

## Biocarcasas

C. Piedra, A. Luengo, E. Adrados

*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 26 febrero 2020

Entrega proyecto 19 mayo 2020

Disponible online 16 julio 2020

#### *Keywords:*

Medio ambiente.

Maicena.

Sostenible.

### ABSTRACT

Los desechos de plástico no reciclables se están convirtiendo en un problema global, debido a su influencia en los entornos naturales, sobre todo en los marinos. Es de vital importancia sustituir los materiales poliméricos existentes por alternativas no agresivas con el medio ambiente. En este artículo, con los Objetivos de Desarrollo Sostenible presentes, desarrollaremos el procedimiento para conseguir un material a base de maicena respetuoso con el entorno, de fácil obtención, sostenible y biodegradable que pueda sustituir a otros materiales de difícil reciclaje actualmente en uso.

© 2020 ESTRUMAT 2.0. All rights reserved.

## 1. Introducción

El mundo de la telefonía móvil es un mundo muy dinámico. Continuamente salen al mercado modelos más pequeños, más veloces, con mayor capacidad, más ligeros... Todo esto, junto a las pantallas cada vez más grandes se traduce en una sola característica mecánica: fragilidad. Si ponemos cifras a estos datos, según el Informe ditrendia: Mobile en España y en el Mundo con datos del 2017 [1], el 66% de la población mundial ya dispone de al menos un dispositivo de telefonía móvil, siendo esa penetración en España de un 88%. Si miramos la frecuencia de cambio de dispositivo móvil, según un estudio del 2017 de la empresa de consultoría Deloitte [2], el 61% de los españoles renuevan su móvil cada 24 meses. Esto significa, según datos del INE [3] que a 2017 había 28,38 millones de móviles en el territorio estatal. Extrapolando estos datos, si cada móvil tiene su funda y cada funda pesa de media unos 30 g, nos encontramos con 851 toneladas de residuos no biodegradables, normalmente acrilonitrilo butadieno estireno (ABS) y policarbonato, cada 24 meses.

Las propiedades de estos dos materiales son similares. La mezcla de una buena resistencia a impacto, una estabilidad ante la degradación química y una alta dureza les hacen perfectos para aplicaciones exteriores como carcadas de móviles y ciertos componentes de automóviles [4].

La imposibilidad de reciclaje de estos materiales fue uno de los motivos de la realización de nuestro proyecto, porque no vimos la necesidad de que se fabricasen fundas de móvil con periodos de vida tan largo, si cada 2 años se cambia de dispositivo a, normalmente, uno con otra forma en donde no encaja la funda antigua. Nuestra idea es crear fundas de móvil orgánicas, con una vida útil superior a la media de renovación de los dispositivos y que, a la hora de desecharlas, en lugar de ser incineradas en las plantas de tratamiento de residuos urbanos, o que acaben en los ríos y mares, pudieran ser biodegradables. La idea es devolver a la naturaleza lo que nos proporciona sin perjudicarla.

Para alcanzar nuestro objetivo vamos a obtener dos materiales, que serán analizados y comparados para determinar cuál de los dos podrían cumplir los estándares de calidad que exige el mercado.

## 2. Materiales y métodos

### 2.1. Materiales

Los materiales utilizados fueron:

- 100 ml de agua
- 10g de maicena
- 10g de harina de maíz
- 6 g de gelatina



Fig. 1. Preparación de los materiales

Nuestras bases de trabajo serán la gelatina y las diferentes harinas. La gelatina es una proteína compleja, es decir, un polímero compuesto por aminoácidos [5]. Como en la mayoría de los polímeros, el grado de polimerización y la naturaleza de los monómeros determinarán sus propiedades generales. Al mezclarla con las diferentes harinas conseguiremos unas propiedades diferentes que discutiremos en los apartados posteriores.

#### 2.1.1. Preparación

En una taza se vierten 100 ml de agua y se añaden los 10 g de maicena o harina de maíz previamente pesado, después se remueve con la ayuda de una cuchara. Se mete al microondas 2 minutos y por último se le añaden los 6 g de gelatina. La mezcla se coloca en 2 moldes y a continuación se mete al frigorífico y se espera 24 horas.

Para terminar el proceso de curado se deja secar a temperatura ambiente.

Para la realización de los moldes se utilizaron dos carcasas antiguas y papel aluminio.



Fig. 2. Preparación de los moldes

## 2.2. Métodos de caracterización

Para poder determinar las propiedades mecánicas de nuestros materiales, fabricaremos probetas de 6x1x1 cm y las someteremos a varios ensayos.



Fig. 3. Forma de las probetas a ensayar

### 2.2.1. Ensayo de impacto tipo Izod

Para el ensayo Izod se construyó un péndulo de impacto con una bola de 0,76 kg atada con una cuerda a un palo de golf, que hizo las veces del eje del péndulo.

Con esto, colocamos la probeta de manera vertical sujeta con dos libros a una medida adecuada que asegure el impacto.



Fig. 4. Montaje del ensayo Izod

Las ecuaciones utilizadas fueron:

$$E_p = mgh \quad (1)$$

$$h_f = L - L_0 \quad (2)$$

### 2.2.1. Ensayo de flexión a tres puntos

Para el ensayo de flexión a 3 puntos se utiliza 2 barras de acero de 20 cm de largo y un pesador de maletas electrónico.

La probeta se coloca perpendicularmente sobre las barras de acero, para una mayor sujeción se utiliza un poco de cinta.

El pesador de maleta se coloca en la mitad de la probeta y ejerciendo una fuerza hacia abajo se anota el peso máximo que alcanza la probeta antes de romperse.



Fig. 5. Montaje del ensayo de flexión a tres puntos

Las ecuaciones utilizadas serán:

$$I = \frac{bh^3}{12} \quad (3)$$

$$Y = \frac{P L_0^3}{48EI} \quad (4)$$

Donde  $I$  es el momento de inercia de segundo orden de la probeta, suponiéndola como una placa delgada rectangular; mientras que  $Y$  es la flecha de la probeta bi-apoyada.

Desde (3) y (4) obtenemos:

$$E_f = \frac{P L_0^3}{4bh^3} \cdot \frac{\Delta P}{\Delta Y} \quad (5)$$

Es decir, el módulo de Young de flexión respecto a la pendiente de la recta peso-flecha, que serán nuestros datos a recoger.

### 2.2.2. Ensayo de tracción

Para el ensayo de tracción hemos ideado un sistema de mordazas con dos sargentos, mostrado en la Fig. 6.



Fig. 6. Montaje del ensayo de tracción

La probeta se coloca verticalmente sujeta con las mordazas y empezamos a aumentar la carga paulatinamente.

Las ecuaciones utilizadas serán [7]:

- La deformación, en mm, será:  $\epsilon = (L_f - L_0)/L_0$  (6)
- La fuerza ejercida en la probeta con  $g = 9,8 \text{ N/kg}$  será  $F = m.g$  (7)
- La pendiente de la parte lineal de la gráfica que es cuando el material se comporta de forma elástica, es decir, el módulo elástico  $E = \Delta\sigma/\Delta\epsilon$  (8)

La gráfica buscada será la que compare los datos de (6) con (7). Los datos se tomarán con un pie de rey y una báscula de precisión.

### 2.2.3. Ensayo de curado

Realizaremos un estudio de cuál es su grado de humedad durante el curado y cómo varía su densidad respecto al tiempo. Cada dos días se va a anotar el peso y dimensiones de una probeta cada 12 horas. Para tener suficientes datos vamos a hacerlo durante 10 días.

### 2.2.4. Ensayo de degradación química

Por último, vamos a realizar un ensayo químico, vamos a poner las probetas, en distintos disolventes. El fin es observar su comportamiento ante diversos ambientes y también poder deducir qué tipo de polímero es.



Fig. 7. Montaje del ensayo de degradación química

Los datos se tomarán con un pie de rey y una báscula de precisión

## 3. Resultados

### 3.1. Resultado del ensayo de impacto tipo Izod

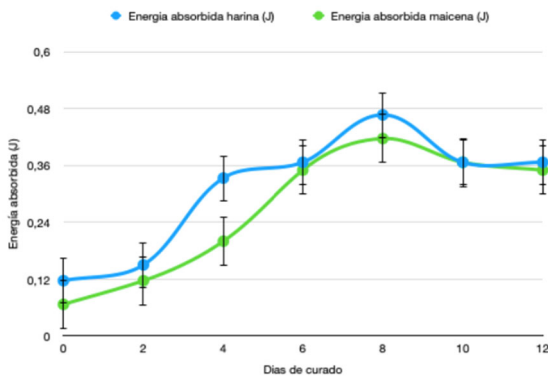


Fig. 8. Gráfica del ensayo tipo Izod

En la gráfica de la Fig. 9 vemos una proporcionalidad entre los días de curado, relacionado con la pérdida de agua, y la resistencia a impacto. Las dos mezclas se estabilizan en el mismo rango aproximadamente. Las probetas empezaron a romperse, de manera frágil, a partir del octavo día. Podemos deducir que cierto contenido de agua en las probetas influye de manera positiva en la resiliencia del material.

### 3.2. Resultado del ensayo de flexión a tres puntos

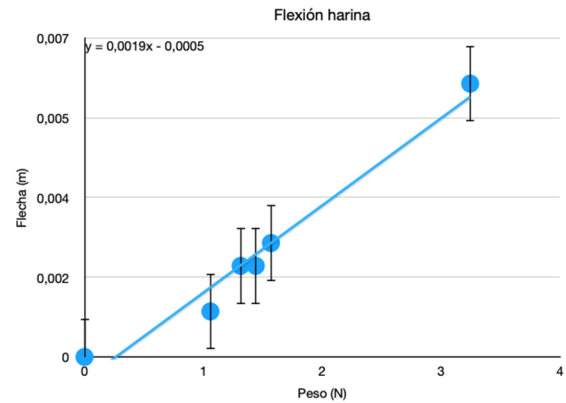


Fig. 9. Gráfica del ensayo de flexión de la probeta de harina

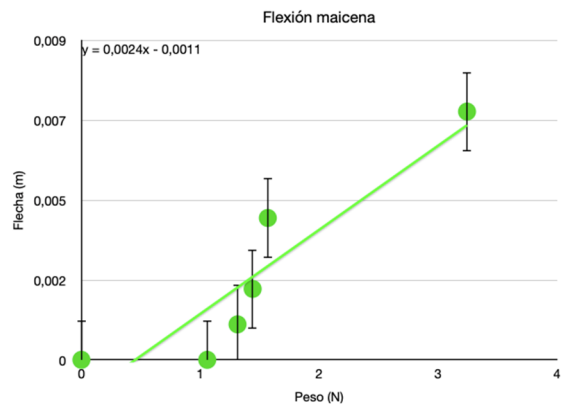


Fig. 10. Gráfica del ensayo de flexión de la probeta de maicena

Para interpretar los resultados de este ensayo extraeremos de las gráficas de las Fig. 9 y Fig. 10 las pendientes de las rectas de tendencia, esto es  $\Delta P/\Delta Y$  para introducirlas en la ecuación (5) y tener unos resultados aproximados de los  $E_f$  de las probetas:

$$E_{L_{\text{harina}}} = 66,13 \text{ MPa}$$

$$E_{L_{\text{maicena}}} = 83,53 \text{ MPa}$$

### 3.3. Resultado del ensayo de tracción

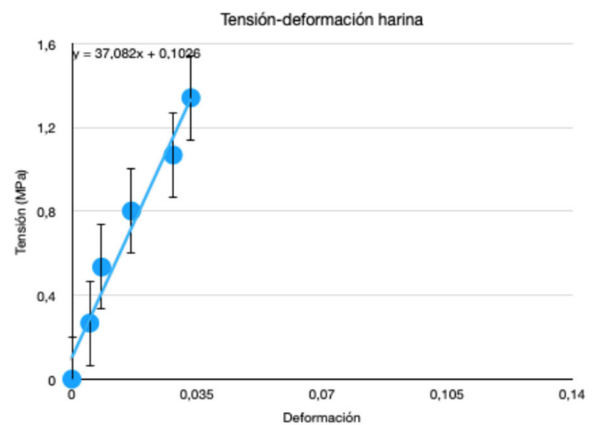


Fig. 11. Gráfica del ensayo de tracción de la probeta de maicena

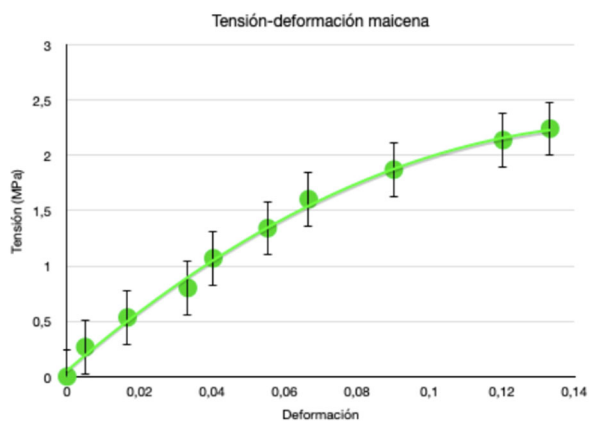


Fig. 12. Gráfica del ensayo de tracción de la probeta de maicena

En esta pareja de gráficas vemos una diferencia bastante alta en cuanto a las propiedades a pesar de las dificultades de obtención de los datos. La gráfica de la Fig. 11 presenta un acusado comportamiento frágil, ya que rompe sin apenas presentar deformación; en cambio, en la gráfica de la Fig. 12 observamos cierto comportamiento dúctil con una zona elástica y otra plástica.

Así mismo, observamos una clara diferencia en los módulos elásticos de ambas muestras:

$$E_{\text{harina}} = 37,082 \text{ MPa}$$

$$E_{\text{maicena}} = 21,4 \text{ MPa}$$

Además de la diferencia en los módulos elásticos, también observamos una diferencia en las tensiones de rotura y en los porcentajes de alargamiento de las muestras:

Harina:  $\sigma_r = 1,342 \text{ MPa}$  con un %A=3,33%

Maicena:  $\sigma_r = 2,242 \text{ MPa}$  con un %A=13,33%

Esto nos muestra que la mezcla con maicena tiene cierto comportamiento elastomérico, el cual no lo presenta la mezcla con harina, que muestra un comportamiento más rígido.

### 3.4. Resultado del ensayo de curado

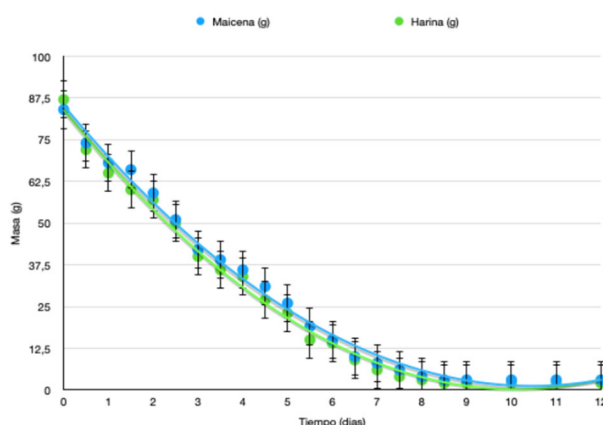


Fig. 13. Gráfica del ensayo de curado

En esta gráfica podemos observar un descenso, con una tendencia lineal muy acusada hasta el sexto día, de la masa de agua en las probetas. Llegada a su estabilización al octavo día, en donde empieza a tener un comportamiento frágil ante el ensayo de tracción tipo Izod (Fig. 8).

### 3.5. Resultado del ensayo de degradación química:

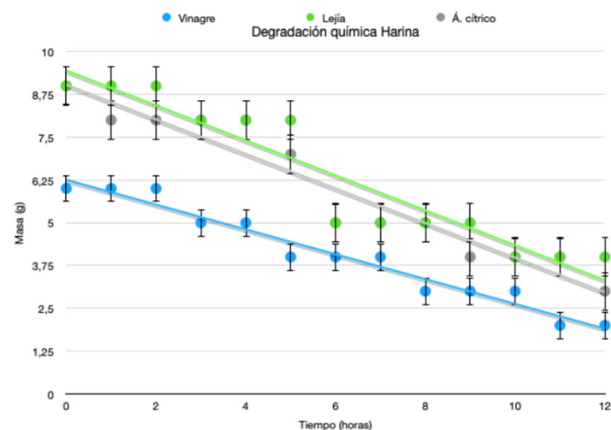


Fig. 14. Gráfica del ensayo de degradación química de la probeta de harina

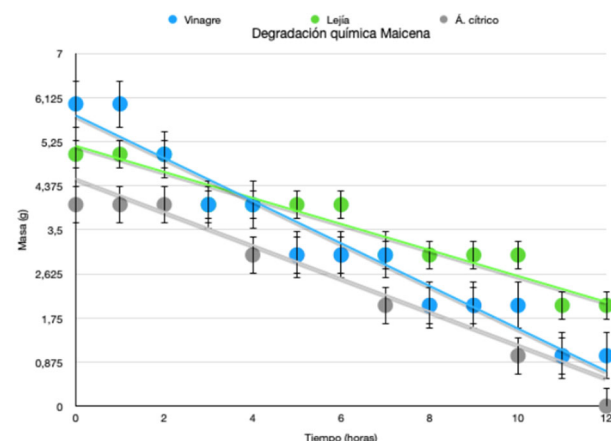


Fig. 15. Gráfica del ensayo de degradación química de la probeta de maicena

A la luz de los resultados de las gráficas de la figura 13 observamos, en el caso de la probeta de harina una degradación muy acusada cuando sumergimos la probeta en ácido cítrico y en lejía. En cambio, en el caso del ácido acético vemos un comportamiento similar en ambas mezclas. Aun así, vemos una disminución de la pendiente de la tendencia en la mezcla con maicena.

## 4. Conclusiones

A la vista de estos resultados, nos encontramos con que, tanto la mezcla con harina como la mezcla con maicena, tienen unas propiedades químicas similares pero una posible estructura diferente: viendo los ensayos mecánicos de las probetas de harina vemos que tiene un comportamiento similar al un polímero termoestable; en cambio, las probetas con maicena se comportan más bien como un elastómero [8]. Las diferencias en los ensayos mecánicos realizados son:

- La mezcla con maicena tiene una resistencia a impacto ligeramente menor que la mezcla con harina, pero es tan pequeña que no es apreciable una vez se estabilizan los datos.
- La mezcla con maicena tiene un módulo elástico a flexión un 26,3 % mayor que la mezcla con harina.
- La mezcla con maicena presenta un comportamiento elastomérico antes de la rotura, no como la mezcla con harina que su comportamiento es más rígido.

Estas propiedades diferentes nos hacen decantarnos por la mezcla con maicena para una futura producción de nuestras bio-caracas, ya que implican que no tienen una rotura de manera tan temprana, como lo presentan las probetas de la mezcla con harina.

## 5. Agradecimientos

Nos gustaría agradecer, en estos tiempos de confinamiento, a las personas con las que convivimos por habernos dado apoyo en el transcurso de este proyecto. No es fácil compaginar la vida familiar con la vida académica en un mismo espacio.

Así mismo, nos gustaría agradecer a los sanitarios todo su trabajo en primera línea, protegiéndonos contra la COVID-19 y haciendo, en última instancia, posible la realización de este trabajo.

Por último, agradecer al profesorado el ánimo transmitido y por despertar nuestro interés por los ensayos científicos, actitud importante que consideramos que nos acompañará en toda nuestra trayectoria académica y laboral.

## 6. Bibliografía

- [1] Ditrencia: digital marketing trends (2017). Informe mobile en España y en el mundo [https://www.amic.media/media/files/file\\_352\\_1289.pdf](https://www.amic.media/media/files/file_352_1289.pdf) [Consulta: 5 de mayo de 2020].
- [2] Deloitte (2017). Global Mobile Consumer Survey, en España: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/es/Documents/tecnologia-media-telecomunicaciones/Deloitte-ES-TMT-Consumo-Movil-2017.pdf> [Consulta: 2 de mayo de 2020].
- [3] Instituto Nacional de Estadística (2017). Cifras de Población a 1 de enero de 2017: [https://www.ine.es/prensa/cp\\_2017\\_p.pdf](https://www.ine.es/prensa/cp_2017_p.pdf) [Consulta: 5 mayo 2020].
- [4] <http://www.matweb.com/index.aspx>. [Consulta: 10 mayo 2020].
- [5] <https://www.quimica.es/enciclopedia/Gelatina.html> [Consulta: 10 mayo 2020].
- [6] Sánchez Soto, M. "Comportamiento mecánico y fractura de mezclas de poliestireno y microesferas de vidrio". Tesis doctoral, UPC, Departament de Ciència del Materials i Enginyeria Metal·lúrgica. Disponible: <http://hdl.handle.net/2117/93354> [Consulta 10 mayo 2020].
- [7] Apuntes propios de Estructura de Materiales I, ETSICCP UPM.
- [8] Apuntes propios de Estructura de Materiales II, ETSICCP UPM.