



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
DIVISIÓN BIBLIOTECA EDUARDO COTE LAMUS



RESUMEN TRABAJO DE GRADO

AUTOR(ES): NOMBRES Y APELLIDOS COMPLETOS

NOMBRE(S): Juan José APELLIDOS: Quiroz Omaña

NOMBRE(S): Deyanira APELLIDOS: Bautista Arias

NOMBRE(S): _____ APELLIDOS: _____

FACULTAD: Facultad de Ingeniería

PLAN DE ESTUDIOS: Ingeniería Electrónica

DIRECTOR:

NOMBRE(S): José Armando APELLIDOS: Becerra Vargas

NOMBRE(S): _____ APELLIDOS: _____

TÍTULO DEL TRABAJO (TESIS): DISEÑO DE UN CONTROL DE VELOCIDAD
CON SISTEMA DIFERENCIAL DE DOS MOTORES ELÉCTRICOS DC PARA SU
APLICACIÓN EN EL VEHICULO LIZARD

RESUMEN

En este proyecto se presenta el diseño, construcción e implementación de un control de velocidad para dos motores Brushless DC, el cuál incorpora un sistema diferencial electrónico para su aplicación en el vehículo eléctrico Lizard. Aunque el objetivo principal de este trabajo es el diseño del control de velocidad, se presenta de igual forma el diseño de los controladores de potencia, desarrollados específicamente con la capacidad necesaria para manejar cada uno de los motores empleados en este proyecto sin carga.

PALABRAS

CLAVE: Motor CD sin escobillas, Control Trapezoidal, Parámetros de Modelamiento, Identificación de modelo

CARACTERÍSTICAS:

PÁGINAS: 122 PLANOS: 3 ILUSTRACIONES: 71 CD ROOM: 1

**DISEÑO DE UN CONTROL DE VELOCIDAD CON SISTEMA DIFERENCIAL DE
DOS MOTORES ELÉCTRICOS DC PARA SU APLICACIÓN EN EL VEHICULO
LIZARD**

**DEYANIRA BAUTISTA ARIAS
JUAN JOSÉ QUIROZ OMAÑA**

**UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
SAN JOSÉ DE CÚCUTA
2014**

**DISEÑO DE UN CONTROL DE VELOCIDAD CON SISTEMA DIFERENCIAL DE
DOS MOTORES ELÉCTRICOS DC PARA SU APLICACIÓN EN EL VEHICULO
LIZARD**

**DEYANIRA BAUTISTA ARIAS
CÓDIGO: 1160020
JUAN JOSÉ QUIROZ OMAÑA
CÓDIGO: 1160150**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar el título de
Ingeniero Electrónico**

**Director:
MSc. José Armando Becerra Vargas
Magister en Controles Industriales**

**UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
SAN JOSÉ DE CÚCUTA
2014**

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE UN TRABAJO DE GRADO

FECHA: San José de Cúcuta, Junio 20 de 2014

HORA: 03:00 P.M.

LUGAR: AUDITORIO 1 -CREAD

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERÍA ELECTRÓNICA

Título de la Tesis: "DISEÑO DE UN CONTROL DE VELOCIDAD CON SISTEMA DIFERENCIAL DE DOS MOTORES ELÉCTRICOS DC PARA SU APLICACIÓN EN EL VEHÍCULO LIZARD".

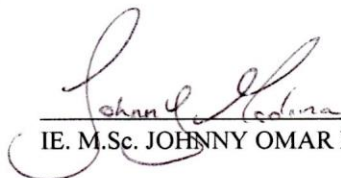
Jurados: IE. M.Sc. JULIÁN FERREIRA JAIMES
IE. M.Sc. JOHNNY OMAR MEDINA DURAN

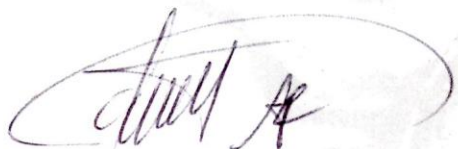
Director: IE. M.Sc. JOSÉ ARMANDO BECERRA VARGAS

Nombre de los Estudiantes	Código	Calificación	
		Letra	Número
DEYANIRA BAUTISTA ARIAS	1160020	Cuatro, siete	4.7
JUAN JOSÉ QUIROZ OMAÑA	1160150	Cuatro, siete	4.7

MERITORIA


IE. M.Sc. JULIAN FERREIRA JAIMES


IE. M.Sc. JOHNNY OMAR MEDINA DURAN


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

A mi madre, que con su amor y paciencia me alentó a seguir adelante y vencer todos los obstáculos que se me han presentado en esta vida.

A mi padre, siempre presente, fuente de sabios consejos que me acompañan e inspiran en momentos difíciles.

A mi hermana, por su cariño incondicional y apoyo constante.

A mi Dios, que con su infinita sabiduría, me guía en todos y cada uno de los pasos que recorro en esta existencia.

Deyanira Bautista Arias

A mis padres, José y Magali quienes me brindaron todo su apoyo incondicional en todos los aspectos de la vida, quienes creyeron en mí y me impulsaron siempre hacia adelante, superando todas las adversidades, a ellos, les debo todo.

A mi tío Luis, el mejor mecánico del mundo, quien me apoyó como siempre lo ha hecho toda su vida, brindándome su apoyo y asistencia con el “chevettico” y el proyecto.

A mi tía Felisa, quien con sus miradas y regaños me decía lo que necesitaba oír.

A mis hermanas Paula y Camila por sus bocadillos y cenas que me dieron fuerzas para continuar.

A mis amigos Juan Camilo y Jaime Arturo, quienes perdieron sus programadores en mis experimentos, pero siguieron prestándome más dispositivos e instrumentos

Juan José Quiroz Omaña

AGRADECIMIENTOS

Al Msc. Armando Becerra por su colaboración, motivación y compromiso durante el desarrollo del proyecto.

Al Ing. Hernando Gómez por su asistencia y colaboración que resultó fundamental en el transcurso del proyecto.

Al Doctor Francisco Moreno por su ayuda y colaboración en la producción científica.

Al servicio Nacional de Aprendizaje SENA por permitirme compartir con sus Instructores, aprendices y equipos.

CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN.....	13
INTRODUCCIÓN.....	14
1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	15
1.1 TITULO.....	15
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
2. JUSTIFICACIÓN	17
2.1 Beneficios Sociales	18
2.2 Beneficios Tecnológicos.....	18
2.3 Beneficios Económicos.....	19
2.4 Beneficios Empresariales.....	19
3. OBJETIVOS.....	20
3.1 Objetivo General.....	20
3.2 Objetivos Específicos.....	20
4. REFERENTES TEÓRICOS.....	21
4.1 ANTECEDENTES.....	21
5. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL.....	24
5.1 LIZARD.....	24
5.2 MOTORES ELÉCTRICOS	25
5.2.1 Brushless DC	27
5.2.2 Sensores de posición de efecto Hall	32
5.2.3 Funcionamiento motor Brushless.....	34
5.2.4 Control de motores Brushless	34
5.3 MECANISMO DIFERENCIAL.....	37
5.4 BATERÍAS	38
5.4.1 Baterías Ion Litio.....	39
5.5 CONVERTIDOR DE POTENCIA	40
5.5.1 Puente inversor.....	41
5.5.2 Mosfet de potencia.....	49

5.5.3 Circuito manejador de compuerta para Mosfet.....	51
5.6 OPTOACOPADORES	52
5.7 TECNOLOGÍA PWM	53
5.7.1 Modulación de ancho de pulso.....	54
5.7.2 PWM en inversores trifásicos	57
5.8 SISTEMAS DE CONTROL AUTOMÁTICO	59
5.8.1 CONTROLADOR.....	59
5.9 CONTROLADOR DIGITAL DE SEÑALES DSPIC	60
5.10 ARDUINO	61
5.10.1 Arduino DUE	62
6. MARCO LEGAL	64
6.1 REGLAMENTO DEL PROYECTO:.....	64
7. DISEÑO METODOLÓGICO PRELIMINAR	65
7.1 TIPO DE PROYECTO.....	65
7.2 DELIMITACIONES	65
7.3 ACTIVIDADES Y METODOLOGÍAS	65
8. DESARROLLO DEL PROYECTO.....	68
8.1 DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE VELOCIDAD EN LAZO ABIERTO PARA UN MOTOR BRUSHLESS DC MODELO PW16D.....	70
8.1.1 Secuencia de activación de los devanados en función de las entradas de los sensores de efecto hall.....	70
8.1.2 Diseño del puente inversor	72
8.1.3 Aislamiento de las señales.....	78
8.1.4 Generación de las señales de control.....	79
8.1.5 Protección en la interfaz de potencia	81
8.2 IDENTIFICACIÓN DE PARÁMETROS DE MODELAMIENTO DEL MOTOR BLDC CON MATLAB Y SIMULINK	85
8.2.1 Modelo Matemático del motor Brushless.....	85
8.2.2 Sensor de Velocidad	89
8.2.3 Adquisición de datos.....	90
8.2.4 Modelamiento del motor Brushless	92
8.3 SINTONIZACIÓN PID	94
8.4 DIFERENCIAL ELECTRÓNICO.....	97

9. EVALUACIÓN DE COSTOS.....	101
9.1 PRESUPUESTO GLOBAL.....	101
9.1.1 Gastos de Personal.....	102
9.1.2 Descripción de Equipos.....	102
9.1.3 Descripción de Materiales.....	103
10. RESULTADOS.....	106
10.1 Señales de disparo para los MosFET.....	106
10.2 CALIBRACIÓN DEL SENSOR DE VELOCIDAD.....	107
10.3 MODELAMIENTO MOTOR BRUSHLESS.....	108
10.3.1 Estimación de Parámetros por dos métodos de optimización de ajuste de curvas.....	108
10.3.2 Función de transferencia Caja Negra.....	109
10.4 SINTONIZACIÓN PID.....	111
10.4.1 Pruebas y resultados de simulación.....	111
10.4.2 Pruebas y resultados de implementación.....	113
10.5 DIFERENCIAL ELECTRÓNICO.....	116
11. CONCLUSIONES.....	118
12. BIBLIOGRAFÍA.....	119