

Tabla de Contenido

Introducción	1
1. Objetivos	3
1.1. Objetivo General	3
1.2. Objetivos Específicos	3
2. Alcances	4
3. Metodología	5
4. Antecedentes	6
4.1. Colectores de Energía Piezoeléctrico	6
4.2. Modelo Determinista Tradicional	7
4.3. Incertidumbres en las características electromecánicas y geométricas de los colectores de energía piezoeléctricos	8
4.4. Predicción Estocástica Robusta	10
4.5. Técnicas Bayesianas	12
5. Banco de Pruebas	16
5.1. Descripción General	16
5.2. Descripción de Equipos	17
5.2.1. Sistema de adquisición	18
5.2.2. Amplificador	18
5.2.3. Agitador	18
5.2.4. Acelerómetro	18
5.3. Identificación experimental de la FRF	19
6. Caracterización de los CEP	20
6.1. Características de los CEP	20
6.2. Caracterización Geométrica	21
6.3. Caracterización del Amortiguamiento	22
6.4. Función de Respuesta en Frecuencia (FRF) Nominal	23
6.5. Comportamiento no-lineal en los CEPs	24
7. Protocolo de medición	27
7.1. Pruebas Preliminares, PZT modelo A	27
7.2. Pruebas Preliminares, PZT modelo B	29

7.3. Protocolo de Pruebas	31
8. Observación de Incertidumbres	32
8.1. Consistencia de las Mediciones	32
8.2. Incertidumbres Asociadas al Montaje	34
8.3. Incertidumbres Asociadas al Proceso de Manufactura	34
8.4. Análisis de las Observaciones de Incertidumbres	36
9. Propagación de Incertidumbres	39
9.1. Predicción Estocástica Robusta Previa	39
9.2. Predicción Estocástica Robusta Posterior	41
Conclusión	43
Bibliografía	45
Anexos	I
Anexo A	I
Anexo B	II
Anexo C	III
Anexo D	V
Anexo F	X

Índice de Tablas

4.1. Tolerancia de diferentes geometrías de colectores de energía piezoeléctricos	8
5.1. Especificaciones generales del agitador modelo JZK-20	18
5.2. Especificaciones Generales del acelerómetro modelo 333B32 de PCB PIEZOTRONICS	19
6.1. Valores de los parámetros geométricos y electromecánicos proporcionadas por el fabricante SINOCERA de los CEPs, modelos SB401000 y SB601000	21
6.2. Valores medios medidos del largo nominal (L_n), ancho (b) y espesor total ($2h_p + h_s$), en los 20 CEPs del modelo A y los 9 CEPs del modelo B.	21
6.3. Valores medios de los parámetros geométricos y electromecánicos de los CEPs, modelo A y modelo B	23
8.1. Maxima amplitud de la FRF obtenida en las tres pruebas. Valor medio y coeficiente de variación del modelo A y B	38
8.2. Frecuencias natural obtenida en las tres pruebas. Valor medio y coeficiente de variación del modelo A y B	38
9.1. Coeficientes de variación de los parámetros electromecánicos de los CEPs, modelos A y B	40
9.2. Parámetros electromecánicos de los CEPs, actualizado por medio de un ajuste bayasiano	42
A.3. Ancho (b) y espesor total ($2h_p + h_s$) medido de los 20 CEPs del modelo A	I
B.4. Ancho (b) y espesor total ($2h_p + h_s$) medido de los 9 CEPs del modelo B	II

Índice de Ilustraciones

4.1. Esquema de Colector de Energía Piezoeléctrico(a) Unmorph. (b) Bimorph.	7
4.2. Características geométricas de los colectores piezoeléctricos: (a) Unmorph (b) Bimorph.	9
5.1. Esquema del Banco de Pruebas	16
5.2. Diagrama de flujo del banco de pruebas	17
5.3. Banco de Pruebas	17
6.1. Respuesta libre medida del colector PZT-B-3, con su envolvente estimada	22
6.2. Función de Respuesta en Frecuencia (FRF) nominal, (a) modelo A (b) modelo B	24
6.3. Función de Respuesta en Frecuencia medida para diferentes aceleraciones de excitación, de los CEPs (a) modelo A (b) modelo B	24
6.4. Comportamiento no lineal de los CEPs, relación voltaje/aceleración para excitaciones con diferentes frecuencias y aceleraciones. (a) modelo A (b) modelo B	25
7.1. Funciones de Respuesta en Frecuencia del CEP PZT-A-6, excitado por un (a) Ruido Blanco (b) Impulso	28
7.2. Funciones de Respuesta en Frecuencia del CEP PZT-B-5, excitado por un: Ruido Blanco, Impulso, Sweep y Series Armónicas	28
7.3. Funciones de Respuesta en Frecuencia del CEP PZT-B-5, excitado por un (a) Ruido Blanco (b) Impulso	29
7.4. Funciones de Respuesta en Frecuencia del CEP PZT-B-5, excitado por un: Ruido Blanco, Impulso, Sweep y Series Armónicas	30
8.1. Cien mediciones de la Función de Respuesta en Frecuencia y curva promedio de los CEPs (a) PZT-A-05 (b) PZT-B-06	33
8.2. Curva promedio y barras de error de las cien mediciones de la Función de Respuesta en Frecuencia de los CEPs (a) PZT-A-05 (b) PZT-B-06	33
8.3. Cincuenta mediciones de la Función de Respuesta en Frecuencia (desmontando y montado cada 10 mediciones) y curva promedio de los CEPs (a) PZT-A-05 (b) PZT-B-06	34
8.4. Curva promedio y barras de error de las cincuenta mediciones de la Función de Respuesta en Frecuencia (desmontando y montado cada 10 mediciones) de los CEPs (a) PZT-A-05 (b) PZT-B-06	35
8.5. Veinte mediciones de la Función de Respuesta en Frecuencia y curva promedio de los (a) 20 CEPs del modelos A (b) 9 CEPs del modelo B	35
8.6. Curva promedio y barrar de error de los (a) 20 CEPs del modelos A (b) 9 CEPs del modelo B	36

8.7. Coeficientes de variación de la amplitud de la FRF para una frecuencia dada (a) Modelo A (b) Modelo B	37
9.1. Muestreo de 10.000 Funciones de Respuesta en Frecuencia considerando las variabilidades de los parametros del modelo, contrastado con las mediciones experimentales (a) modelo A (b) modelo B	41
9.2. Área de probabilidad del 80 %, valor esperado, FRF nominal y FRFs obtenidas experimentalmente (a) Modelo A (b) Modelo B	41
9.3. Ajuste bayesiano y mediciones experimentales (a) PZT-A-05 (b) PZT-B-06	42
9.4. Ajuste bayesiano, intervalo de probabilidad del 80 % y mediciones experimentales (a) PZT-A-05 (b) PZT-B-06	43
D.1. 20 Mediciones de la FRF (a) PZT-A-01 (b) PZT-A-02 (c) PZT-A-03 (d) PZT-A-04	V
D.2. 20 Mediciones de la FRF (a) PZT-A-05 (b) PZT-A-06 (c) PZT-A-07 (d) PZT-A-08	VI
D.3. 20 Mediciones de la FRF (a) PZT-A-09 (b) PZT-A-10 (c) PZT-A-11 (d) PZT-A-12	VII
D.4. 20 Mediciones de la FRF (a) PZT-A-13 (b) PZT-A-14 (c) PZT-A-15 (d) PZT-A-16	VIII
D.5. 20 Mediciones de la FRF (a) PZT-A-17 (b) PZT-A-18 (c) PZT-A-19 (d) PZT-A-20	IX
E.1. 20 Mediciones de la FRF (a) PZT-B-01 (b) PZT-B-02 (c) PZT-B-03 (d) PZT-B-04 .	X
E.2. 20 Mediciones de la FRF (a) PZT-B-05 (b) PZT-B-06 (c) PZT-B-07 (d) PZT-B-08 .	XI
E.3. 20 Mediciones de la FRF, PZT-B-9	XII