

ANÁLISIS TRANSITORIO DE ESFUERZOS PARA UNA BARRA TRANSMISORA DE PMMA EMPLEADA EN UN SISTEMA DE HOPKINSON

Ruth Ivonne Escobedo Carranza

Instituto Tecnológico de Celaya

ruth_64911@hotmail.com

Luis Alejandro Alcaraz Caracheo

Instituto Tecnológico de Celaya

alejandro.alcaraz@itcelaya.edu.mx

Resumen

El propósito de este trabajo es realizar un análisis transitorio para determinar los esfuerzos en una barra con cambio de sección de polimetilmetacrilato (PMMA) de un sistema de barra de Hopkinson, utilizando un software de elementos finitos comercial. Para ello se modeló la mitad del sistema de la barra, incluyendo el buje, el cual es el responsable de sostener la barra y una tabla que funciona como freno de la misma, para el análisis se simuló el impacto con una presión de 17 psi equivalente a la presión saliente del compresor. Con el fin de conocer si es viable utilizar esta geometría de barra para dicha aplicación.

Palabra(s) Clave(s): barra de Hopkinson, impacto, simulación.

1. Introducción

Uno de los sistemas de impacto utilizado para la caracterización de materiales, es el sistema de barras de Hopkinson el cual es un dispositivo capaz de deformar una probeta a una alta velocidad de deformación. Se le conoce como barra de Hopkinson, ya que en este hay un par de barras cilíndricas simétricas que son alineadas y soportadas por elementos de sujeción, estos componentes deben de asegurar la libre traslación de las barras a lo largo de su propio eje. Ambas barras

se instalan con sus caras transversales paralelas una de la otra, dejando un espacio entre cada cara, en el cual se coloca el material que se desea ensayar. Una vez que ambas barras sujetan el material, el disparador, impulsa un proyectil, para producir el impacto deseado. Cuando se realiza un disparo, el proyectil corre a lo largo del cañón, golpeando a la primera barra, denominada barra incidente; al momento del impacto se produce un pulso incidente el cual se divide en una onda que se refleja y regresa por la primera barra, a este pulso se le conoce como onda reflejada, mientras que la otra parte de la onda descompuesta, se transfiere a la segunda barra, a este pulso se le conoce como onda transmitida, la segunda barra se le llama barra transmisora. La figura 1 muestra un esquema general de cómo es que se compone una barra de Hopkinson para ensayos de compresión.

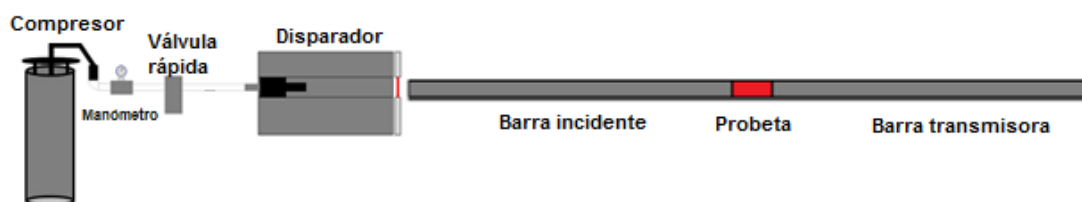


Figura 1 Esquema general de la barra de Hopkinson.

Puesto que las probetas que se ensayarán son de material celular (aluminio plexoplegado), cuentan con una impedancia mecánica muy baja, las barras deberán de tener una impedancia similar al espécimen de prueba. De acuerdo a la teoría es importante considerar el PMMA para la fabricación de las barras a pesar de que cuenta con una desventaja, ya que presentan un comportamiento inelástico, a diferencia de barras de acero o aluminio (barras usadas comúnmente para pruebas en metales) cuyo comportamiento es meramente elástico. Las barras serán alineadas por medio de bujes, por los cuales las barras deberán deslizarse libremente, este acoplamiento se muestra en la figura 2. Estas barras tienen un diámetro comercial mayor a lo necesitado, por lo que se planeó maquinarlas. Debido a los procesos de fabricación, maquinar barras de PMMA es complicado ya que requiere maquinaria especial, por lo que solo se logró maquinar los extremos de cada una de las barras. Esta limitante tuvo como consecuencia que

la barra no maquinada llegara a impactar con los bujes, lo que al parecer provoco la ruptura de la misma, la cual se muestra en la figura 3.

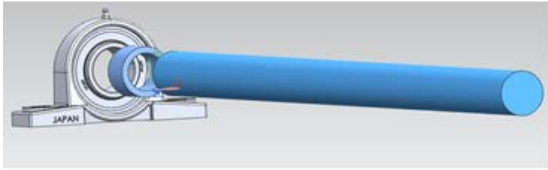


Figura 2 Acoplamiento de barra con buje.



Figura 3 Ruptura en barra transmisora.

Se usará ANSYS© para comprobar que la fractura fue causada por el choque entre la barra y el buje debido al cambio de sección.

2. Métodos

Se realizó un modelado en CAD del cual se tomó solo la mitad de la barra transmisora, barra que sufrió la falla o fractura (figura 4).

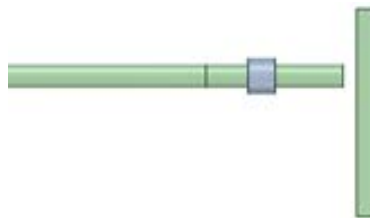


Figura 4 Sistema modelado de la parte a simular.

Se exportó el modelo a ANSYS© para la simulación bajo la carga de impacto. Y se seleccionó el tipo de análisis que se desea realizar en este caso en análisis Transitorio., debido a que es una simulación más simplificada que una dinámica teniendo la ventaja de arrojarnos los resultados que requerimos para comprobar la fractura del componente o barra transmisora.

Se dieron de baja dos materiales a usar, PMMA para la barra (figura 5) y el Nylamid como un segundo material para la tabla y buje (figura 6).

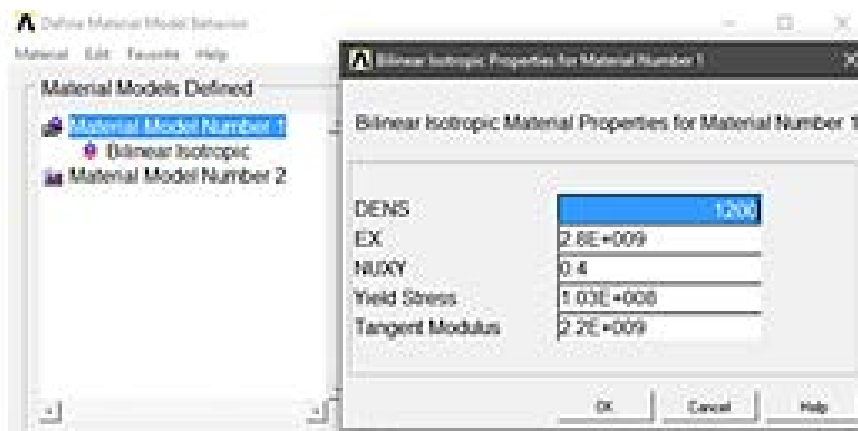


Figura 5 Baja material PMMA.

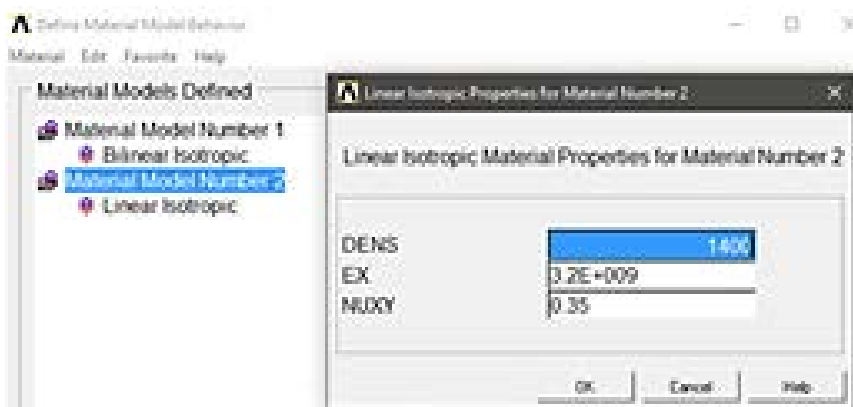


Figura 6 Baja material Nylamid.

Se utilizaron elementos 3D SOLID 184, debido a que es un tipo de elemento que trabaja en 3D con 8 nodos permitiéndonos tener los grados de libertad en desplazamiento, aceleración y rotación en X, Y y Z. Este tipo de elemento solo es usado en análisis dinámicos. Se cargó un segundo elemento el MESH 200 el que se le dio el atributo de ser usado como elemento cuadrilátero de 8 nodos, el cual nos ayudará mallar el volumen de la barra por medio de áreas.

Se mallaron los dos volúmenes superiores de la barra con elementos cuadriláteros, la parte superior de la barra se malló usando el MESH 200 para las áreas y después se usó el mallado en el volumen, usando esto como guía para la malla interna. La parte inferior se pudo mallar con facilidad siguiendo el comportamiento de los elementos del área de la base que comparte con los volúmenes inferiores, por lo que solo se malló como volumen. Los volúmenes restantes, buje y tabla, se

mallaron de igual manera solo por volumen con elementos cuadriláteros (figura 7). La malla final tiene elementos tipo tetraédricos, con una medida por elementos de 0.005 mm, figura 8.

Con respecto a las condiciones de frontera, se aplicaron restricciones en el área de la tabla de la cual está sujeta, de igual manera se restringió todo movimiento del buje para simular su total empotramiento lo que no permite movimiento alguno, y finalmente se restringió la barra en x y z para simular la simetría (figura 9a). Por último, se aplicó una presión de 17 psi para simular el impacto del componente incidente con el transmisor, la cual se muestra como dos flechas rojas en el área superior de la barra, figura 9b.

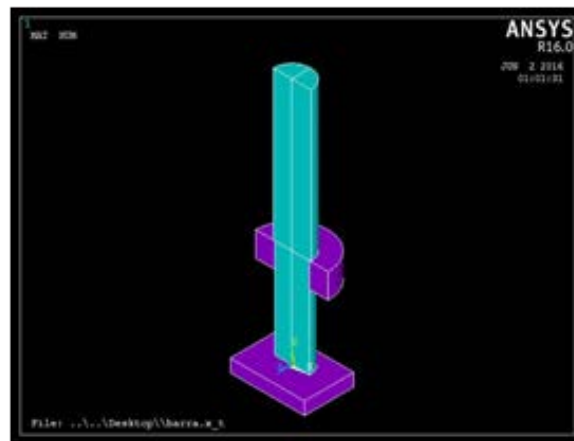


Figura 7 Modelo de los diferentes materiales: Azul PMMA y el morado Nylamid.

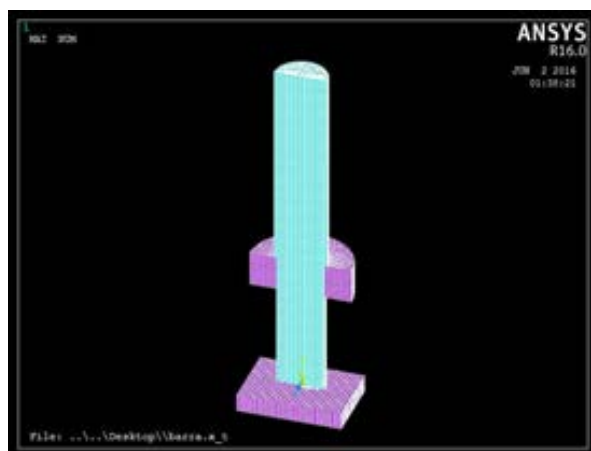


Figura 8 Malla de modelo completo.

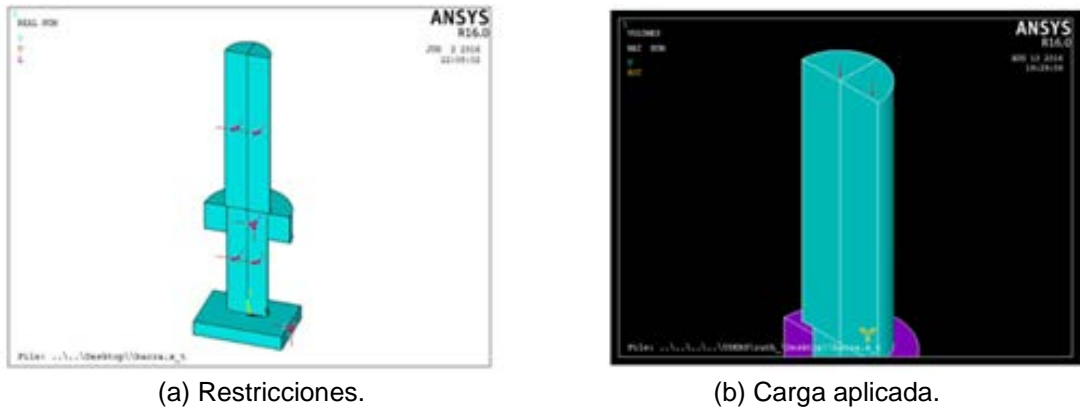


Figura 9 Condiciones de frontera.

Para simular los contactos que se tienen en la parte a analizar, se colocaron tres contactos (figura 10) del tipo surface to surface con un comportamiento standar, los cuales fueron colocados:

1. Área del cable de sección de la barra–cara superior del buje.
2. Cuerpo de la barra–cuerpo del buje.
3. Cara inferior de la barra–tabla.

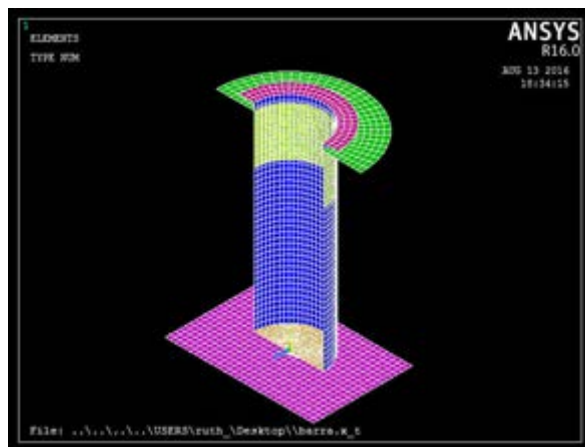
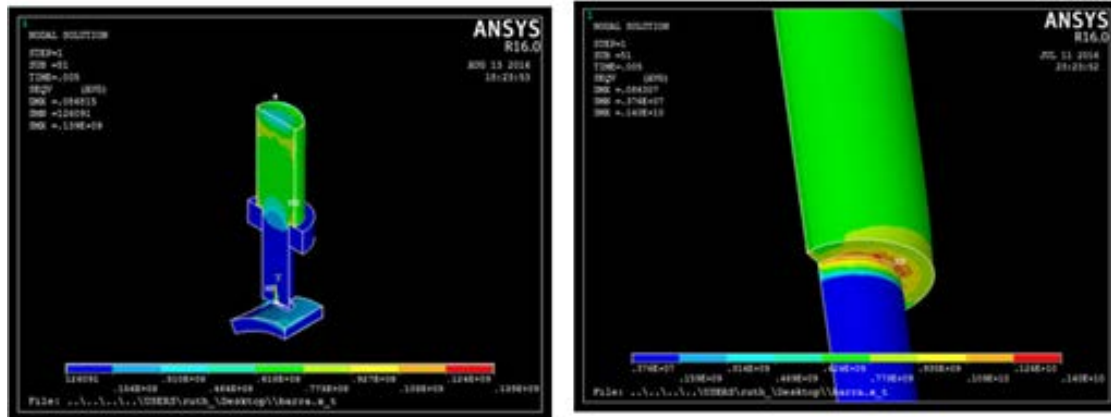


Figura 10 Contactos.

3. Resultados

Tomando en cuenta que el esfuerzo máximo del PMM es de 75 MPa, se realizaron las simulaciones en los cuales los resultados en Ansys© se puede observar que la barra al ser impactada en el buje provoca un esfuerzo de 140 MPa

(figura 11), aunque la zona donde se genera este esfuerzo es muy pequeña se puede decir que a los primeros golpes lo único que ocasiona es que el material se debilite y haga pequeñas fisuras, lo que posteriormente provoco la ruptura al ser impactada varias veces.



a) Todo el cuerpo análisis.

b) Acercamiento de la zona con el mayor esfuerzo.

Figura 11 Resultados de análisis en Ansys©.

4. Discusión

Como se observó en el análisis, el constante choque de la barra con el buje provoco a la larga su ruptura, ya que el esfuerzo generado es el mayor al del material, comprobando así que el cambio de sección afecta de manera considerable al sistema de barras de Hopkinson.

Por lo que se buscara nuevas alternativas para la sujeción y alineación de estas barras, debido que cambiar el material de estas no está a consideración debido a que la impedancia de estas es la más acercada al material a ensayar, punto importante en los ensayos donde se usan barras de Hopkinson.

5. Bibliografía y Referencias

- [1] J. Van Der Geer, J. A. J. Hanraads, R. A. Lupton, Journal of Science Communication, No. 163, 2000.
- [2] C. Weinong, Split Hopkinson (Kolsky) bar design, testing and applications, Springer, Estados Unidos, 2011.

- [3] Castro I., Alejandro I., Caracterización mecánica de espumas metálicas y su aplicación en sistemas de absorción de energía, 2012
- [4] ASM Mechanical Testing and Evaluation, pág. 939-1096.
- [5] Jesús Rodríguez Pérez, Análisis y desarrollo de metodologías para la obtención de propiedades mecánicas de materiales a altas velocidades de deformación a alta temperatura, Madrid, 2002.
- [6] Zhao H., Gary G., Klepaczko J. R., On the use of a viscoelastic split Hopkinson pressure bar. *International Journal of Impact Engineering*, pág 319-330, 1997.
- [7] ANSYS MAPDL manual 15.0.