



BIBLIOTECA EDUARDO COTE LAMUS



RESUMEN TESIS DE GRADO

AUTOR (ES):

NOMBRE (S): JOSE ALEJANDRO **APELLIDOS:** CÁRDENAS LINDARTE

FACULTAD: INGENIERIA

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERIA ELECTRÓNICA

DIRECTOR:

NOMBRE (S): FRANCISCO ERNESTO **APELLIDOS:** MORENO GARCIA

TITULO DE LA TESIS: DESARROLLO DE UN SISTEMA DE CONTROL ACTIVO
PARA VIBRACIONES EN UNA ESTRUCTURA TIPO VIGA

RESUMEN:

En éste trabajo se desarrolla un sistema de control activo de vibraciones para una estructura tipo viga en voladizo. El controlador que se implementa es un sistema de control resonante integral, se hace mediante un circuito electrónico analógico basado en amplificadores operacionales y utiliza actuadores piezoeléctricos QP21b. Se describe el proceso de sintonización del controlador y finalmente e incluye los resultados experimentales obtenidos, donde se evidencia un cambio en el tiempo de asentamiento de la viga que pasa de tener una respuesta libre extendida a más de 40 segundos a tener una respuesta controlada inferior a los 10 segundos.

Palabras clave: PZT, control resonante integral, viga voladizo, control activo de vibraciones

CARACTERÍSTICAS:

PAGINAS: 135 **PLANOS:** **ILUSTRACIONES:** **CD-ROM:** 1

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE CONTROL ACTIVO PARA VIBRACIONES EN
UNA ESTRUCTURA TIPO VIGA

JOSE ALEJANDRO CÁRDENAS LINDARTE

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍA
PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERIA ELECTRÓNICA
SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2015

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE CONTROL ACTIVO PARA VIBRACIONES EN
UNA ESTRUCTURA TIPO VIGA

JOSE ALEJANDRO CÁRDENAS LINDARTE

Trabajo de Grado para optar al título de
Ingeniero electrónico

director

FRANCISCO ERNESTO MORENO GARCÍA
IE PhD. Ingeniería Mecánica

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍA
PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERIA ELECTÓNICA
SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2015

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE UN TRABAJO DE GRADO

FECHA: San José de Cúcuta, 03 de Febrero de 2015

HORA: 10:00 a.m.

LUGAR: Sala de Juntas Departamento de Electricidad y Electrónica.

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERÍA ELECTRÓNICA

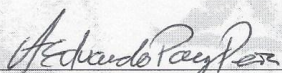
Título de la Tesis: "DESARROLLO DE UN SISTEMA DE CONTROL ACTIVO PARA VIBRACIONES EN UNA ESTRUCTURA TIPO VIGA".

Jurados: IE. ÁNDRES EDUARDO PÁEZ PEÑA
IE. M.Sc. JULIÁN FERREIRA JAIMES

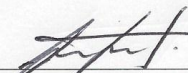
Director: IE. PhD FRANCISCO ERNESTO MORENO GARCÍA

Nombre de los Estudiantes	Código	Calificación
JOSÉ ALEJANDRO CÁRDENAS LINDARTE	1160231	Cuatro, siete 4.7

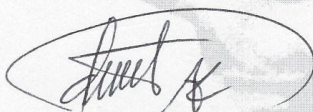
MERITORIA



IE. ÁNDRES EDUARDO PÁEZ PEÑA



IE. M.Sc. JULIÁN FERREIRA JAIMES



Vo.Bo. IE. DINAEL GUEVARA IBARRA, Ph.D.
Coordinador Comité Curricular
Ingeniería Electrónica

DEDICATORIA

A mi padre Alejandro Cárdenas. Esta meta cumplida es fruto de su sacrificio y esfuerzo en su labor de padre.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer de manera especial a:

Ingeniero Francisco Moreno, director del proyecto. Muchas gracias por la confianza brindada y el respaldo en los momentos críticos de este proceso.

Fabian Galvis, gracias por la invaluable ayuda y el aporte de sus conocimientos y todo el apoyo brindado; siempre estuvo en los momentos más oportunos.

Nani, gracias por estar incondicionalmente conmigo. Gracias por soportarme incluso cuando no soy la compañía más grata.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	1
1. PROBLEMA	2
1.1. Introducción	2
1.2. Definición del problema	3
1.3. Justificación	3
1.3.1. Beneficios tecnológicos	4
1.3.2. Beneficios económicos	4
1.3.3. Beneficios sociales	4
1.3.4. Beneficios institucionales	5
1.3.5. Impacto esperado	5
1.4. Objetivos	6
1.4.1. General	6
1.4.2. Específicos	6
2. MARCO REFERENCIAL	7
2.1. Antecedentes	7
2.2. Marco teórico y conceptual	9
2.2.1. Historia del control activo de vibraciones	9
2.2.2. Vibraciones mecánicas	10
2.2.2.1. Características de un sistema vibratorio	11
2.2.3. Clasificación de las vibraciones mecánicas	12
2.2.4. Control de vibraciones	13
3. DISEÑO METODOLÓGICO PRELIMINAR	16
3.1. Alcances	16
3.1.1. Tipo de proyecto	16
3.1.2. Impacto esperado	16
3.2. Limitaciones	17
3.3. Actividades y metodologías	17
4. BANCO PARA EXPERIMENTOS	19
4.1. Estructura de pruebas	19
4.2. Sensores y actuadores	21

4.2.1.	Sensor de aceleración: acelerómetro	21
4.2.2.	Tipos de acelerómetros	23
4.2.2.1.	Acelerómetros mecánicos	24
4.2.2.2.	Acelerómetros piezoeléctricos	24
4.2.2.3.	Acelerómetros piezoresistivos	26
4.2.2.4.	Acelerómetros capacitivos	26
4.2.3.	Criterios de selección del acelerómetro	28
4.2.4.	Filtrado y acondicionamiento de señal para el acelerómetro MMA7361	31
4.2.4.1.	Etapa seguidora	31
4.2.4.2.	Etapa de reducción de offset	32
4.2.4.3.	Etapa de amplificación	33
4.2.4.4.	Etapa de Filtrado	35
4.2.5.	Actuadores piezoeléctricos	42
4.2.5.1.	Actuador piezoeléctrico QP21B	44
5.	SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS	50
5.1.	Microcontroladores PIC18fxx5x y sus características	50
5.2.	Comunicación USB	52
5.2.1.	Arquitectura	52
5.2.2.	Tipos de transferencia de datos	54
5.3.	Comunicación USB con el PIC18f4550	55
5.3.1.	Configuración del hardware	57
5.3.2.	Características del software	63
6.	MODELADO DE LA VIGA	69
6.1.	Modelo estándar de un sistema de segundo orden	69
6.2.	Modelado de una viga con actuadores piezoeléctricos	70
6.2.1.	Controlabilidad modal y modos de vibración	70
6.2.2.	Modelado de la viga para el primer modo de vibración	73
6.2.3.	Obtención del modelo de la viga mediante la herramienta IDENT de MATLAB73	
7.	CONTROLADOR ACTIVO DE VIBRACIONES	88
7.1.	Introducción	88
7.2.	Control Resonante Integral	89
7.2.1.	Condición de estabilidad	93

7.3. Metodología de sintonización del CRI	94
7.4. Sintonización del controlador	96
7.5. Simulación del controlador	97
7.6. Implementación del controlador	101
7.7. Resultados experimentales y comparaciones con los resultados simulados	102
8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	106
Bibliografía	108
ANEXO A	111
ANEXO B	112
ANEXO C	120