

Diseño y construcción de un prototipo mecánico para pruebas de compresión de materiales poliméricos

1 Maicol Stiven Sierra Rairan, 2 Jesús David Adame Castañeda, 3 Luis Felipe Pantoja Ruiz, 4 Dr. Antonio de Jesús Balvantín García.

1 [Pregrado en Ingeniería Mecánica, Universidad Santo Tomas, Bogotá, Colombia]

2 [Pregrado en Ingeniería Mecánica, Universidad Santo Tomas, Bogotá, Colombia]

3 [Licenciatura en Ingeniería Mecánica, División de Ingenierías, Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato, México]

4 [Departamento de Ingeniería Mecánica, División de Ingenierías, Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato, México]

Resumen

El presente trabajo de investigación muestra el desarrollo de un prototipo de máquina para ensayos mecánicos de compresión instrumentada. El objetivo principal de este desarrollo es obtener la curva esfuerzo deformación del material a compresión. Para las pruebas experimentales se utilizaron probetas impresas en 3D de polietileno tereftalato glicol (PETG). La adquisición y procesamiento de las señales generadas por el prototipo se llevaron a cabo por medio de una placa de programación basada en microcontroladores y el software comercial LABVIEW®, respectivamente. La fabricación del prototipo se llevó a cabo implementando métodos convencionales de manufactura, así como también manufactura aditiva. Como resultado de este trabajo se generó un prototipo para ensayos mecánicos de compresión para materiales poliméricos. Adicionalmente, se desarrolló una metodología para la utilización del prototipo en aplicaciones didácticas para la enseñanza en ingeniería.

Palabras Clave: Ensayos mecánicos de compresión, Curva esfuerzo-deformación, Prototipo didáctico, Manufactura aditiva, Instrumentación.

Abstract

The present research work shows the development of a prototype machine for mechanical tests of instrumented compression. The main objective of this development is to obtain the deformation stress curve of the material to compression. For the experimental tests, 3D printed polyethylene terephthalate glycol (PETG) specimens were used. The acquisition and processing of the signals generated by the prototype were carried out by means of a programming plate based on microcontrollers and the commercial software LABVIEW®, respectively. The prototype was manufactured using conventional manufacturing methods as well as additive manufacturing. As a result of this work, a prototype for mechanical compression tests for polymeric materials was generated. Additionally, a methodology was developed for the use of the prototype

in didactic applications for teaching in engineering.

Introducción

Con el desarrollo de la manufactura aditiva (AM, por sus siglas en inglés) se ha mejorado la producción de piezas con geometrías complejas, favoreciendo la obtención de nuevas tecnologías. La AM consiste en la generación de objetos tridimensionales a través de capas consecutivas de material [1]. Las principales ventajas de la AM incluyen la disminución en la pérdida de material, así como el desarrollo de prototipado rápido en diferentes ámbitos de la ingeniería [2]. Wohlers informó que el 16% del uso del proceso de AM era para la producción de piezas directas, el 21% para modelos funcionales y el 23% para los patrones de moldeo de metal y herramientas [3]. De esas estadísticas se concluye que la AM se está utilizando para la producción directa de piezas, dejando atrás la función de prototipos. lo cual genera que se deba tener claridad en la tecnología, tanto en la obtención del diseño como en el desempeño en su vida útil; puesto que puede que la geometría cumpla con el propósito, pero al revisar la parte de resistencia del material, puede que no esté cumpliendo con el fin, lo que convierte el diseño en obsoleto y por consiguiente no se estaría aprovechando la tecnología. En este trabajo, se diseñará y construirá un prototipo mecánico para pruebas de compresión de materiales poliméricos, para este caso las probetas a utilizar serán fabricadas con manufactura aditiva (impresión 3D), en material PLA (ácido poliláctico), material bastante utilizado en el proceso AM.

Marco Conceptual

Para el desarrollo de este proyecto se debe tener en cuenta los siguientes conceptos:

- Ensayos Mecánicos: Los ensayos mecánicos permiten estudiar el comportamiento de los materiales sometidos a diferentes tipos de esfuerzos, sirven para establecer propiedades mecánicas como el límite elástico, la tensión de ruptura, la dureza, la tenacidad, entre otros [4]. Dentro de los ensayos más importantes se encuentran: el ensayo de tensión, el ensayo de compresión y ensayo de flexión.
- Ensayo de compresión: El ensayo de compresión es una prueba en donde una fuerza es capaz de comprimir o aplastar una probeta hasta que ocurra la ruptura de la misma.
- Esfuerzo y deformación: El comportamiento mecánico de los materiales está gobernado por la relación entre el esfuerzo y la deformación, el diagrama esfuerzo-deformación es la curva que resulta de un ensayo de tensión o compresión donde se puede evidenciar el esfuerzo máximo al que se puede someter el material como también las zona elástica y zona plástica del mismo [4].

La máquina de ensayos registra la fuerza aplicada, se calcula el esfuerzo (σ), que es la fuerza (F) actuando por unidad de área (A), es decir:

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad [4]$$

Utilizando el módulo de elasticidad del material y la ley de Hooke se calcula la deformación [5]. En la imagen 2 se observa la curva esfuerzo-deformación, donde el eje de las abscisas corresponde a la deformación unitaria y el eje de las ordenadas a el esfuerzo unitario.

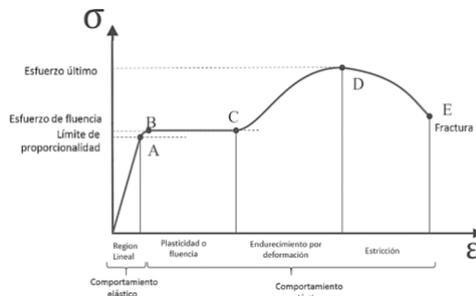


Imagen 1 Diagrama esfuerzo (σ) - deformación (ϵ) [4].

- **Materiales poliméricos:** Los polímeros se producen por la unión de muchas cadenas o redes moleculares que frecuentemente se basan en compuestos orgánicos. La resistencia y ductilidad de los materiales poliméricos varía considerablemente dependiendo su clasificación.
- **Instrumentación:** es un grupo de equipamientos y dispositivos que se usan en ingeniería, para medir, convertir y registrar variables de un proceso para luego transmitir las, evaluarlas y controlarlas.

Descripción del diseño y construcción de la máquina.

Mediante el software Solid Works se realizó el diseño (Imagen 2) para la fabricación del prototipo de la máquina para realizar los ensayos de compresión, se tomó como idea inicial un gato mecánico al cual se le conectará un taladro que servirá como transmisión de potencia, todo esto estará dentro de una estructura que

permita el desplazamiento del gato para que en la parte superior se introduzca la probeta y esta sea sometida a compresión.



Imagen 2 Diseño de la máquina.

Posterior a ello se instrumentó la maquina utilizando receptores de señal (Imagen 3), señales que fueron adquiridas por la tarjeta de programación para posteriormente ser tratadas en el software comercial LABVIEW®.

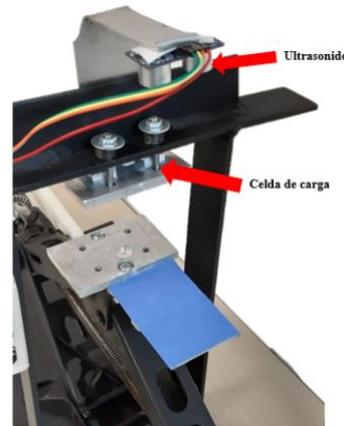


Imagen 3 receptores de señal.

Como resultado final se logró construir (Imagen 4) el diseño planeado, obteniendo la maquina final para proceder con la calibración de los receptores de señal y así realizar el ensayo mecánico.

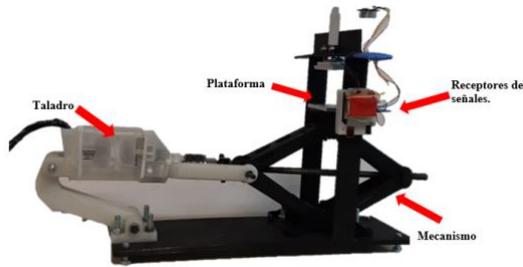


Imagen 4 máquina para pruebas de compresión.

Descripción de la calibración y adquisición de señales.

Para la calibración de la celda de carga fue necesario conectarla al módulo HX711 (Imagen 5) que se encarga de la lectura del puente wheatstone formado por la celda de carga, convirtiendo la lectura analógica a digital con su convertor A/D interno de 24 bits [6].

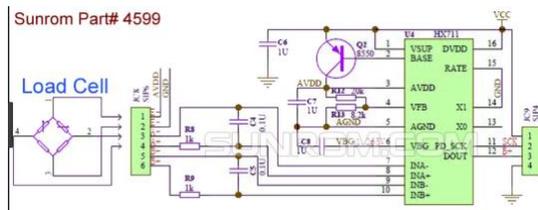


Imagen 5 conexión de la celda de carga.

La calibración se realizó teniendo en cuenta la ecuación de la recta, puesto que en el eje X se tendría el valor arrojado por el puerto serie y en el eje Y el valor de la carga, ya que conocíamos el valor arrojado por la celda cuando no había peso y luego se colocaba una carga de 10Kg para ver qué valor arrojaba la celda de carga, se logró determinar una ecuación lineal que describía el comportamiento de la celda y de esta manera se podría medir los valores de carga en Kg.

Una vez adquirida las señales se procedió a programarlas por medio de diagramas de bloques (Imagen 6) para crear un interfaz (Imagen 7) donde se pudiera evidenciar los

valores requeridos como carga, desplazamiento y diámetro y longitud de la probeta que será sometida al ensayo.

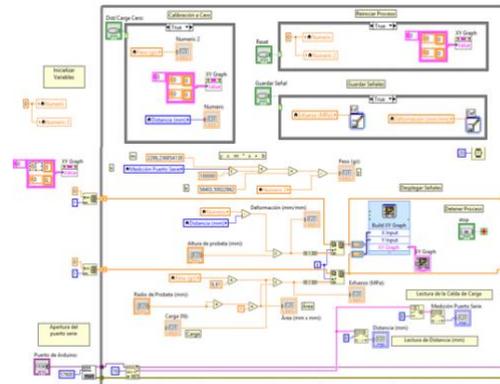


Imagen 6 Diagrama de bloques de la programación.



Imagen 7 Interfaz del programa.

Descripción de la prueba.

La prueba consistió en hacer fallar a compresión probetas impresas en 3D de polietileno tereftalato glicol (PETG). Las probetas se colocaron entre dos placas de presión, la placa inferior (placa móvil) está sujeta al gato mecánico, que con ayuda de un motor genera la fuerza de compresión, la placa superior (placa fija) está sujeta a un marco en acero que genera la fuerza que se opone a la fuerza aplicada por el gato hidráulico, generando que lo que hay entre las placas se comprima y falle, dependiendo las propiedades mecánicas del material de la probeta, pues puede que falle el marco si la probeta tiene mayor resistencia; en la placa superior también se

encuentra los sensores que miden la fuerza aplicada y la distancia que se mueve la placa inferior, para luego transformar esas mediciones en un diagrama esfuerzo-deformación.

Resultados.

Se realizó la prueba a 9 probetas cilíndricas de polietileno tereftalato glicol (PETG), con densidades de 5%, 15% y 20%, con tres muestras de cada densidad.

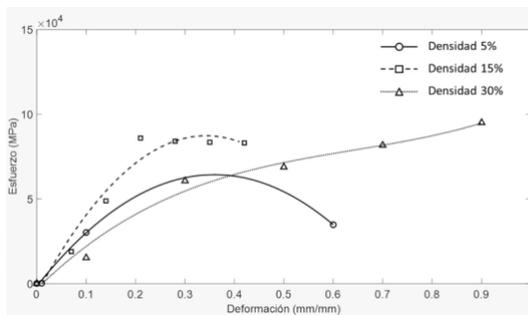


Imagen 8 Diagrama esfuerzo (σ) - deformación (ϵ) de probetas con densidades de 5%, 15% y 30%.

La prueba a compresión para probetas con densidad de 5% muestra una resistencia última a la compresión de 6 MPa, para una densidad de 15% muestra una resistencia última a la compresión de 8 MPa y para una densidad de 30%, una resistencia de 7 MPa.

Esta prueba está sujeta a errores de medición, ya que se cuentan con pocos datos por la resolución de los sensores y problemas de paralelismo en las placas de presión a la hora de aplicar la fuerza de compresión.

Referencias.

[1] Berman, B. (2012) '3-D printing: The new industrial revolution', Business Horizons, Vol. 55, No. 2, pp.155–162, Kelley School of Business, Indiana University.

[2] Achillas, C., Aidonis, D., Iakovou, E., Thymianidis, M. and Tzetzis, D. (2015) 'A methodological framework for the inclusion of modern additive manufacturing into the production portfolio of a focused factory', Journal of Manufacturing Systems, The Society of Manufacturing Engineers, Vol. 37, No. 1, pp.328–339.

[3] Campbell, T., Williams, C., Ivanova, O., & Garrett, B. (2011). Could 3D printing change the world. Technologies, Potential, and Implications of Additive Manufacturing, Atlantic Council, Washington, DC, 3.

[4] Hibbeler, R. C. Mechanics of Materials, 1997.

[5] Beer, FP, Johnston, ER, DeWolf, JT, & Mazurek, DF (1992). Mecánica de materiales. Mac Graw-Hill serie de Ingeniería.

[6] Torres, M. A. F., & Sánchez, R. C. (2018). PROTOTIPO DE CIRCUITO PARA MEDICIÓN DE PESO CON AUTO CERO. JÓVENES EN LA CIENCIA, 4(1), 3139-3143.