacente a la capa superficial no sufra deformación plástica.

A niveles microscópicos, a veces es necesario medir la dureza de fases distintas, por lo que la huella debe ser tan pequeña como para que no produzca deformación plástica. Debido a esto usamos cargas muy pequeñas. Además, para que la dureza no se viera dependiente de una única carga utilizada, usamos y comparamos medidas realizadas con cargas diferentes.

El procedimiento que hicimos fue presionar con un penetrador (granete de punta cono de metal duro) contra la superficie de una probeta de ensayo y medimos el diámetro  $d$  de la huella marcada en la superficie al retirar la carga  $F$ .

### 2.2.6. Ensayo de resistencia a cambios de temperatura

Como hemos visto en la introducción, este material está destinado para sustituir los cerámicos que usamos en la vajilla por lo que un factor a tener en cuenta es el predecir la durabilidad de un producto, en función de las agresiones que sufrirá durante su "vida útil". Se trata de "imitar" esas agresiones de forma acelerada para poder predecir el tiempo mínimo en el que un producto funcionará correctamente.

Además de las tensiones por fatiga, vibración o ataques químicos que aparecen con el uso continuado, un producto puede encontrarse sometido a unas determinadas condiciones ambientales de temperatura, humedad y radiación solar que hagan

peligrar los requerimientos estéticos, funcionales o de seguridad que se esperan de él.

Entonces partimos de que estos ensayos están normalizados bajo documentación que describe minuciosamente ciclos de frío, calor, ciclos de calor húmedo o ciclos compuestos de temperatura o humedad, a esto lo llamaremos envejecimientos acelerados. Concretamente, lo que hemos hecho nosotras son Ciclos de frío-calor.

2.2.7. Ensayo de conductividad térmica

La resistencia al fuego es la capacidad de un sistema para resistir el fuego y continuar proporcionando la función prevista y/o proporcionar la contención de un incendio durante un período de tiempo concreto. La única forma de determinar la resistencia al fuego es mediante un ensayo normalizado. Utilizamos a modo de referencia las tablas que se encuentran en algunos libros (véase en la bibliografía).

La conductividad térmica es la capacidad que tiene un material de propagar el calor. Para la aplicación que queremos darle a nuestro material, nos interesa que tenga resistencia al fuego y que sea aislante a su vez.

En el ensayo se utilizó una probeta cuadrada la cual tenía un termómetro en una cara y en la cara inversa la aplicación de calor constante (1000 °C) con un soplete de butano, durante un total de seis minutos (3600 s).

3. Resultados

3.1. Ensayo de tracción

Los resultados fueron los esperados, apenas se alargaron las probetas en algunos casos y en todas ellas se mantuvo el mismo espesor y por lo tanto también la misma sección (el ancho no varía tampoco).

Debido al escaso alargamiento total, no se ha podido hacer el estudio con gráficas Tensión/Deformación o Fuerza/Alargamiento para calcular el módulo de Young, observar el límite elástico, etc con mediana exactitud. Pero sí se han podido recolectar los datos del experimento y calcular la fuerza máxima mediante la ecuación (1) y la resistencia o tensión máximas con la ecuación (2) como se muestra en la Tabla 4, de bajo valor y muy alta fragilidad.

$$F = m * g \tag{1}$$

donde  $g = 9,80665 \text{ m/s}^2$

$$R_m = F_{\text{máx}} / S_o \tag{2}$$

Tabla 4. Datos del proceso del ensayo de tracción

	Masa máxima (kg) ± 0,001kg	Fuerza Máxima (N)	Tensión máxima (MPa)	Alargamiento total (mm) ±1 mm
Probeta 1	0,500	4,903	0,063	0
Probeta 2	2,007	19,682	0,394	0
Probeta 3	1,562	15,318	0,279	1
Probeta 4	1,621	15,897	0,204	0
Probeta 5	2,391	23,448	0,301	1

Se puede observar en la Fig 9 como la probeta 1 se desvía de la media (en cuanto a tensión máxima, etc.) cuando tienen todas ellas las mismas dimensiones aproximadamente. Pensamos que se debe al error humano ya que fue la primera probeta que se ensayó y no se emplearía la técnica correcta. Por otro lado, aunque la probeta 5 sea la que más carga máxima aguantó, no fue la que más tensión máxima mostró debido a su mayor sección inicial (Fig 10).

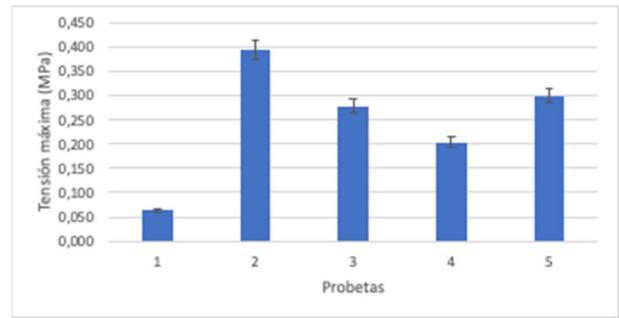


Fig 9. Tensiones máximas de las distintas probetas

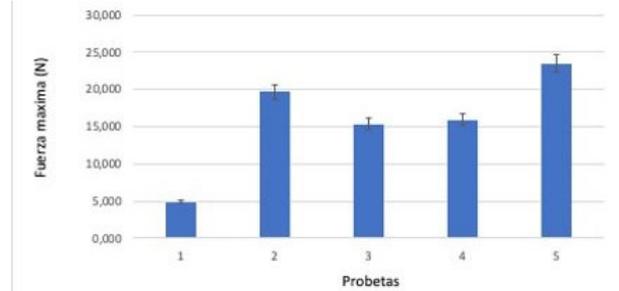


Fig 10. Fuerza máxima de las probetas

3.2. Ensayo de compresión

Después de hacer el ensayo comprobamos que cuando aplicamos el peso sobre la totalidad de la probeta su resistencia fue considerablemente mayor que cuando se le aplicó fuerza con el tornillo mecánico. Con el tornillo pudimos observar que cuando la fuerza está concentrada el material puede soportar una carga de hasta 40 kg ± 2 kg antes de romperse, reduciéndose su espesor hasta casi el doble.

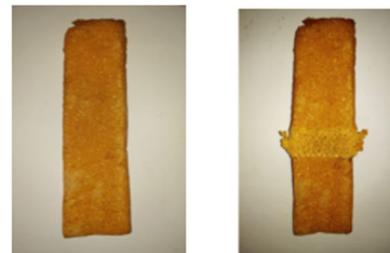


Fig 11. Comparación probeta no ensayada-probeta ensayada



Fig.12. Probetas tras el ensayo de compresión

Tabla 5. Carga aplicada y medidas finales tras el ensayo

	Carga (Kg) ±2kg	Fuerza (N)	Medidas finales (mm) ±1mm		
			ancho	espesor	largo
Probeta 1	36	352.8	37	4	115
Probeta 2	42	411.6	42	5	115
Probeta 3	40	392	38	4.5	127
Probeta 4	38	372.4	39	4	120

Tabla 6. Resultados tras el ensayo de compresión

	Tensión (MPa)	Deformación (mm/mm)	So (mm <sup>2</sup> )	Resultados
Probeta 1	1,47	0,00877193	240	No rompe
Probeta 2	1,715	0,02678571	240	Rompe
Probeta 3	1,633	0,03252033	240	Rompe
Probeta 4	1,773	0,03448276	210	No rompe

### 3.3. Ensayo de flexión en tres puntos

Nuestro resultado no dio mucha más información que el ensayo de tracción. Una vez más, no se produjo apenas alargamiento (ahora en el plano vertical). Eso sí, aguantó más carga máxima, calculada una vez más con la ecuación (1), como se puede observar en la Fig. 13.

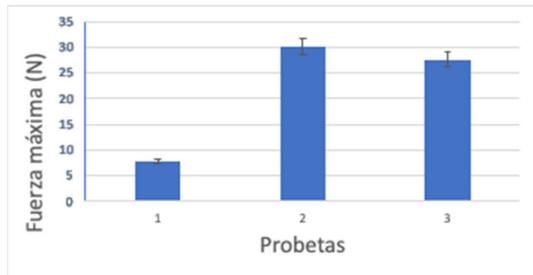


Fig 13 Carga máxima de flexión en tres puntos

Analizando la gráfica Fig 13, la probeta 1 se rompió más fácilmente que las demás debido probablemente a que tenía menor espesor. Estas fuerzas máximas son bastante pequeñas en comparación con otros materiales que resisten más.

### 3.4. Ensayo de alcalinidad

A los 10 minutos no se observaron prácticamente cambios, el material no perdió ninguna de sus propiedades. Pasados 20 minutos el material comenzó a cambiar su color amarillo por uno más blanquecino, pero aun así no perdió dureza, ni forma, ni se desintegró. A los 30 minutos, el material parecía tener una tonalidad bastante más clara que al comienzo del ensayo, sin embargo, sus propiedades seguían sin variar.

Más allá de que la exposición se realizó en distintos medios, el material no presentó cambios significantes en ninguno de ellos que limiten su aplicación en un principio.

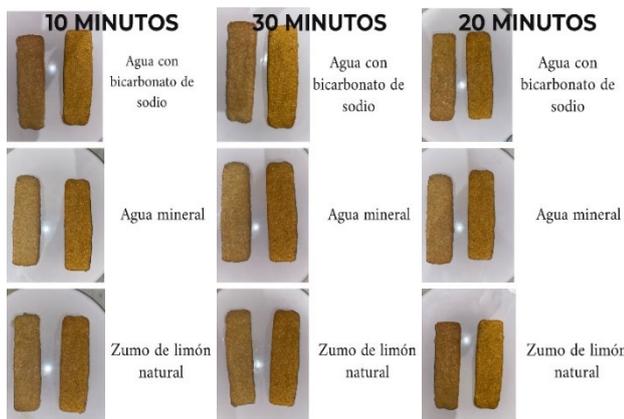


Fig. 14. Comparación probetas ensayadas a la izquierda con otras sin ensayar a la derecha, en los diferentes periodos de tiempo

\*A partir de una hora, comenzamos a observar cómo se iba ablandando el material poco a poco dificultando su uso. Sin embargo, el tiempo de aplicación medio suele ser próximo a media hora\*

### 3.5. Ensayo de dureza

Una vez realizado los experimentos se recogieron los datos en la tabla 7. Finalmente se ha obtenido un valor numérico, dividiendo el valor de la superficie de la huella que produjo entre la fuerza aplicada y se ha observado una equivalencia, aproximada, con la resistencia a la tracción del material.

Tabla 7. Ensayo dureza (punta cono) – Temperatura ambiente

Fuerza (N)	Relación (Fuerza-Diámetro <sup>2</sup> )	Diámetro de la marca mm (error ± 0.002)
4,905	1,551	0,616
9,810	2,389	0,702
14,715	2,209	0,894
19,620	2,45	0,980
24,525	1,539	1,383
29,430	2,432	1,205
34,335	1,277	1,796
39,240	1,408	1,829
44,145	1,413	1,936
49,050	1,345	2,092
451,26		Grieta 5.780 x 6.908 x 0.983 mm
686,700		Rotura por grieta (Fig 16)



Fig 15. Probeta antes del ensayo



Fig 16. Probeta rota por grieta

Después de ver las mediciones comparamos los datos con las tablas de valores de dureza (Vickers y Brinell) para saber que dureza tiene el material.

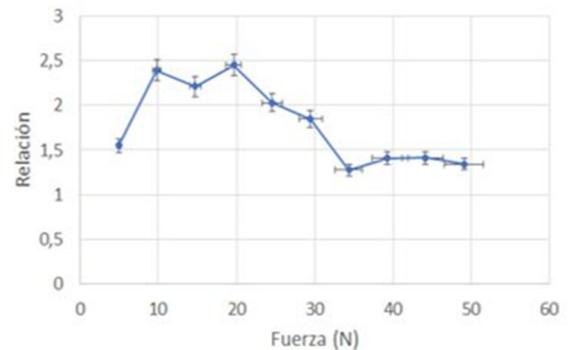


Fig 17. Relación (Dureza-Tª ambiente). Ensayo de dureza

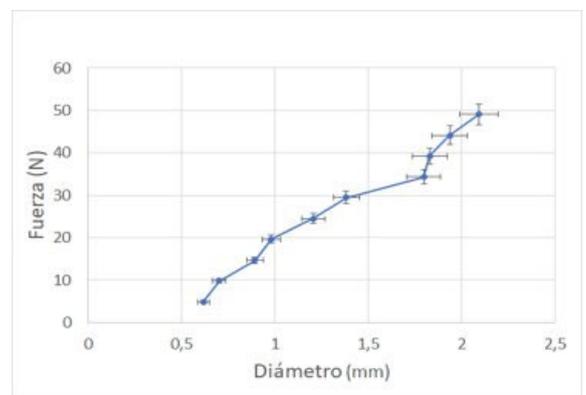


Fig 18. Fuerza-Diámetro de la huella. Ensayo de dureza

En este caso nuestro material tiene una dureza HV 0,5.

### 3.6. Ensayo de resistencia a cambios de temperatura

En los ciclos de frío-calor, los cambios de temperatura y humedad generan tensiones en el material que favorecen la aparición de grietas, roturas, cambios dimensionales, etc. Todos estos factores y los daños que producen los factores climáticos de forma natural o artificial, acelerando el proceso, deben ser evaluados y a ser posible cuantificados.

Nos referimos a un ciclo cuando una probeta se enfría (a -20 °C) y lo calentamos bruscamente (a 150 °C).

Tabla 8. Resistencia a ciclos Frío-Calor

Nº Ciclo	¿Resiste sin agrietarse?
1ª	Sí
2ª	Sí
3ª	Sí
4ª	Sí
5ª	Sí
6ª	Sí
7ª	Sí

Debido a que aguantó 7 ciclos de cambios de temperatura bruscos, repetimos el ensayo de dureza para saber si se había visto modificado.

Tabla 9. Ensayo dureza (punta cono) tras 7 ciclos de enfriamiento-calentamiento

Fuerza (N)	Relación (Fuerza-Diámetro <sup>2</sup> )	Diámetro de la marca mm (error ± 0.002)
4,905	0,5886	0,504
9,810	1,1772	0,568
14,715	1,7658	0,605
19,620	2,3544	0,796
24,525	2,943	0,836
29,430	3,5316	1,090
34,335	4,1202	1,245
39,240	4,7088	1,545
44,145	5,2974	1,650
49,050	5,886	1,732
451,26	-	ROTO
686,700	-	ROTO

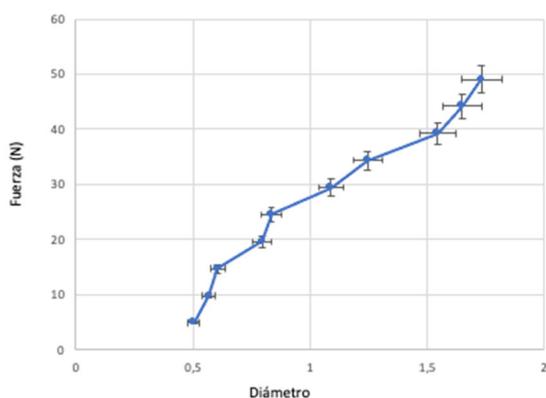


Fig 19. Gráfica fuerza-diámetro de la huella. Ensayo de dureza en probetas sometidas a 7 ciclos de enfriamiento-calentamiento

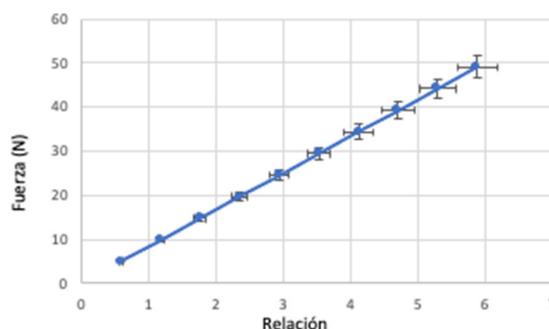


Fig 20. Gráfica fuerza-diámetro. Ensayo de dureza en probetas sometidas a 7 ciclos de enfriamiento-calentamiento

Observamos, comparándolo con el ensayo anterior (ensayo de dureza), que el material, tras 7 ciclos, aumenta su dureza, pero también su fragilidad y por ende disminuye aún más su capacidad de deformar plásticamente (su límite elástico disminuye).



Fig. 21. Probeta rota tras 7 ciclos

### 3.7. Ensayo de conductividad térmica

En este ensayo usamos, como mencionamos anteriormente, un soplete de butano como fuente para aplicar un calor constante de 1000 °C, un termómetro digital para medir la conductividad perse y un cronómetro para medir el tiempo.

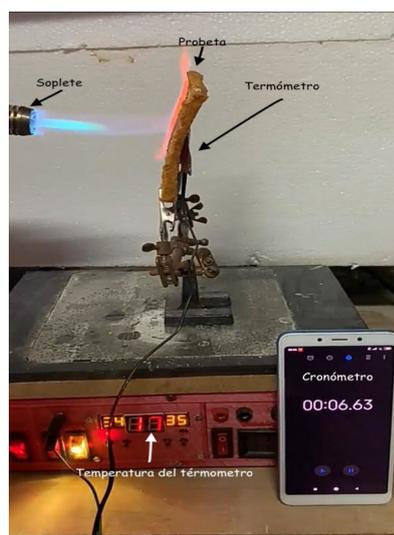


Fig.22. Probeta en mitad del ensayo

Tabla 10. Datos del ensayo de la conductividad térmica.

Tiempo (seg) (error ± 0.1)	Tª termómetro (°C) (error ± 1)	Tª Fuego directo (°C) (error ± 1)
10	17	1000
20	18	1000
30	19	1000
40	19	1000
50	19	1000
60	19	1000
70	19	1000

80	19	1000
90	19	1000
100	19	1000
110	19	1000
120	20	1000
130	20	1000
140	20	1000
150	20	1000
160	20	1000

Como podemos observar en la siguiente gráfica (Fig 23), el material resiste el fuego, manteniéndose estable en una temperatura de 30 °C.

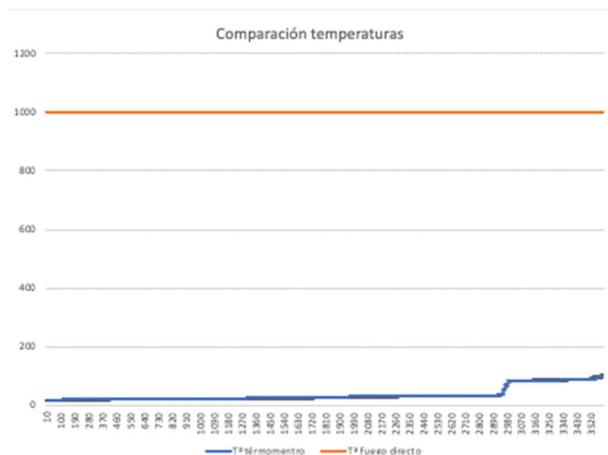


Fig.23. Gráfica comparación de temperaturas

Observando los resultados podemos concluir (observando la normativa UNE), que el material es un "No combustible", sin contribución en grado menor al fuego (un M1 d1s1).

Es decir, el material es:

- M1: combustible pero no inflamable
- d1: sin residuos cuya ignición dura más de 10 segundos
- s1: sin producir humo.

#### 4. Conclusiones

Estudiando y comparando los resultados de los ensayos de propiedades mecánicas (tracción, dureza, flexión a tres puntos y compresión) podemos afirmar que el material es frágil y no aguanta grandes tensiones. Haciendo ensayos de envejecimientos, como son el de alcalinidad y de resistencia a cambios de temperatura, junto con el de conductividad térmica hemos demostrado que tiene un comportamiento de aislante térmico, un elevado punto de fusión y gran resistencia al desgaste y a la corrosión.

Nuestro objetivo era crear un material cerámico y sostenible con el que pudiésemos fabricar menaje desechable. Tras realizar estos ensayos hemos podido comprobar sus propiedades mecánicas, térmicas y químicas, y hemos obtenidos resultados satisfactorios en relación con nuestra hipótesis inicial. Hay que mencionar que después de estos ensayos para asegurar su impermeabilidad añadimos una capa superficial de clara de huevo sobre los envases realizados con una posterior cocción que dio resultados favorables.

También buscamos cumplir y ayudar a alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Como dijimos en la introducción, de cara al futuro nos gustaría orientar la producción del material hacia países menos desarrollados para dar nuevas oportunidades económicas y de generación de ingresos, y poco a poco poner fin a la pobreza. Tratamos de fomentar también una producción y consumo responsable, que ayude a proteger la vida submarina y de ecosistemas terrestres.

#### 5. Agradecimientos

Nos gustaría agradecer a nuestras madres por sus consejos culinarios que nos facilitaron la fabricación del material y al padre de Aitana por dejar que utilizemos su maquinaria para los ensayos.

#### 6. Bibliografía

- [1] <https://ecoembesdudasreciclaje.es/donde-tirar-un-jarron-de-ceramica/#:~:text=Lo%20correcto%20es%2C%20por%20lo,no%20reciclables%2C%20fomentando%20su%20descomposici%C3%B3n>.
- [2] <https://atcproyectos.ugr.es/itriba/logs/5t4qqfq/cuanto-tarda-en-degradarse-la-cer%C3%A1mica06454#:~:text=El%20tiempo%20de%20degradaci%C3%B3n%20de,unos%2010%20a%C3%B1os%20en%20degradarse>.
- [3] [https://www.upv.es/materiales/Fcm/Fcm14/pfcm14\\_4\\_1.html](https://www.upv.es/materiales/Fcm/Fcm14/pfcm14_4_1.html)
- [4] <https://www.rousselot.com/es/rousselot-funcional-ingredientes/medios/blog/la-gelatina-satisface-la-demanda-global-de-sostenibilidad-descubra-por-que>
- [5] <https://www.gelita.com/es/empresa/sobre-gelita/sostenible>
- [6] <https://www1.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals.html>
- [7] Heyman, Jacques (2001). La ciencia de las estructuras. Instituto Juan de Herrera (Madrid), versión electrónica. Consultado el 12 de mayo 2021.
- [8] Ciencia y Tecnología de los Materiales: Materiales cerámicos.
- [9] <http://tucolagenohidrolizado.com/>. «Alimentos con colágeno».
- [10] <http://milksci.unizar.es/bioquimica/temas/azucares/agar.html>
- [11] <https://www.institutohuevo.com>
- [12] «How Sugar is Made – the History». SKIL: Sugar Knowledge
- [13] José María Teijón Rivera; José María Teijón; y César Teijón López, versión electrónica:
- [14] Bioquímica estructural: conceptos y tests (pág. 216- 224).
- [15] IUPAC Compendium of Chemical Terminology, versión electrónica,
- [16] <http://goldbook.iupac.org/H02876.html>
- [17] [https://es.wikipedia.org/wiki/Aceite\\_de\\_soja](https://es.wikipedia.org/wiki/Aceite_de_soja)
- [18] <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0062154>