

Modelo de elementos finitos para la determinación de la frecuencia natural de las vibraciones de un dinamómetro.

M. Jacas Cabrera*, M. Rodríguez*, J. Batista de Aguiar.**

*Instituto Superior Politécnico *José A. Echeverría* (ISPJAE)

Facultad de Ingeniería Mecánica. Departamento de Tecnología de Construcción de Maquinaria.

Calle 127 s/n, CUJAE, Marianao 15, Ciudad Habana, Cuba.

Teléfono: 53 7-260 2267, Fax: 53 7-267 7129.

E mail: mariojacas@yahoo.es

**Departamento de Engenharia Mecatrônica e Sistemas Mecânicos. EPUSP, Brasil.

E mail: jbaguiar@usp.br

(Recibido el 23 de septiembre de 2001, aceptado el 14 de diciembre del 2001)

Resumen.

El presente trabajo tiene como objetivo determinar la frecuencia natural (f_n) de un dinamómetro de dos componentes para medir las fuerzas dinámicas producidas en un proceso de maquinado. La medición de la frecuencia natural se realiza por dos métodos, uno primero por medio de la modelación empleando el método de los elementos finitos (MEF), y un segundo por la vía experimental, con el fin de evaluar dicho modelo, y demostrar las posibilidades de esta herramienta de cálculo. Para la realización del trabajo se usó el programa de elementos finitos ALGOR (R) Superdraw III – Versión 12 . 06 WIN 2000.

De los resultados de este trabajo se observa la coincidencia de resultados entre los valores obtenidos experimentalmente y por medio del MEF, encontrándose los mismos dentro del rango del 10% de error.

Palabras claves: frecuencia natural, dinamómetro, elementos finitos, fuerzas dinámicas de maquinado.

1. Introducción.

Uno de los principales indicadores de cómo transcurre el proceso de corte es la magnitud de las fuerzas que se generan durante dicho proceso. Para facilitar el análisis de la fuerza resultante generada F_r , se analizan las componentes de la misma en las direcciones del movimiento principal de corte y el de avance.

En el proceso de torneado existe la fuerza tangencial f_z , que coincide con la dirección de la velocidad de corte, la fuerza axial f_x , que coincide con la dirección del movimiento de avance longitudinal y la fuerza radial f_y , que coincide con la dirección del avance radial. Para la medición de estas fuerzas se emplean dispositivos dinamométricos así como otros equipamientos cuya función es la de captar y procesar las señales emitidas por el dinamómetro.

Hoy en día se emplea una gran variedad de dinamómetro para la medición de fuerzas de corte, los que se pueden clasificar en:

Medición directa:	Medición indirecta:
Piezoeléctricos	Mecánicos
Magnetoestricción.	Neumáticos
	Hidráulicos
	Eléctricos

Los dinamómetros deben poseer una serie de propiedades siendo una de las más importantes la propiedad de rigidez, la cual es la capacidad que tienen los cuerpos de resistir las deformaciones creadas bajo la acción de una fuerza. De esta manera, un dinamómetro con suficiente rigidez, no alterará la magnitud de las mediciones de fuerzas debido a la ausencia de un desplazamiento excesivo de dicho elemento.

Según plantea Berthold [1], un dinamómetro tiene suficiente rigidez cuando su desplazamiento es menor de 15 μm . Frecuentemente un criterio de la magnitud de rigidez dinámica de un dinamómetro es dado por la magnitud de su frecuencia natural de oscilación (f_n).

En la expresión (1) se observa la relación entre la constante elástica del material, conocida también como rigidez (k) y la frecuencia natural (f_n).

¡Error! Marcador no definido. [Hz]

(1)

Para que el sistema sea suficientemente rígido, o sea para que la deformación de la herramienta sea pequeña,

la constante elástica del dinamómetro (k) deberá ser alta y en consecuencia la frecuencia natural de las oscilaciones libres será elevada.

Según [1], se establece que cuando la frecuencia natural de un dinamómetro es menor de 6 kHz, habrá un aumento del valor medio de la fuerza de corte como se muestra en la figura 1.

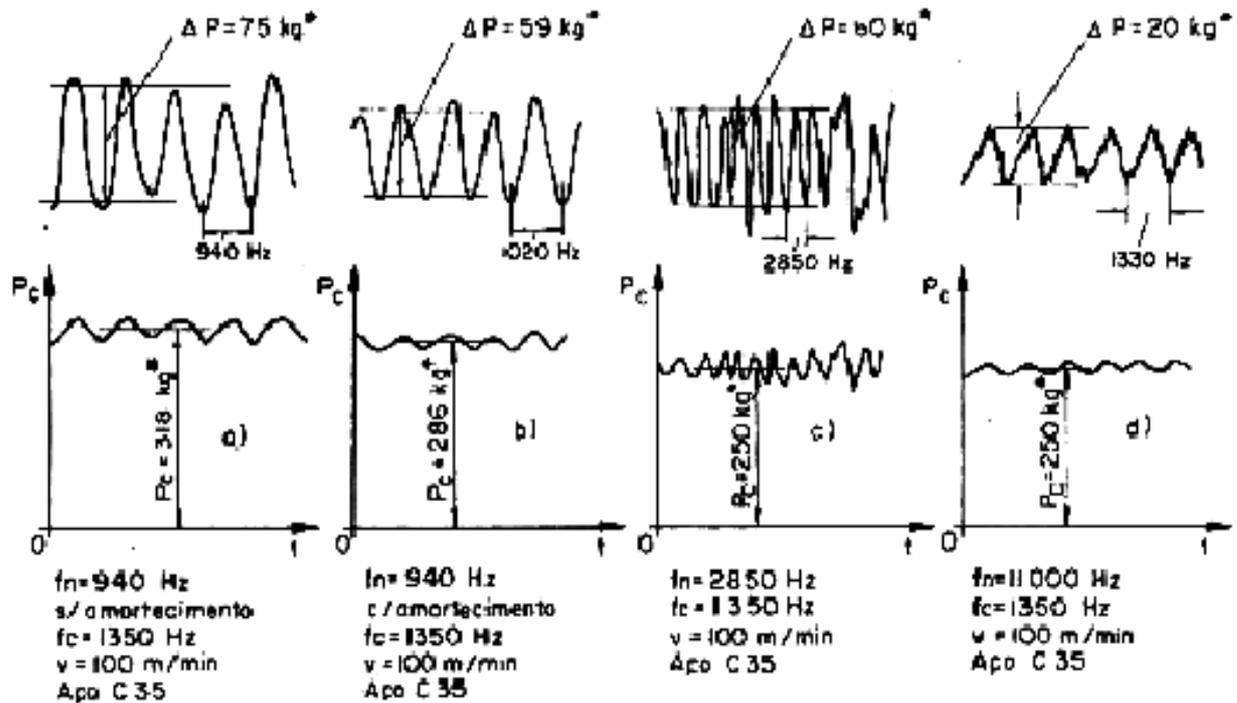


Fig.1 Medidas de fuerza de corte tomadas con cuatro dinamómetros de diferentes frecuencias naturales bajo iguales condiciones de corte [1]

En la figura 1 se observa que una variación en los dinamómetros de $f_n = 940$ Hz esquema (a) a $f_n = 11000$ Hz esquema (d) se obtienen valores medios de fuerzas de corte de 318 kg (3180 N) (a) y de 250 kg. (2500 N), o sea una diferencia de 680 N.

No obstante lo anteriormente planteado, en una serie de trabajos recientes [2, 3, 4], se emplean dinamómetros para la medición dinámica de fuerzas de corte de la firma KISTLER o semejantes a ellos, los cuales poseen una gama de frecuencia natural de 1-3 kHz, así como en otros muchos [5, 6, 7, 8] no hacen referencia a datos de frecuencia natural.

Con la intención de realizar mediciones de fuerza de corte en el proceso de torneado y cepillado, fue diseñado y construido un dinamómetro al cual le fueron colocados elementos tensométricos para captar dos de las componentes de la fuerza resultante de corte, (F_z) y (F_x). A petición de los fabricantes de dicho dinamómetro se solicitó al grupo de Modelación e Ingeniería de Materiales la determinación de la

frecuencia natural (f_n) del dinamómetro construido, con el fin de determinar la influencia de la misma en la medición de las fuerzas de corte.

En el presente trabajo se plantea como objetivo la determinación de la frecuencia natural de un dinamómetro por dos vías:

- Mediante un modelo de elementos finitos.
- Vía experimental.

2. Modelación por el método de los elementos finitos.

Para la modelación del dinamómetro por medio de los elementos finitos se partió del diseño del mismo como se muestra en la figura. 2

El dinamómetro fue diseñado de material acero 1045, para la medición de fuerzas de hasta 2 kg en el proceso

de torneado y para el maquinado de superficies planas en máquinas limadoras, pudiéndose colocar

herramientas de hasta 8 x 8 mm, de sección transversal y longitud de hasta 25 mm.

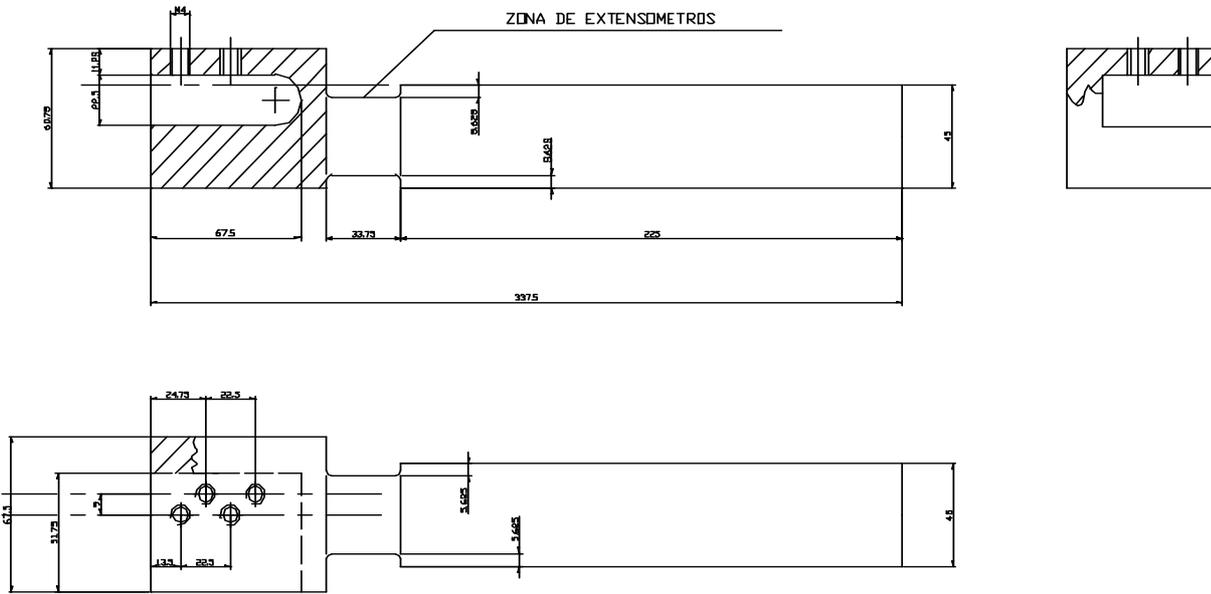


Fig. 2 Plano del dinamómetro

Para la modelación del dinamómetro se empleó el programa de elementos finitos ALGOR. El modelo fue discretizado con 382 elementos tipo *Brick* con un total de 655 nodos.

El comportamiento del material se consideró elástico isotrópico, realizándose un tipo de análisis de Modo Lineal y Frecuencia Natural.

Las condiciones de frontera fueron colocadas en el vástago del dinamómetro, restringiendo todo tipo de rotaciones y desplazamiento en los tres ejes.

El modelo discretizado se muestra en la figura. 3.

Como resultado del análisis fueron obtenidos los cinco modos de frecuencias de las vibraciones obteniendo en el primer modo de las vibraciones el valor de frecuencia de $f_n = 2376$ kHz. En la figura 4 se presenta el primer modo de frecuencia de vibraciones del dinamómetro.

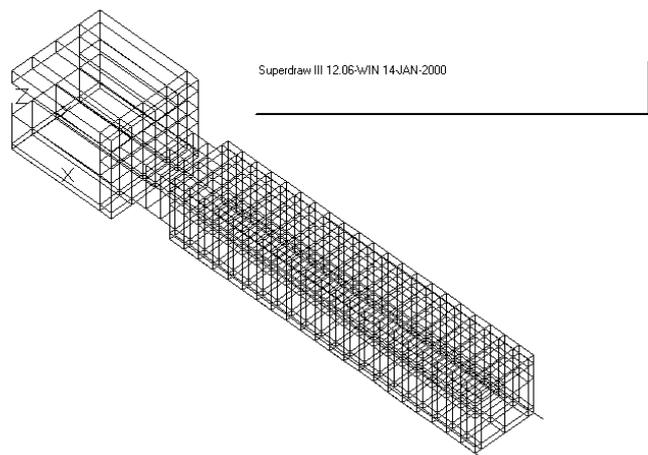


Fig. 3 Modelo discretizado.

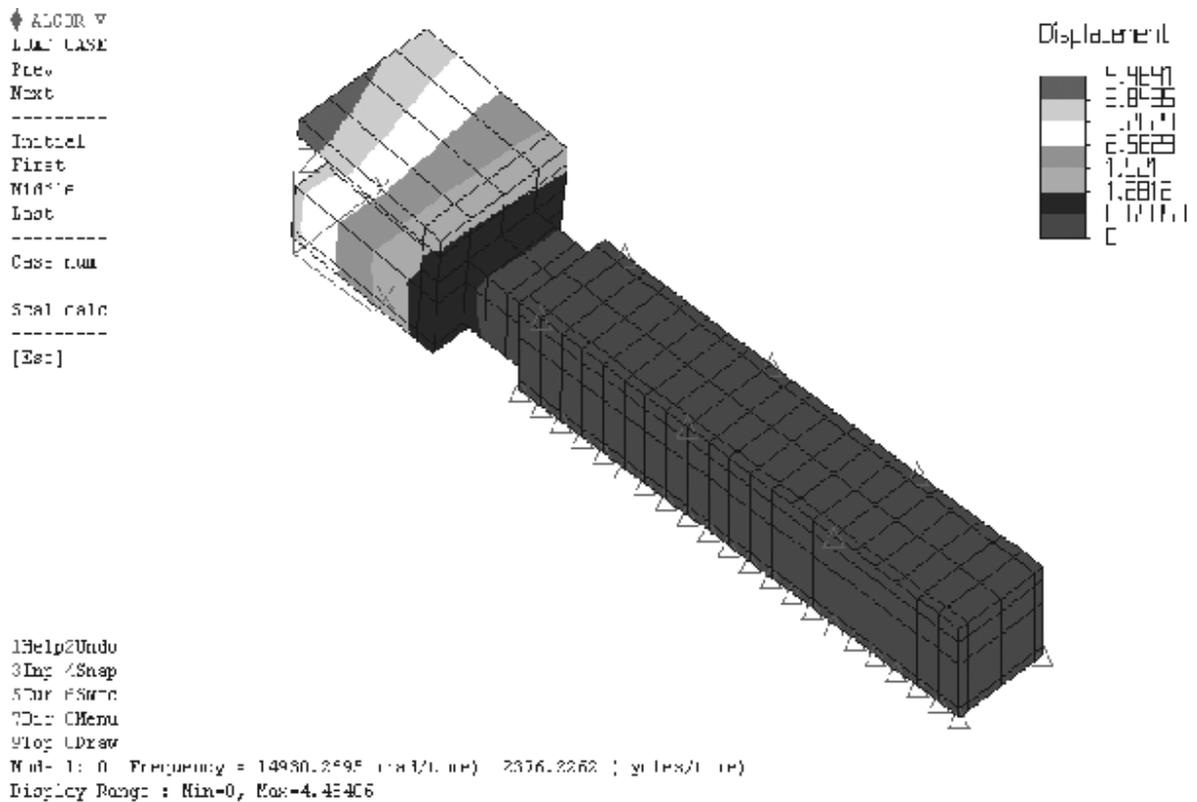


Fig. 4 Modo de frecuencia (1) – 2.3776 kHz

3. Experimentación.

Para determinar experimentalmente la frecuencia natural de las vibraciones, el dinamómetro fue fijado rígidamente en la posición que ocupa en la maquina herramienta. Una vez fijado, el mismo fue puesto a oscilar mediante un leve golpe de martillo. Después de golpeado las oscilaciones fueron captadas por un acelerómetro y transmitidas a un osciloscopio a través

de un amplificador de señales como se observa en la figura 5.

Para determinar la frecuencia propia de las vibraciones, se contaron un numero de 10 oscilaciones, siendo el periodo para las mismas de $T = 4.6255$ ms, por lo que el periodo para una oscilación resultó $T = 0.463$ ms, obteniendo como resultado un valor de frecuencia natural $f_n = 2162$ Hz.

En la figura 6 se muestra la curva de oscilación obtenida



Figura.5 Instalación para la medición de frecuencia.

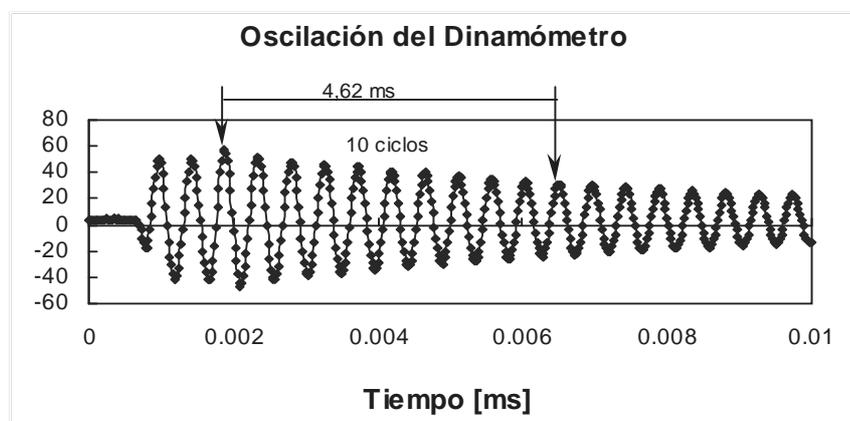


Figura. 6 Curva de oscilación del dinamómetro

4. Análisis de los resultados.

De los resultados obtenidos se aprecia que el dinamómetro objeto de análisis, presenta una frecuencia natural menor de 6 KHz, por lo que según [1] el mismo debe alterar los valores medidos de fuerza. Comparando los valores de frecuencia natural obtenidos experimentalmente $f_n = 2162$ Hz y los obtenidos por el modelo de elementos finitos ($f_n = 2376$ KHz), da un error del 9,90% lo que es totalmente aceptable, brindando una buena idea de las posibilidades del

método de elementos finitos como herramienta de cálculo.

5. Bibliografía.

[1] Berthold, H "Das Messen der Schnittkräfte beim Drehen". Wissenschaftliche Zeitschrift der Technischen Hochschulen Dresden. Dresden, 8(4),publ. N105, 1965

[2] Jeong Du Kin Development of a combinet type tool dynamometer with a piezo film acelerometer for an ultra- precision lathe.(1998).

[3] Viktor P. Astakhov. A treatise on material caracterizacion in the metal cutting process. Part I: A novel approach and experimental verification. Journal of Materials Processing Technology. 96 (1999) 22-33.

[4] A.Abdel Hamid, Y.Ali. Experimental determination of dynamic forces during transient orthogonal cutting. Journal of Materials Processing Technology. 55 (1995) 162-170.

[5] E. Ceretti, P. Fallbohmer, W.T.Wu,T.Altan. Application de 2D FEM to chip formation in orthogonal

cutting. Journal of Materials Processing Technology. 56 (1996) 169-180.

[6] Kug Weon Kim. Woo Youg Lee, Hyo Chol Sin. A finite- element analysis of machining with the tool edge considered. Journal of Materials Processing Technology. 86 (1999) 45-55.

[7] Ship Peng Lo. Analysis of cutting under different rake angles using the finite element method. Journal of Materials Processing Technology. 105 (2000) 143-151.

[8] Zone- Ching Lin, Yuung- Der Yarng. Three dimensional cutting process analysis with different cutting velocities. Journal of Materials Processing Technology. 170 (1997) 22-33.

Determination of the natural frequency of a dynamometer by means of finite elements model.

Abstract.

The present work deals with determination of natural frequencies (f_n) of a two component dynamometer in order to measure the dynamic forces produced during the mechanising process. The natural frequency is obtained by two methods, by means of finite element method (MEF), as well as by the experimental way , with the purpose of evaluate the finite element model, and demonstrate the possibility of this calculation tool. To accomplish this task the ALGOR finite element program Version 12. 06 14 WIN Jan 2000 (R) Superdraw III was used. From the results a practical coincidence between the experimentally values and those obtained by means of the MEF, within the rank of 10% of error are observed.

Key words: natural frequency, dynamometer, finite element, dinamic forces on tool cutting.