



UNIVERSIDAD
DE PIURA

REPOSITORIO INSTITUCIONAL
PIRHUA

MODELACIÓN Y CONTROL DE UN SISTEMA DE SUSPENSIÓN SEMIACTIVA CON AMORTIGUADOR MAGNETORREOLÓGICO

Marcoantonio Alamo-Viera

Piura, junio de 2016

FACULTAD DE INGENIERÍA

Máster en Ingeniería Mecánico-Eléctrica con Mención en Automática y
Optimización

Alamo, M. (2016). *Modelación y control de un sistema de suspensión semiactiva con amortiguador magnetorreológico* (Tesis de Máster en Ingeniería Mecánico-Eléctrica con mención en Automática y Optimización). Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería. Piura, Perú.



Esta obra está bajo una [licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Perú](#)

[Repositorio institucional PIRHUA – Universidad de Piura](#)

Resumen

Este proyecto parte del análisis de la evolución de los modelos matemáticos que se han venido desarrollando referente a la suspensión semiactiva, de los cuales se ha definido el más completo para simular un comportamiento correcto del sistema, lo más cercanamente posible a la realidad.

Sin embargo, es necesario realizar una validación del modelo matemático mediante pruebas experimentales, para lo cual es necesario contar, especialmente, con un banco de pruebas dinámico.

Primero se ha realizado una breve reseña sobre los distintos tipos de sistemas de suspensión que existen, así como los materiales inteligentes que están revolucionando diferentes industrias. Posteriormente, el desarrollo del modelo matemático del sistema de suspensión y la simulación respectiva en la herramienta SIMULINK de MATLAB citando, en todo momento, diversos artículos científicos publicados en revistas de reconocido prestigio para consolidar un estado del arte bien trabajado.

Finalmente, se presentan los prototipos diseñados de amortiguadores semiactivos: uno de tipo MR y el otro de accionamiento electromecánico.



U N I V E R S I D A D D E P I U R A
FACULTAD DE INGENIERÍA



**“Modelación y control de un sistema de suspensión semiactiva con
amortiguador magnetorreológico”**

Tesis para optar el Grado de
Máster en Ingeniería Mecánico-Eléctrica con mención en Automática y Optimización.

MARCOANTONIO VÍCTOR ALAMO VIERA.

Asesor: Dr. Ing. Miguel Buenaventura Castro Sánchez.

Piura, Junio 2016

Índice general

Prólogo	vi
Resumen	viii
Índice general	x
Índice de figuras	xiii
Índice de tablas	xiii
Introducción.....	1
Capítulo 1	3
1 Los Sistemas de Suspensión: Fundamentos Teóricos	3
1.1 El sistema de suspensión: aspectos generales.....	3
1.2 El cuerpo humano ante las vibraciones: percepción y tolerancia	7
1.3 Historia y evolución de los sistemas de suspensión	9
1.4 Elementos de un sistema de suspensión	13
1.4.1 Elementos elásticos	13
1.4.1.1 Resortes de ballesta	13
1.4.1.2 Barras de torsión	14
1.4.1.3 Resortes helicoidales	16
1.4.1.4 Resortes elastoméricos	17
1.4.2 Barras estabilizadoras	17
1.5 Clasificación de los sistemas de suspensión	18
1.5.1 Según la geometría	18
1.5.1.1 Suspensión rígida	19
1.5.1.2 Suspensión semirrígida	20
1.5.1.3 Suspensión independiente	21
1.5.2 Según el sistema de control	26
1.5.2.1 El sistema de suspensión pasiva.....	26
1.5.2.2 El sistema de suspensión activa	27
1.5.2.3 El sistema de suspensión semiactiva.....	28

1.5.3	Otros tipos de suspensión	29
1.5.3.1	El sistema de suspensión hidroneumática	30
1.5.3.1	El sistema de suspensión neumática	32
Capítulo 2	.....	33
2	La Reología aplicada a tipos de fluidos y dispositivos.....	33
2.1	La reología	33
2.1.1	Propiedades reológicas	33
2.1.2	Aplicaciones posibles de la Reología	35
2.2	Materiales inteligentes	35
2.2.1	Materiales con memoria de forma	36
2.2.2	Materiales piezoeléctricos y electrostrictivos	37
2.2.3	Materiales foto y cromoaactivos	37
2.3	Fluidos Reológicos	37
2.3.1	Fluido MR	39
2.4	Dispositivos MR	43
2.4.1	Fluido MR	50
Capítulo 3	.....	53
3	Modelación Matemática	53
3.1	Modelo de un cuarto de vehículo.....	53
3.1.1	Representación del modelo mediante la función de transferencia	55
3.1.2	Representación del modelo mediante ecuaciones de estado	56
3.2	Modelos matemáticos de un amortiguador MR.....	57
3.2.1	Revisión de modelos.....	57
3.2.1.1	Modelo de un sistema semiactivo con amortiguador MR.....	60
Capítulo 4	.....	65
4	Simulación del modelo matemático y estrategias de control	65
4.1	Simulación del modelo de un cuarto de vehículo	65
4.2	Simulación del modelo de Spencer.....	74
4.2.1	Construcción del diagrama de bloques.....	74
4.2.2	Diagrama de bloques del sistema global	77
4.2.3	Parámetros de simulación.....	80
4.3	Resultados	80
4.3.1	Variables del entrada del modelo	80
4.3.2	Análisis de resultados	81
4.4	Simulación de una Suspensión Semiactiva.....	85
4.5	Estrategias de control más conocidas	86
4.5.1	Estrategias de control convencional	86

4.5.1.1	El control PID	86
4.5.1.2	El control óptimo.....	86
4.5.1.3	El control robusto.....	86
4.5.1.4	El control adaptativo	86
4.5.2	Estrategias de control inteligente.....	87
4.6	Estrategias de control implementadas en la simulación	87
4.6.1	Control <i>Skyhook</i>	87
4.6.2	Control <i>Groundhook</i>	92
4.6.3	Control Híbrido	96
Capítulo 5	.....	102
5	Resultados experimentales y trabajos futuros	102
5.1	Preparación de componentes para experimentación	102
5.2	Instalación de equipos.....	107
5.3	Pruebas realizadas.....	111
5.4	Trabajos futuros	115
Conclusiones	.....	118
Bibliografía	.....	120
Anexo 1	.....	126
Anexo 2	.....	128
Anexo 3	.....	132