



# Title: Evaluation of modal frequencies obtained with the impact hammer technique on an epoxy matrix composite material reinforced with glass fibers

**Authors:** COCA-GONZALEZ, Juan Manuel, AVILA-HERNÁNDEZ, Sergio Albano, REYES-SOLÍS, Alberto and TORRES-CEDILLO, Sergio Guillermo

Editorial label ECORFAN: 607-8695  
BCIERMMI Control Number: 2022-01  
BCIERMMI Classification (2022): 261022-0001

Pages: 14  
RNA: 03-2010-032610115700-14

**ECORFAN-México, S.C.**  
143 – 50 Itzopan Street  
La Florida, Ecatepec Municipality  
Mexico State, 55120 Zipcode  
Phone: +52 1 55 6159 2296  
Skype: ecorfan-mexico.s.c.  
E-mail: contacto@ecorfan.org  
Facebook: ECORFAN-México S. C.  
Twitter: @EcorfanC

[www.ecorfan.org](http://www.ecorfan.org)

Holdings		
Mexico	Colombia	Guatemala
Bolivia	Cameroon	Democratic
Spain	El Salvador	Republic
Ecuador	Taiwan	of Congo
Peru	Paraguay	Nicaragua

Introducción

Metodología

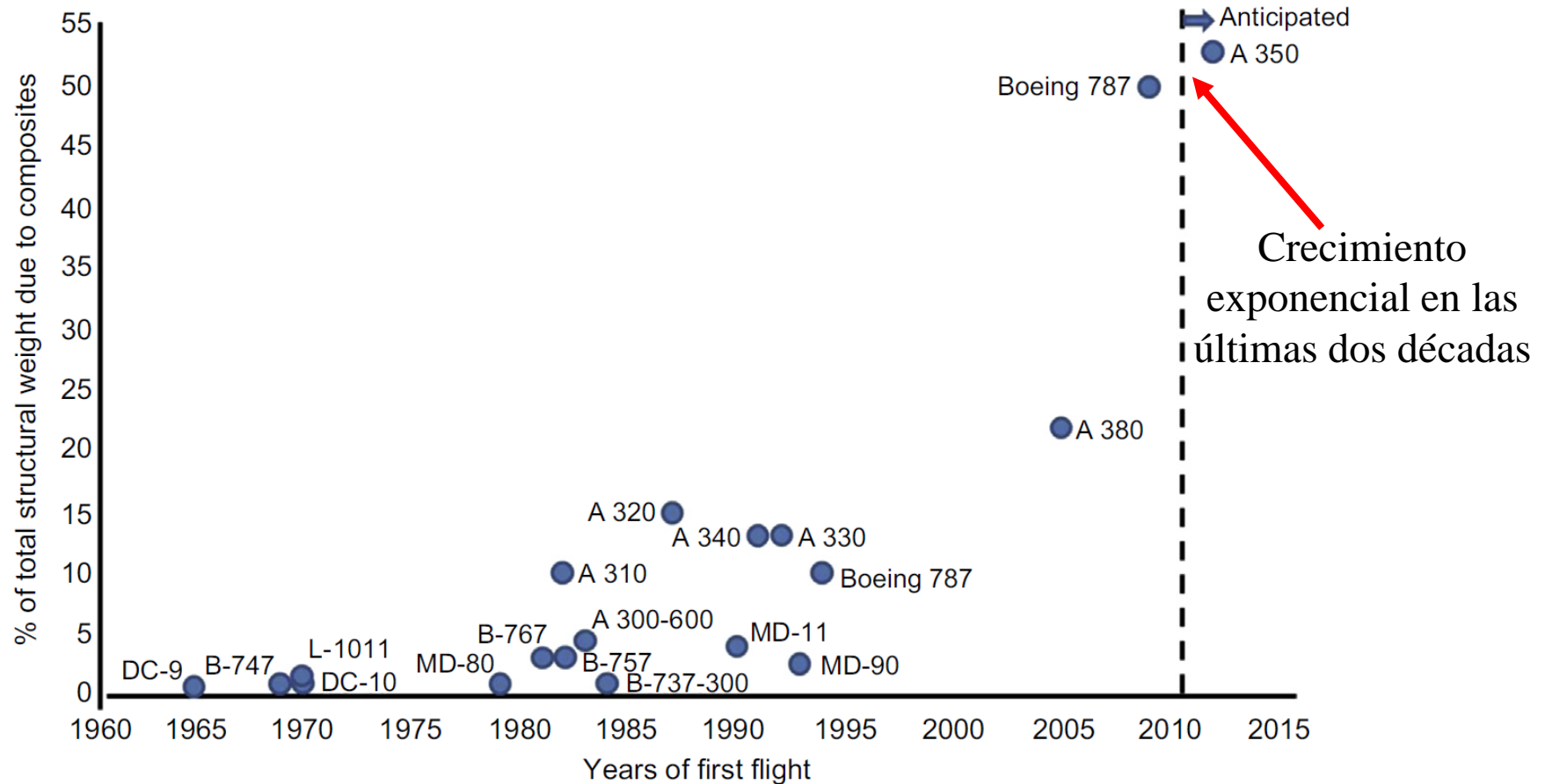
Resultados

Conclusiones

Referencias

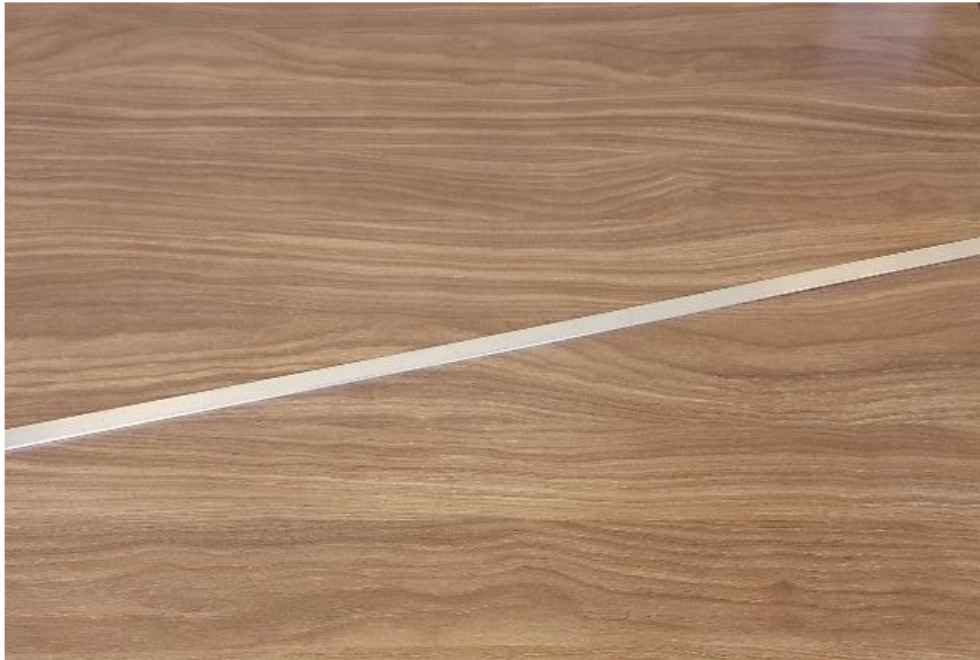
# Introducción

En la actualidad, la industria aeroespacial se está enfocando en desarrollar cada vez más componentes fabricados en materiales compuestos poliméricos o mejorar las propiedades de los ya existentes [1].



**Fig. 1** Implementación de materiales compuestos en la aeronáutica a lo largo de los últimos años.

# Metodología



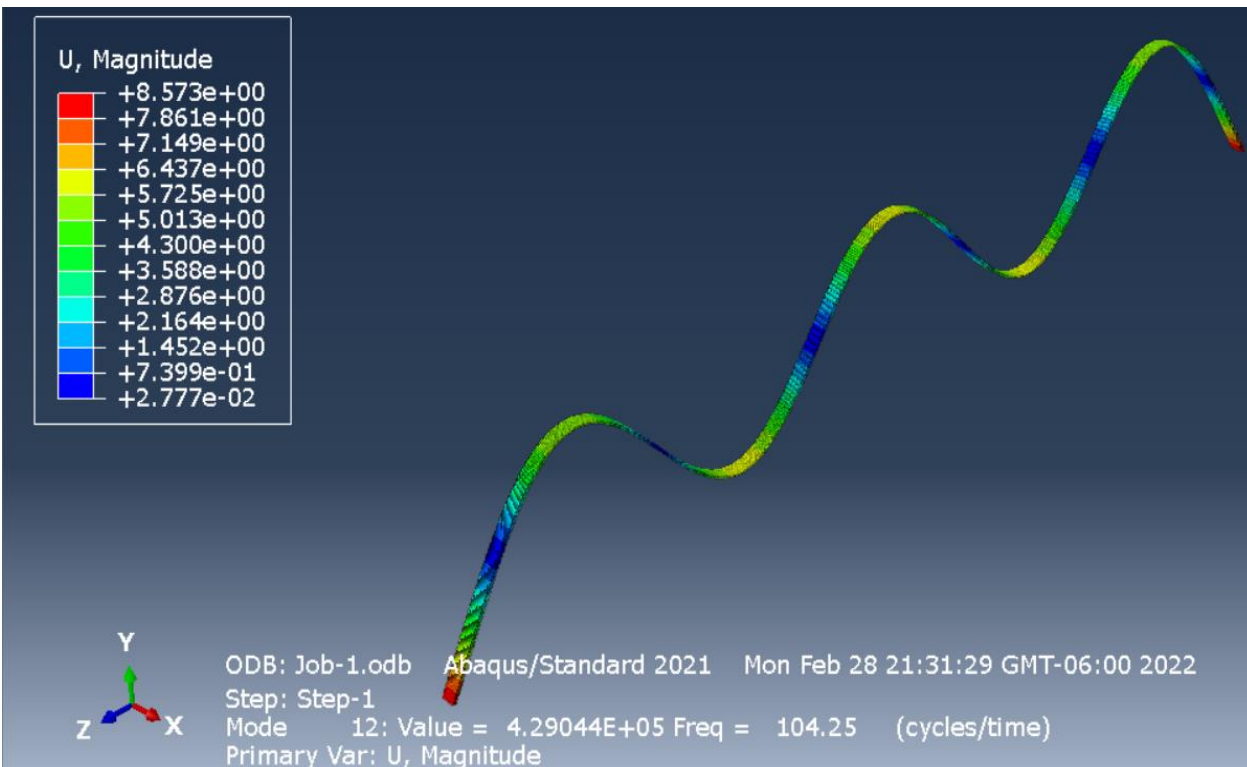
**Fig. 2** Solera de aluminio 6065 T5  
con dimensiones 1000 x 12.7 x 1.5875  
milímetros

Con las ecuaciones (1) y (2) se determinan analíticamente las frecuencias naturales del elemento [5] [6].

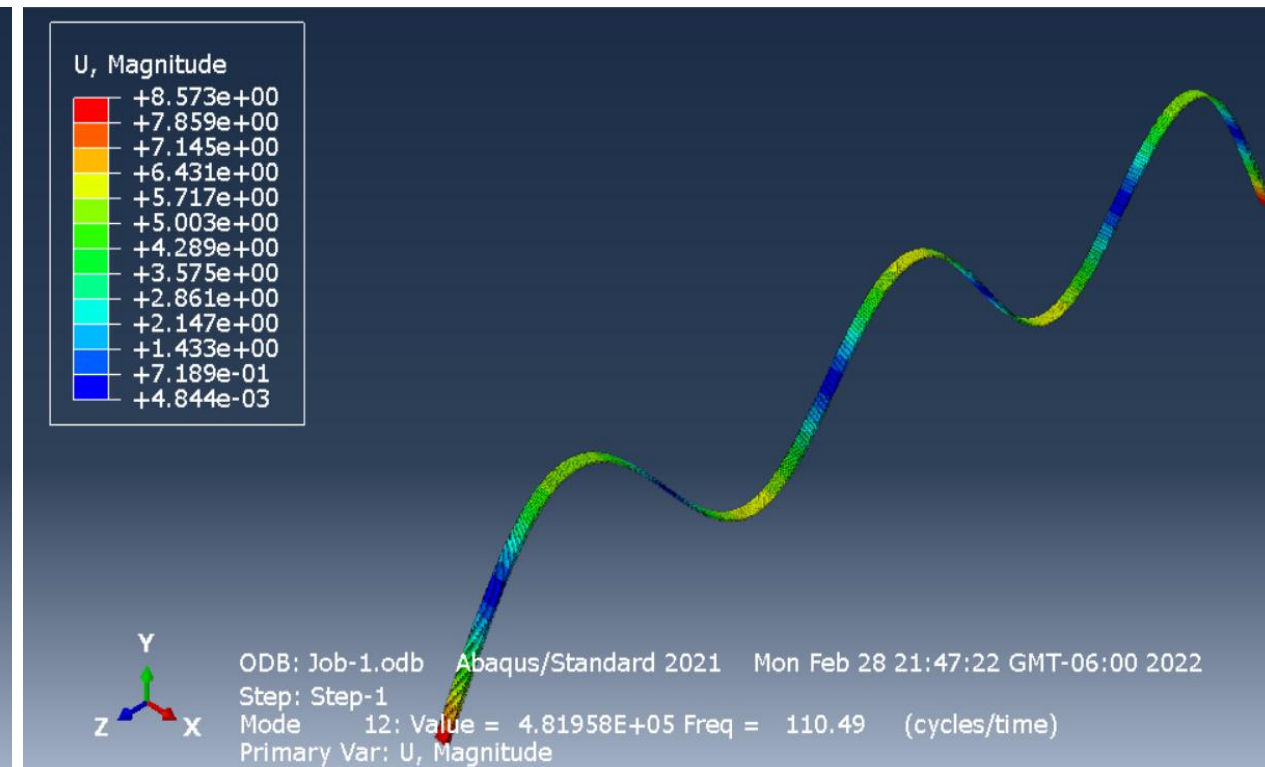
$$\omega_i = \frac{\lambda_i^2}{2\pi L^2} \sqrt{\frac{EI}{m}} \quad (1)$$

$$\omega_i = \frac{K_n}{2\pi} \sqrt{\frac{EIg}{wL^4}} \quad (2)$$

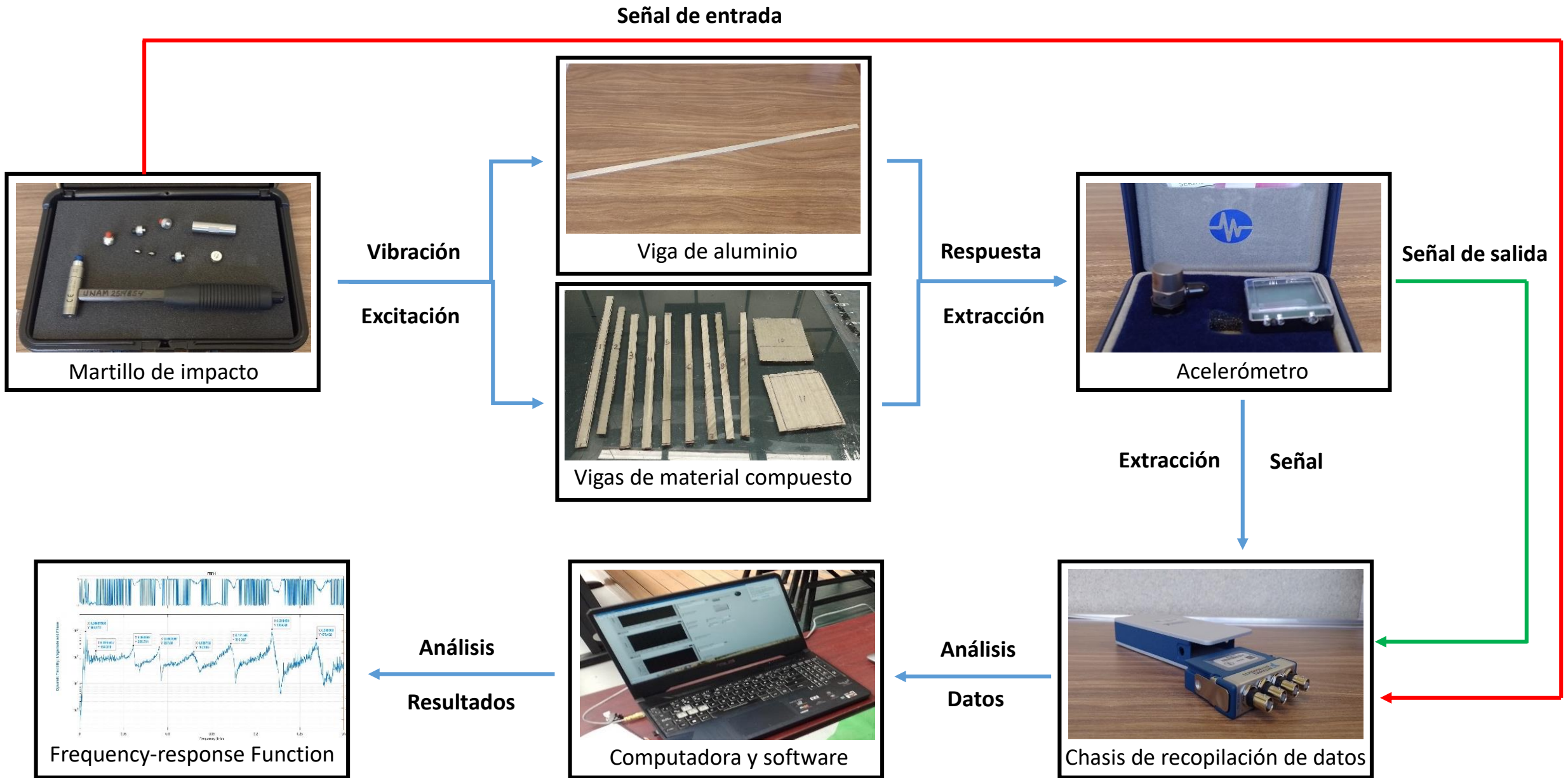
En las figuras 3 y 4 se compara el quinto modo de vibración con dos funciones de forma, lineal y cuadrática. Se generaron 150000 elementos para el modelo, replicando la geometría de la sección de la solera de Aluminio 6065 T5. Con condiciones de frontera libre-libre.



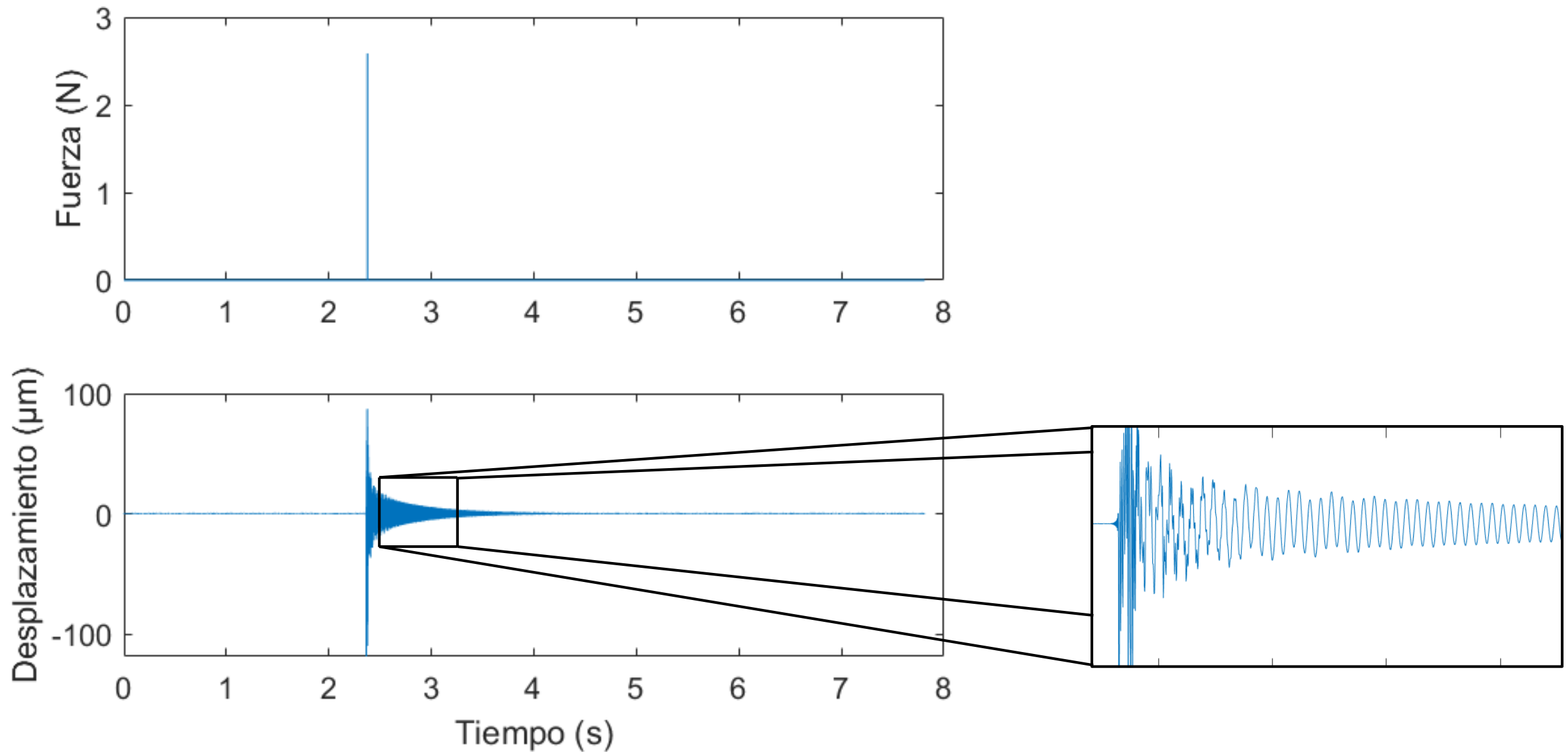
**Fig. 3** Frecuencia de 104.25 Hz. Función de forma lineal.



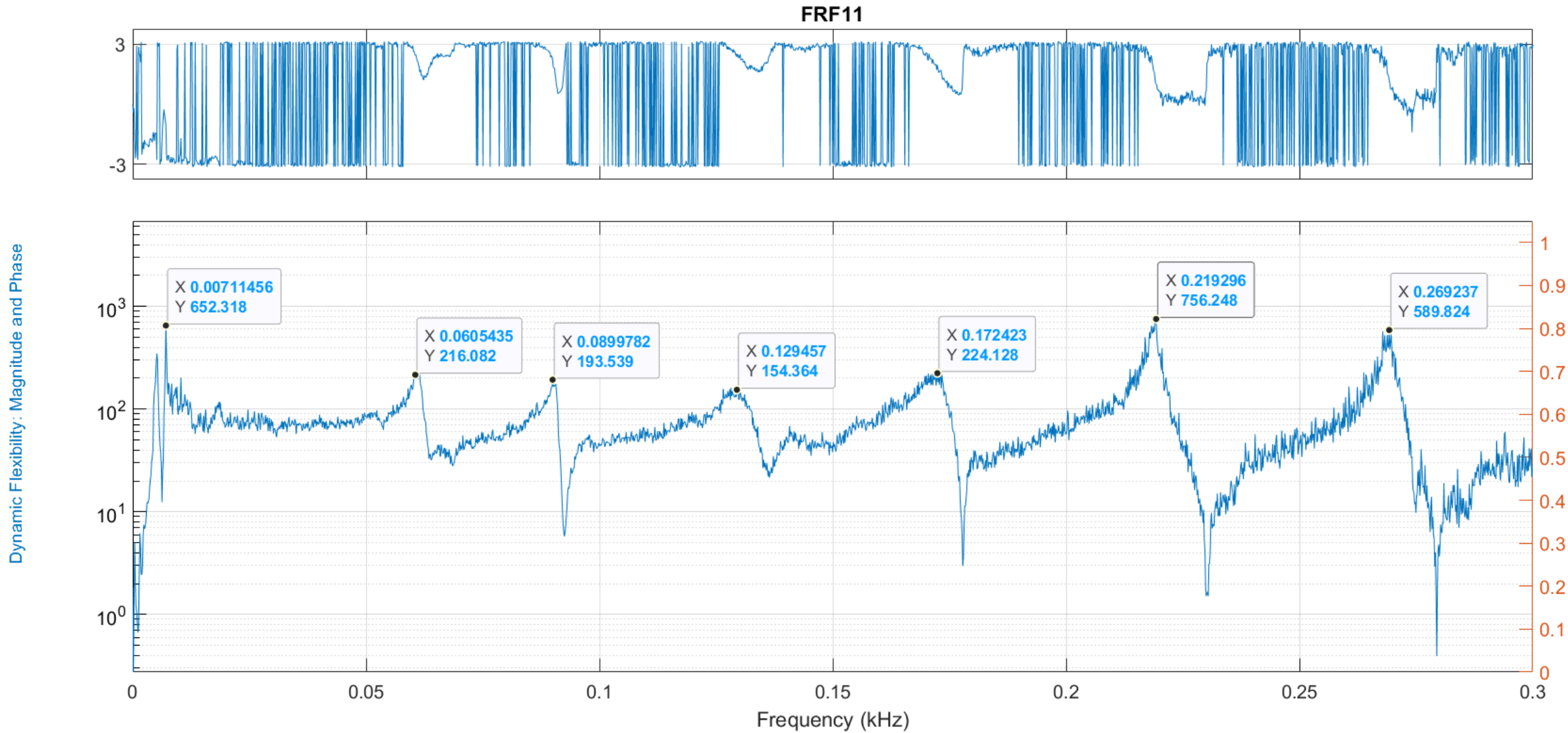
**Fig. 4** Frecuencia de 110.49 Hz. Función de forma cuadrática



**Fig. 5** Diagrama del análisis modal experimental.



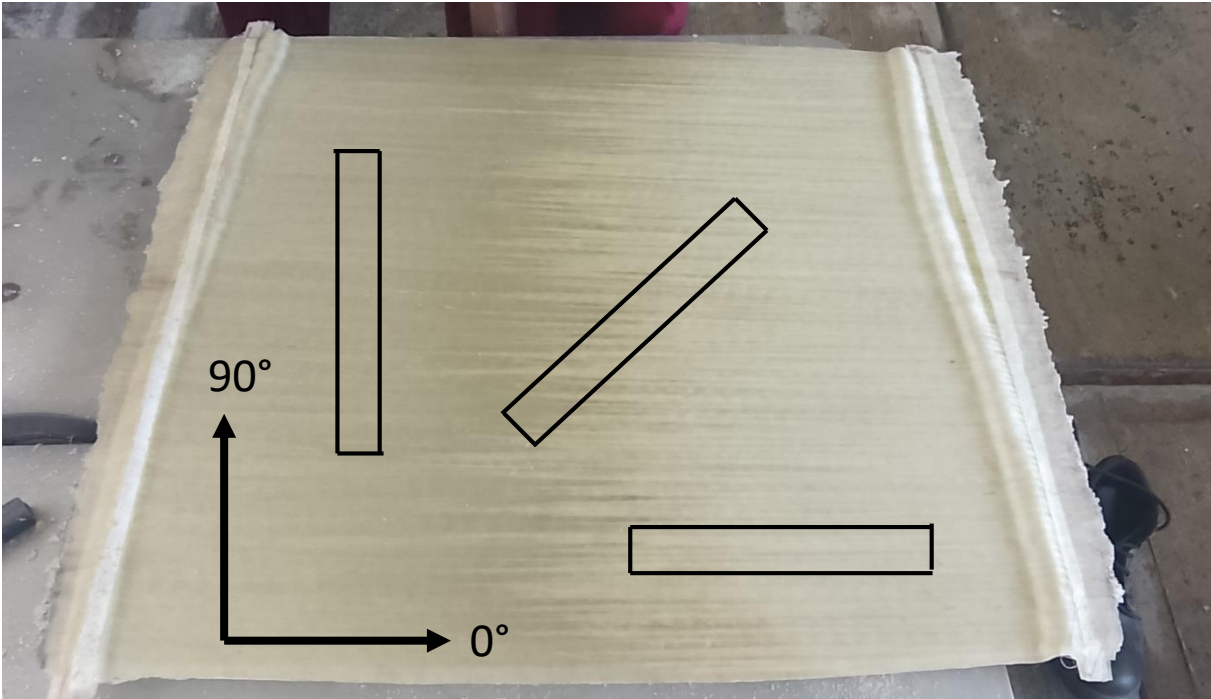
**Fig. 6** Gráficas de fuerza del impacto (arriba) y desplazamiento (abajo) en función del tiempo de un ensayo modal.



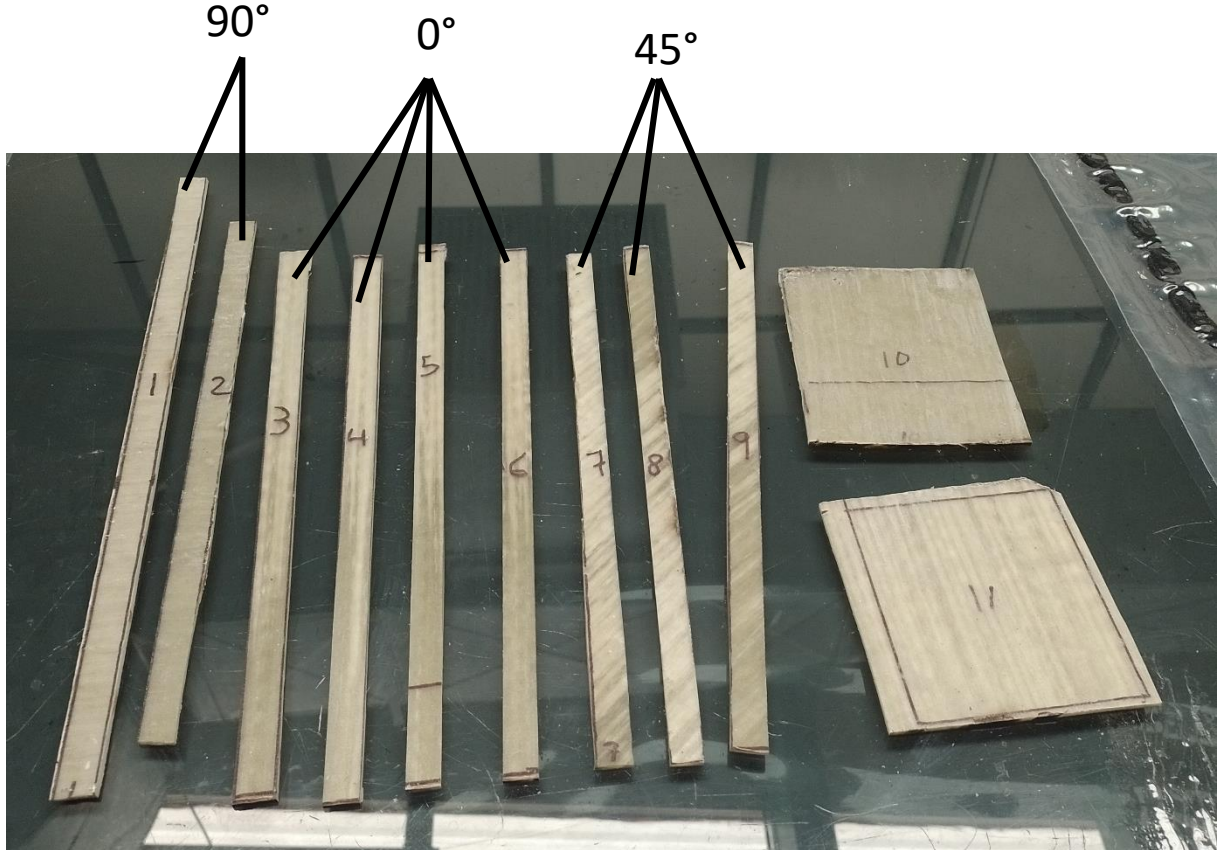
**Fig. 7** Gráfica FRF de un ensayo modal donde se identifican las frecuencias naturales del elemento



Fabricación de placa unidireccional de fibra de vidrio de donde se obtienen probetas con orientación de fibra a 0°, 45° y 90°



**Fig. 8** Placa obtenida mediante el proceso de infusión de resina.



**Fig. 9** Probetas terminadas

Caracterización física del material compuesto mediante el principio de empuje hidrostático.



a)



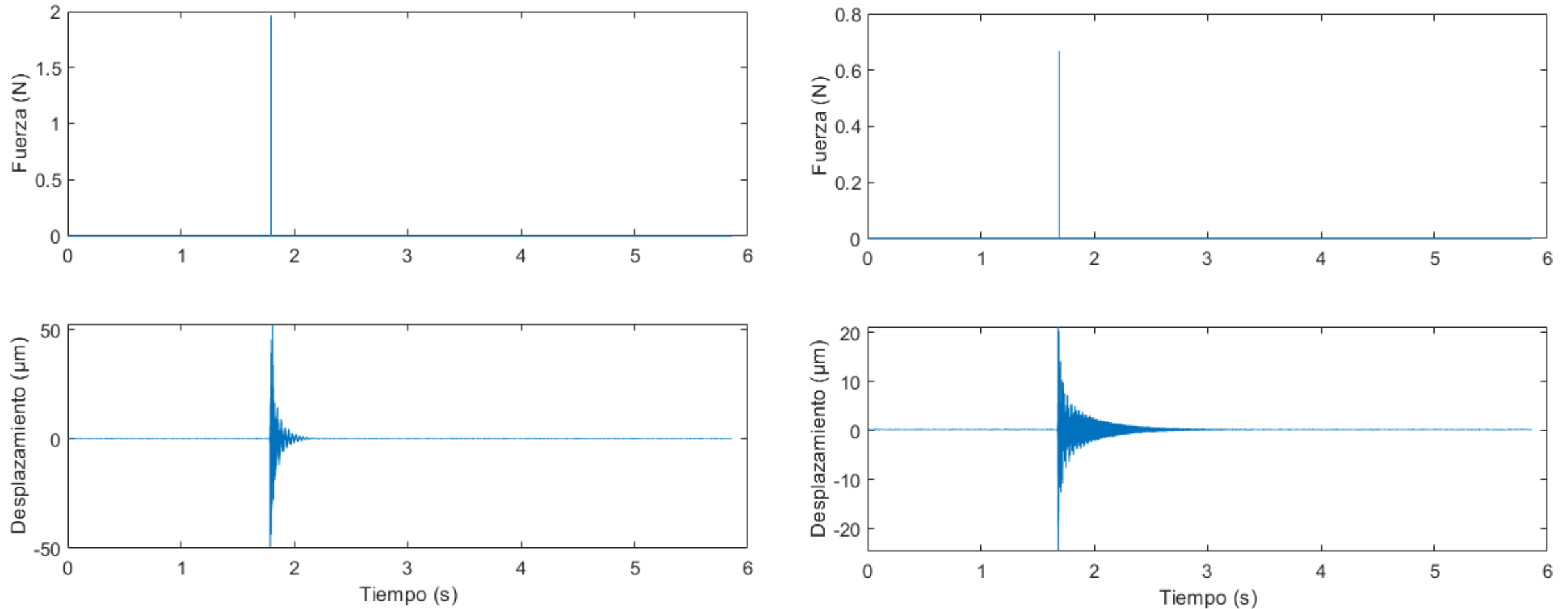
b)



c)

**Fig. 10** a) Pesado de las probetas b) Medición de presión hidrostática mediante la inmersión de la probeta en un fluido de control c) Calcinación de resina

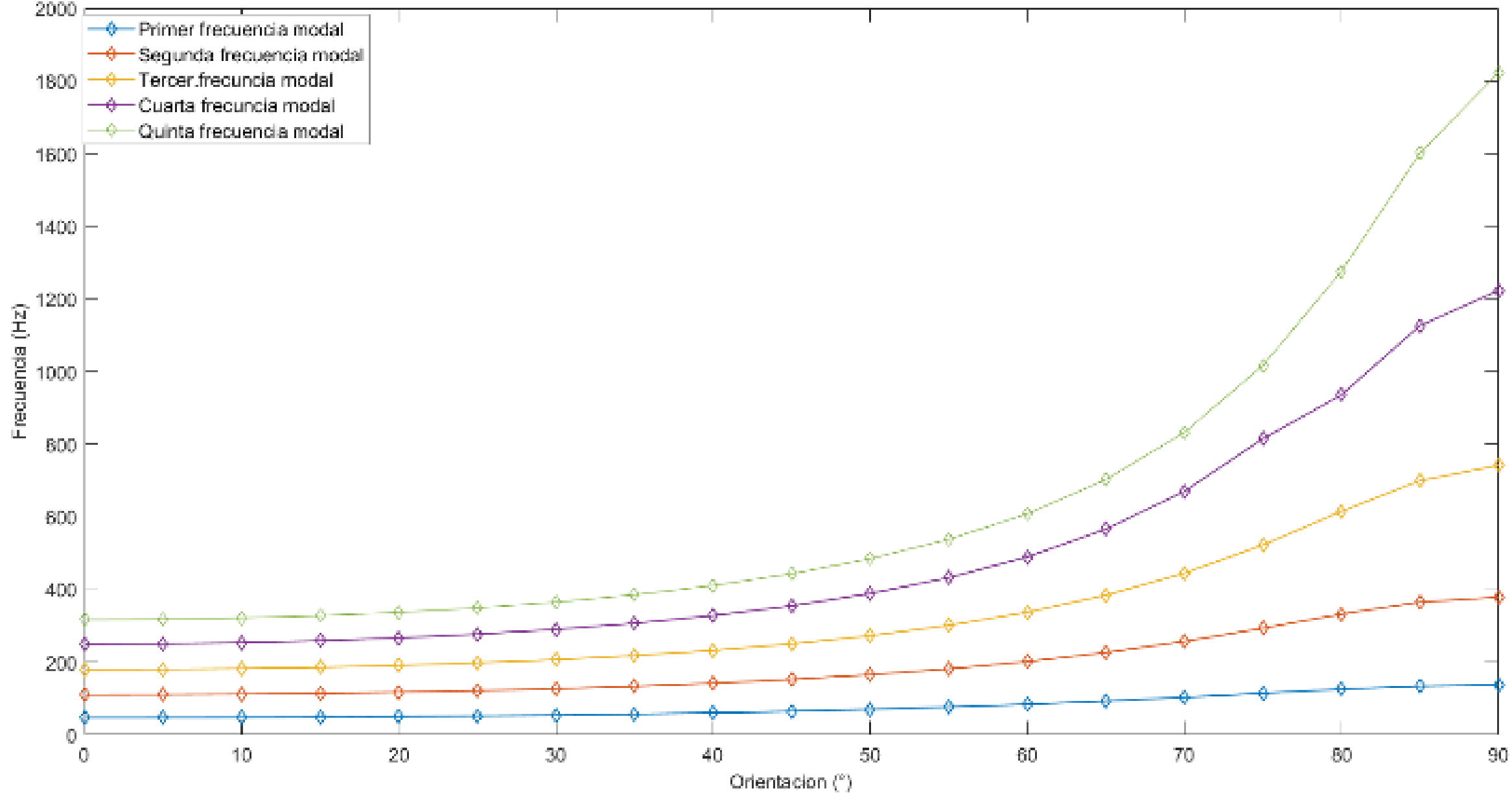
# Resultados



**Fig. 11** Comparación de la respuesta vibratoria en probetas de fibras orientadas a  $45^\circ$  (izquierda) y  $0^\circ$  (derecha).

	Prueba	Primer modo	Segundo modo	Tercer modo	Cuarto modo	Quinto modo
a)	Abaqus	47.65	110.56	180.09	249.3	317.28
	Promedio experimental	48.98	105.4	177.65	249.26	312.99
	Error	2.79	4.67	1.35	0.01	1.35
	Prueba	Primer modo	Segundo modo	Tercer modo	Cuarto modo	Quinto modo
b)	Abaqus	65.28	152.81	250.7	355.13	443.69
	Promedio experimental	65.21	159.19	210.71	335.88	435.46
	Error	0.1	4.18	15.95	5.42	1.86
	Prueba	Primer modo	Segundo modo	Tercer modo	Cuarto modo	Quinto modo
c)	Abaqus	137.65	379.04	741.91	1223.8	1823.02
	Promedio experimental	127.36	341.02	774.11	1130.9	-----
	Error	7.47	10.03	4.34	7.59	-----

Gráficas con los valores en Hertz de las frecuencias modales numéricas y experimentales en probetas a diferentes orientaciones a) 0°, b) 45°, c) 90°



**Fig. 12** Gráfica con la comparación de los valores de las frecuencias naturales respecto a la orientación de las fibras de las probetas

# Conclusiones

- Ya que los resultados experimentales, teóricos y numéricos de las pruebas del material metálico no presentan rangos de error muy elevados. es posible asegurar que la metodología puede ser replicada en materiales compuestos.
- Emplear la función de forma cuadrática para la solución del modelo de elementos finitos del componente de material compuesto es recomendable, ya que proporciona los resultados mas apegados al fenómeno real.
- Se observo que, en las vigas de materiales compuestos unidireccionales, el cambio en la orientación de las fibras impacta directamente en las frecuencias modales de las vigas.
- También se observa que en componentes de aluminio y FRP con las mismas dimensiones, las primeras 5 frecuencias modales son considerablemente cercanas. Esto resulta de interés ya que teóricamente dos elementos idénticos en dimensión tendrían el mismo comportamiento dinámico.

# Referencias

- [1] Soherl Rana, R. F. (2016). Advanced Composite Materials for Aerospace Engineering. ELSEVIER.
- [2] De NJR ZA - Trabajo propio, CC BY-SA 3.0
- [3] G. March., Composites get in deep with new-generation engine, Reinforced plastic, Elsevier Ltd, 50 (11)(2006)
- [4] Rodriguez, F. D. (2008). Lecturas de Ingeniería 5 Materiales y sus propiedades. Cuautitlán Izcali: Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Departamento de Ingeniería, UNAM Cuautitlán.
- [5] PhD., R. D. (1979). Formulas for Natural Frequency and Mode Shape. New York: VAN NOSTRAND REINHOLD COMPANY.
- [6] Budynas, W. C. (2002 ). Roark's Formulas for Stress and Strain. New York: McGraw-Hill.
- [7] J. W. Baldwin and B. K. Gracias, Composite airfoil with woven insert, General Electric Company, Patente,US 07/904,429, No US5279892, 18 Ene 1994
- [8] David King, O. I. (2014). Advanced aerospace materials: past, present and future. Aviation and the environment, 6.



**ECORFAN®**

© ECORFAN-Mexico, S.C.

No part of this document covered by the Federal Copyright Law may be reproduced, transmitted or used in any form or medium, whether graphic, electronic or mechanical, including but not limited to the following: Citations in articles and comments Bibliographical, compilation of radio or electronic journalistic data. For the effects of articles 13, 162,163 fraction I, 164 fraction I, 168, 169,209 fraction III and other relative of the Federal Law of Copyright. Violations: Be forced to prosecute under Mexican copyright law. The use of general descriptive names, registered names, trademarks, in this publication do not imply, uniformly in the absence of a specific statement, that such names are exempt from the relevant protector in laws and regulations of Mexico and therefore free for General use of the international scientific community. BCIERMMI is part of the media of ECORFAN-Mexico, S.C., E: 94-443.F: 008- ([www.ecorfan.org/booklets](http://www.ecorfan.org/booklets))