

Selección de un material para su posible aplicación en el diseño de una estructura

Selection of a material for its possible application in the structure's design

Iván A. Lira-Hernández^a, Rodrigo Ramírez-Ramírez^b

^aÁrea Académica de Ingeniería y Arquitectura Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Mineral de la Reforma, Hidalgo, 42184, México.

^bUniversidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco, Cd. de México, 02200, México

Abstract:

Materials selection is related directly to design. The first task to accomplish is establishing with quantitative reasoning which one is the best material to be used, and the next step is to determine what is the most convenient geometry for the product. This is generally done when the designer has the freedom to choose among different materials and kinds of geometry for the product, due to the fact that in some cases there are restrictions about materials or in terms of geometry. Furthermore, sometimes there are limitations in the manufacturing processes. So, in order to determine the material and its geometry, were made the pertinent comparisons by means of the formulas and their corresponding calculations to evaluate the advantages or disadvantages that arise when varying the mentioned parameters. After performing mathematical analysis, the structure was modeled in 3D by means of CAD software, in order to verify or corroborate the calculations using the finite element method, in order to compare the results generated by formulas and those determined by simulation. Therefore, the main purpose of this research is being able to help about the best decision-making regarding the materials selection process and the most suitable geometry design to be used as a structure.

Keywords:

Materials, design, engineering, software cad, fem

Resumen:

La selección de materiales está directamente relacionada con el diseño. Uno de los primeros pasos a llevar a cabo es determinar mediante argumentos cuantitativos cuál es el mejor material a utilizar y en segundo lugar cuál es la geometría más conveniente a emplear; esto se hace generalmente cuando se tiene la libertad de elegir, ya que en algunos casos se tienen ciertas restricciones respecto al material a utilizar o en cuanto a la geometría del objeto se refiere. Además de que en muchas ocasiones también se tienen limitantes a causa del proceso de manufactura, por lo que para poder determinar el material y la geometría a utilizar se hicieron las comparaciones pertinentes mediante las fórmulas y la realización de los cálculos correspondientes para conocer las ventajas o desventajas que hay al momento de variar los parámetros antes señalados. Después de efectuar el análisis matemático, se modeló la estructura en 3D por medio de un software de CAD, con el propósito de verificar o corroborar los cálculos mediante el Método de Elemento Finito, para poder comparar lo generado mediante fórmulas y lo determinado por la simulación. Por lo que la presente investigación tiene como propósito principal poder ayudar en la mejor toma de decisiones en lo que se refiere al Proceso de Selección de Material y Diseño de la Geometría más conveniente para emplearse como estructura.

Palabras Clave:

Materiales, diseño, ingeniería, software cad, fem

1. Introducción

Como es sabido, la relación de los Materiales y el Diseño es inseparable. La ausencia de uno de los dos factores puede

impedir la generación de algún producto en cualquier ámbito del sector manufacturero. Los materiales constituyen el fundamento de la tecnología; algunas áreas de aplicación de la tecnología pueden ser la Electrónica, Térmica, Electroquímica,

Autor para la correspondencia: ilira@uaeh.edu.mx

Correos electrónicos: ilira@uaeh.edu.mx (I. A. Lira-Hernández), xurod@yahoo.com (R. Ramírez-Ramírez)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7426-0006> (I. A. Lira-Hernández), <https://orcid.org/0000-0003-3895-2675> (R. Ramírez-Ramírez)

Fecha de recepción: 30/07/2020, Fecha de aceptación: 07/09/2020, Fecha de publicación: 05/10/2020

<https://doi.org/10.29057/aactm.v7i7.6249>



Ambiental, Biomédica y otros campos. El desarrollo de los Materiales ha sido una de las principales y mayores influencias en la creación de productos modernos. Los productos nuevos dependen en gran medida de las propiedades de los materiales utilizados para crearlos. El desarrollo de nuevos materiales ha acelerado la creación de muchos productos, elaborados durante los últimos cien años. Estos incluyen los Polímeros de Ingeniería, los Cerámicos de Ingeniería, además de nuevas y diversas Aleaciones Metalúrgicas y una serie de Materiales Compuestos.

Los materiales juegan un papel central en el diseño. La funcionalidad es dependiente de la selección del material y de la selección del proceso adecuado para cumplir con los requisitos técnicos de diseño seguro y económico. Muchas de las propiedades de un material son una función de sus características químicas: estructura atómica, estructura cristalina y la unión atómica o molecular. Como ejemplos de estas propiedades atómicas se tienen el Módulo de Young, el Coeficiente de Expansión Térmica y el Punto de Fusión. Otras propiedades se originan principalmente como una función de la forma en que el material ha sido procesado, tales como el Límite de Elasticidad, la Ductilidad, la Resistencia a la Fractura y la Resistencia a la Corrosión. (Magrab , Gupta, McCluskey , & Sandborn, 2010). Las Propiedades Mecánicas incluyen la Fatiga, Fuerza, Desgaste, Dureza y Plasticidad.

Frecuentemente, un material se selecciona en base a lo que funcionó antes, en condiciones similares, o a lo que un competidor utiliza en sus productos. Para poder proponer una mejor técnica de selección de un material es necesario determinar con mayor precisión el diseño que se pretende utilizar; el Diseño de Ingeniería se encarga de convertir una idea en especificaciones técnicas, donde ya se tienen seleccionados el material y el proceso más adecuados para el desarrollo de un producto.

La evaluación y la selección de los materiales son consideraciones fundamentales en el diseño de ingeniería. Si se hace correctamente y de una manera sistemática, se pueden ahorrar tiempo y costos considerables en el trabajo del diseño, y los errores subsecuentes del diseño pueden ser evitados. (Cheremisinoff, 1996)

El presente trabajo de investigación tiene como propósito analizar el comportamiento que tiene un determinado tipo de material con alguna geometría establecida; en este caso particular consisten de estructuras tubulares de nylon o de bambú, con determinados diámetros y espesores.

En este estudio existen diferentes parámetros o variables que son posibles de modificar e ir analizando el comportamiento de manera que permita obtener datos para tomar mejores decisiones; como por ejemplo en este caso en particular sería la de elegir el diámetro de tubo más adecuado. La combinación de diferentes parámetros o variables como lo es el tipo de material y una geometría diversa cambian los resultados.

Por otra parte, es importante mencionar que para poder realizar los cálculos a partir de las fórmulas será necesario contar con

algunos valores o propiedades de los materiales como por ejemplo el Módulo de Young que tienen el nylon y el bambú, así como sus densidades, por lo que, en la siguiente gráfica (Figura 1), se muestran las ubicaciones en que se encuentran cada uno de esos materiales y con un valor aproximado de los dos parámetros mencionados anteriormente.

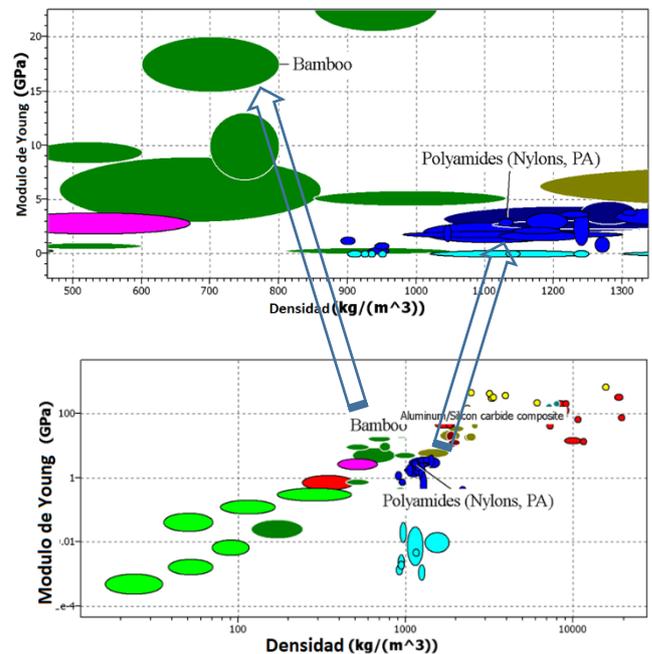


Figura 1. Gráfica de las Propiedades generales de los materiales, generada a través del uso de software CES EDUPACK.

Como se puede observar, el bambú tiene un Módulo de Young de 15 a 20 GPa. Los cálculos se realizaron empleando las fórmulas pertinentes, de manera que para calcular la deflexión es necesario establecer la fuerza que se va a aplicar, el Módulo de Young a emplear, el cual dependerá del material, y finalmente el Momento de Inercia, con sus respectivos diámetros exterior e interior elevados a la cuarta potencia respectivamente. [3] Para el primer caso se utilizó el material de bambú con un valor de 17 GPa.

$$\delta = \frac{FL^3}{3EI} =$$

$$\delta = \frac{(100N)(500mm)^3}{3 * (17000MPa) * \frac{\pi}{64} [(25.4mm)^4 - (21.4mm)^4]} = 24.17mm$$

La deflexión que presenta es de 24.17 mm para el valor de 17 GPa y de 20.55 mm para un valor de 20 GPa, respectivamente, al momento de aplicarle la fuerza en el extremo contrario a su sujeción. En el software de CAD que fue usado para este trabajo, y que se trata de SolidWorks del año 2018, no es posible

realizar la comparación a través de la simulación, por la razón de que no existe el material de bambú para asignar a la estructura.

En la figura número 2 se puede visualizar que solo existen algunos tipos de madera, pero no existe el material de bambú que como es conocido es un material que pertenece a los materiales naturales.

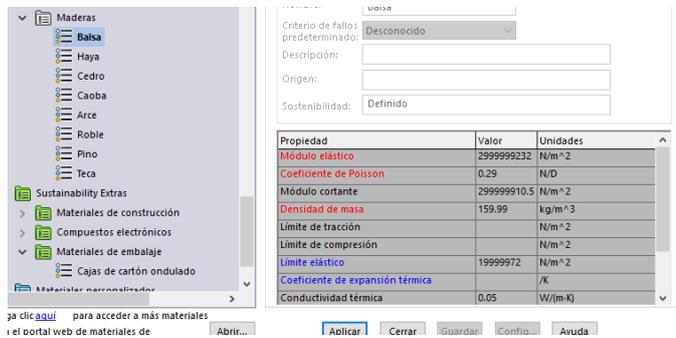
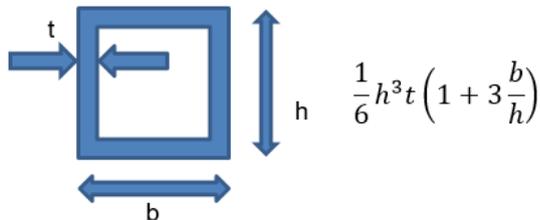


Figura 2. Tipos de Materiales de maderas que existen en el software de CAD.

Ahora se empleará el módulo de Young del nylon de 8300 MPa. Obteniendo el doble del valor, de manera que el material de nylon tiene un mayor desplazamiento para la forma circular.

$$\delta = \frac{FL^3}{3EI} = \frac{12500000000}{239742643} = 52.13mm$$

Ahora es necesario realizar un cálculo similar, pero tomando en cuenta que vamos a utilizar una estructura cuadrangular, por lo que la fórmula utilizada es la siguiente:



Fórmula para perfil rectangular. Los valores de altura y de base empleados fueron de 25.4 mm y el espesor de 2mm.

Se sustituye el momento de inercia representado con la letra I en la fórmula anterior y el valor obtenido es el siguiente:

$$\delta = \frac{PL^3}{3EI} = \frac{100N(500mm)^3}{3(8300)(21849.4187mm^4)} = 22.97mm$$

Observando el valor para el material del nylon con un tipo de estructura cuadrangular se tiene una menor deflexión en el material si consideramos el valor de 52.13, con respecto al de 22.97 hay una diferencia bastante significativa de más del doble. También se llevó a cabo la simulación y el desplazamiento fue mayor con respecto al de la estructura circular que se mostrara más adelante.

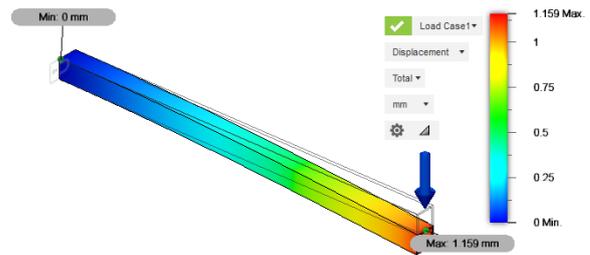


Figura 3. Desplazamiento en mm de una estructura tipo rectangular con 2 mm de espesor.

No fue posible realizar la simulación con el material de bambú, debido a que como se mencionó anteriormente el bambú no cuenta con el módulo de Young en el software y este, aunque se conoce no es posible darlo de alta en el software. sin embargo, se realizó con el material de nylon.

El llevar a cabo la simulación mediante el uso de un software de CAD es para conocer y comparar cuál es la deflexión que tendrá la estructura al momento de aplicarle la fuerza correspondiente de 100 N, donde el desplazamiento fue mayor que el obtenido para la estructura circular, es importante señalar que la aplicación de la fuerza fue la misma para ambos, así como la longitud de 500 mm y el espesor de 2 mm tanto para la estructura circular como para la rectangular.

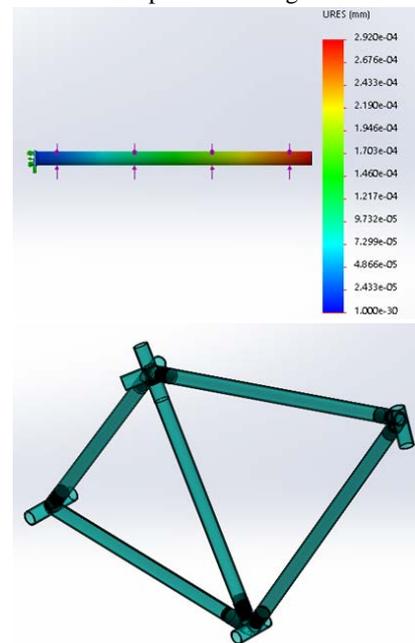


Figura 4. Estructura circular en material de nylon. Elaboración Propia.

Después de realizar los cálculos anteriores y las simulaciones mediante el análisis de elemento finito, mejor conocido como FEA, por sus siglas en inglés, no es posible hasta este momento poder tomar una decisión debido a que no fue posible corroborar los resultados, mientras que por un lado el cálculo teórico nos dice que el material de nylon en forma rectangular tiene la

menor deflexión, al momento de realizar la simulación de deformación se puede apreciar claramente en la figura número 3, que la estructura cuadrada tiene mayor deformación con respecto a la figura 4 que corresponde a la estructura de tipo circular.

Por lo tanto, será necesario establecer la función matemática para realizar la selección del material adecuada a partir de tener como función objetivo la de minimizar la masa, además de cumplir con una adecuada rigidez y finalmente considerar el índice del material. Además de contemplar que lo que se persigue es contar con una adecuada rigidez, minimizar la masa, y teniendo como restricción que la geometría sea tubular con las dimensiones siguientes: diámetro mayor de 25.4 mm y un diámetro menor de 21.4 mm. Después de realizar los cálculos correspondientes se obtuvo que la ecuación que nos permite cumplir con todo lo anterior, queda expresada de la siguiente manera:

$$m = \frac{16S}{3} \cdot \frac{L^4}{D^2 + d^2} \cdot \frac{\rho}{E}$$

A continuación, se procederá a describir las variables involucradas en la expresión matemática, la S representa la rigidez del material y ya se determinó, L es igual a la longitud del tubo, D es el diámetro mayor, d es el diámetro menor, ρ es la densidad del material y E es el módulo de Young. Lo que se tiene como libertad es la posibilidad de elegir entre un material de bambú o de nylon. Por lo que el resultado siguiente corresponde al material de bambú, obteniendo un valor de:

$$m = \frac{16(3.93)}{3} \cdot \frac{500^4}{25.4^2 + 21.4^2} \cdot \frac{0.0007}{20000} = 41.56g$$

Mientras que el valor obtenido para el material de Nylon es de 204.69g. De manera que no hay forma de comparación si el factor que se persigue es el de minimizar el peso, puesto que hay una enorme diferencia y la ventaja es para el material de bambú y generalmente este se puede obtener con mayor facilidad en forma circular puesto que es su geometría natural lo cual representaría también una mayor ventaja. En la siguiente gráfica de barras se muestra la propiedad del módulo de Young y su respectiva ubicación de los materiales en función de su flexibilidad o rigidez, por ejemplo, el material de bambú está dentro de los materiales naturales los cuales cuentan con flexibilidad y rigidez, mientras los metales y sus aleaciones son más rígidos, como se puede apreciar a continuación.

En la figura 5 es posible observar que los materiales naturales presentan una excelente capacidad de resistencia para evitar doblarse o torcerse con facilidad. Es importante mencionar que ya desde hace muchos años se han fabricado estructuras de bambú para diversas aplicaciones, desde cuadros para bicicletas hasta diversos tipos de estructuras para algunos diseños de tipo arquitectónico y entre otras más aplicaciones que se le pueden

dar por el simple hecho de que es un material sustentable y amigable con el medio ambiente.

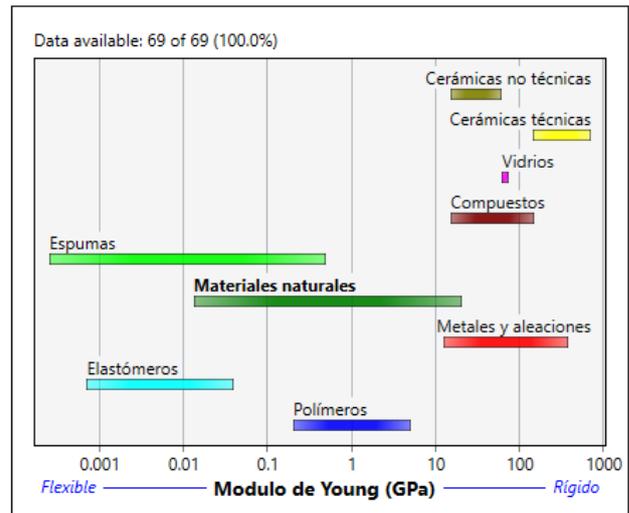
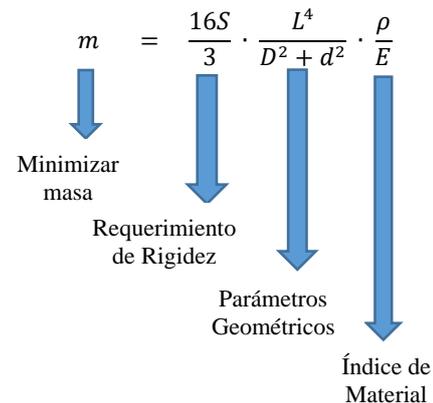


Figura 5. Representación de la propiedad del módulo de Young de acuerdo a la clasificación de los materiales.

Conclusiones

Con el desarrollo de la presente investigación ha sido posible en primer lugar desarrollar una ecuación o función matemática siguiente:



En la que están implícitas las variables y restricciones que se definieron para seleccionar el tipo de material a emplear y su respectiva geometría, quedando demostrado que la relación entre dos grandes disciplinas como lo es por un lado el área de la Ciencia de los Materiales y por otra parte el Diseño, son de suma importancia para poder empezar a determinar los cálculos teóricos a base de fórmulas y su corroboración o verificación de las mismas a través de uso de software de Diseño Asistido por Computadora y mediante el Análisis de Elemento Finito, para contar con datos e información fundamentada y comprobada para tener mayor certidumbre sobre el comportamiento que pudiera presentar un material antes de llevarlo a la realidad, que en muchas ocasiones representan mayores costos. Anteriormente era más común realizar las pruebas en forma física, es decir, de forma real; sin embargo, en la actualidad contamos con el apoyo de diversos softwares para realizar

simulaciones, que finalmente fue lo que se hizo en este trabajo de investigación.

Agradecimientos

El presente trabajo de investigación ha sido gracias al apoyo de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Área Académica de Ingeniería y Arquitectura. Laboratorio de Manufactura. Y también gracias a la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco, División CyAD.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses.

Referencias

- [1] Magrab E, Gupta SK, McCluskey FP, Sandborn PA. Integrated Product and Process Design and Development: The Product Realization Process. Taylor & Francis Group. 2nd ed. USA: CRC; 2010: 155-203.
- [2] Chermisinoff NP. Materials Selection Deskbook. Noyes Publications. USA: NP; 1996: 18-20.
- [3] Budynas RG, Nisbett JK. Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley. McGrawHill. Novena edición. México: Educación; 2012: 977-978.
- [4] Kamirani AK, Nasr EA. Engineering Design and Rapid Prototyping. Springer. USA: Springer Science; 2010: 5-9.
- [5] Dym CL, Brown DC. Engineering Design: Representation and Reasoming. Cambridge Second edition. USA: UNIVERSITY PRESS; 2012: 12-19.
- [6] Ulrich KT. Assessing the importance of design through product archaeology. Management Science. 1998; 44(3):352-369.
- [7] Jedlicka W. Sustainable Graphic Design: Tools, Systems, and Strategies for Innovative Print Design. USA: John Wiley & Sons, Inc; 2010: 146-147.
- [8] Bolton W, Higgins RA. Materials for Engineers and Technicians. Taylor & Francis. Sixth edition. LONDON AND NY: Routledge; 2015:15-17.
- [9] Chung DDL. Applied Materials Science: Applications of Engineering Materials in Structural, Electronics, Thermal, and other Industries. USA: CRC; 2001: 10-17.
- [10] Askeland D, Fulay PP, Wright WJ. The Science and Engineering of Materials. Learning Sixth edition. Australia, UK, USA: CENGAGE; 2010: 7-10.
- [11] Kocabiyik E. Engineering Concepts in Industrial Product Design with a case study of Bicycle Design. Turkey: Izmir; 2004:30-32.
- [12] Rajan K. Informatics for Materials Science and Engineering: Data Driven Discovery for Accelerated Experimentation and Application. USA: BH; 2013: 219-239.