



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
BIBLIOTECA EDUARDO COTE LAMUS



RESUMEN TESIS DE GRADO

AUTOR (ES):

NOMBRE (S): CARLOS ANDRÉS

APELLIDOS: RENDÓN ECHEVERRI

NOMBRE (S): MABEL LORENA

APELLIDOS: OCHOA CONTRERAS

FACULTAD: INGENIERÍA

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

DIRECTOR:

NOMBRE (S): JOSÉ ARMANDO

APELLIDOS: BECERRA VARGAS

TITULO DE LA TESIS: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DIDÁCTICO PARA DETECCIÓN Y ANALISIS DE FALLAS, POR UNA VIBRACIÓN, EN MOTORES ELÉCTRICOS, PARA LOS LABORATORIOS DE ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA DE LA UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER DE LA CIUDAD DE CÚCUTA, NORTE DE SANTANDER.

RESUMEN:

El presente trabajo de diseño e implementación se fundamenta en conceptos y aplicaciones prácticas relacionadas con las máquinas eléctricas rotativas, así como lo es el diseño del bobinado de un motor eléctrico aplicado junto con las recomendaciones prácticas establecidas en determinados documentos para el rebobinado de motores eléctricos según las necesidades presentadas; además, se basa principalmente en la detección de vibraciones anormales en máquinas eléctricas rotativas, para lo cual se resaltan cuáles son los tipos de vibraciones, así como la medición y análisis de estas vibraciones para brindar una base teórica a partir de la cual se pueda diseñar un sistema para el estudio de las variables utilizadas en el análisis de vibraciones en motores eléctricos con el fin de detectar posibles fallas, implementando dicho sistema de análisis en un banco de pruebas elaborado en el grupo de investigación en automatización y control (GIAC) para el laboratorio de Electricidad y Electrónica de la Universidad Francisco de Paula Santander.

Palabras clave: Adquisición de datos, análisis espectral, fallas, motor eléctrico, vibraciones.

CARACTERÍSTICAS:

PAGINAS: 173

PLANOS:

ILUSTRACIONES: 122

CD-ROM: 1

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DIDÁCTICO PARA DETECCIÓN
Y ANALISIS DE FALLAS, POR UNA VIBRACIÓN, EN MOTORES ELÉCTRICOS,
PARA LOS LABORATORIOS DE ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA DE LA
UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER DE LA CIUDAD DE
CÚCUTA, NORTE DE SANTANDER

CARLOS ANDRÉS RENDÓN ECHEVERRI
MABEL LORENA OCHOA CONTRERAS

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍA
PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA
SAN JOSÉ DE CÚCUTA
2014

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DIDÁCTICO PARA DETECCIÓN
Y ANALISIS DE FALLAS, POR UNA VIBRACIÓN, EN MOTORES ELÉCTRICOS,
PARA LOS LABORATORIOS DE ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA DE LA
UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER DE LA CIUDAD DE
CÚCUTA, NORTE DE SANTANDER

CARLOS ANDRÉS RENDÓN ECHEVERRI
MABEL LORENA OCHOA CONTRERAS

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de
Ingeniero Electromecánico

Director
JOSÉ ARMANDO BECERRA VARGAS
Magíster en Controles Industriales

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍA
PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA
SAN JOSÉ DE CÚCUTA
2014



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

ACTA DE SUSTENTACION DE UN TRABAJO DE GRADO

FECHA: 22 DE JULIO DE 2014

HORA: 03:00 PM

LUGAR: SALA DE JUNTAS DPTO DE ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

TITULO DE LA TESIS: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DIDÁCTICO PARA DETECCIÓN Y ANÁLISIS DE FALLAS, POR UNA VIBRACIÓN, EN MOTORES ELÉCTRICOS, PARA LOS LABORATORIOS DE ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA DE LA UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER, DE LA CIUDAD DE CÚCUTA, NORTE DE SANTANDER.

JURADOS: IE. YESENIA RESTREPO CHAUSTRE
IE. Msc. JOHNNY OMAR MEDINA

DIRECTOR: IE. Msc. JOSE ARMANDO BECERRA VARGAS

NOMBRE DE LOS ESTUDIANTES:	CODIGO	CALIFICACION	
		NUMERO	LETRA
CARLOS ANDRÉS RENDON ECHEVERRI	1090167	5.0	CINCO, CERO
MABEL LORENA OCHOA CONTRERAS	1090245	5.0	CINCO, CERO

LAUREADA

FIRMA DE LOS JURADOS:

Yesenia Restrepo Ch. Johnny Omar Medina
IE. YESENIA RESTREPO CHAUSTRE IE. MSc. JOHNNY OMAR MEDINA

Vo. Bo. Francisco Ernesto Moreno G.
IE. Ph.D. FRANCISCO ERNESTO MORENO G.
Coordinador Comité Curricular

Jessica l.



A mi madre Doris Echeverri Pineda, por su amor, comprensión, confianza y apoyo. Porque es, ha sido y será mi motivo de inspiración y fortaleza. Gracias a sus palabras, a sus consejos, se esclareció el camino hacia la meta, hacia este logro que es tan suyo como mío. A mis hermanos Mariana Niño Echeverri y Nicolas Niño Echeverri, que llenaron de alegría y felicidad mi vida. A mi padre putativo Aristóbulo Niño Prada, quien me acogió como su hijo y me enseñó con su ejemplo, que la familia siempre esta primero.

A toda mi familia, en especial a mis abuelos Teresa Pineda y Fidel Echeverri, símbolo del amor más noble y de fortaleza para la unión familiar; a mi tía Luz Echeverri que me trato como su propio hijo, por su apoyo incondicional, porque fue la gestora de este sueño, sin ella esto nunca hubiera sido posible; a mi tía Sandra Echeverri, y a mis primas Wanda Vélez y Esmeralda Echeverri, que con sus palabras, consejos y actos, influyeron y dieron forma en gran parte a mi personalidad, enseñándome el valor de la humildad, el trabajo duro, la responsabilidad, alegría y objetividad ante todo.

A mis amigos y compañeros, en especial Álvaro, Fabián, Jonathan, Oscar y Silvia; con los cuales compartí éxitos y tropiezos durante este proceso. A mi compañera de trabajo de grado Mabel Lorena, por su apoyo y colaboración, lo conseguimos!!

Carlos Andrés Rendón Echeverri

Son muchas las personas a las que me gustaría dedicar este trabajo y agradecer su amistad, apoyo y compañía en las diferentes etapas de mi vida. Dedico este proyecto a Dios por ser quien ha estado a mi lado en todo momento, a mis queridos padres Hermes y Doris por sus esfuerzos, sus consejos y su apoyo incondicional, mis tíos Oscar y Mireya por su cariño y apoyo como si fuera su hija. Y a C.P por todo su cariño, comprensión, compañía y espera. Y a mi sobrino Juancho por su cariño sin compromisos. En primer lugar le agradezco a Dios y a la virgen, por todas las bendiciones recibidas y por permitirme culminar este gran logro, a mi familia (padres, hermano, tíos, abuela) por su apoyo incondicional y su gran cariño, que sin ellos no habría alcanzado este logro; a todos mis maestros porque gracias a los conocimientos adquiridos de ellos, tengo grandes bases para mi vida profesional; a mis compañeros por compartir tantos momentos llenos de alegrías y angustias, pero grandes recuerdos inolvidables; a Mariana por su incondicionalidad, cariño y por acompañarme y darme ánimos cuando parecía que no había salida; a don Jesús y doña Luz Marina por abrirme las puertas de su casa y acogerme como un miembro más de su familia, por su cariño y comprensión; a mi compañero Carlos (el paisa) por su esmero y profundo nivel de compromiso para con el proyecto.

Mabel Lorena Ochoa Contreras

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento a:

Al ingeniero José Armando Becerra Vargas, gran profesional, educador y amigo; por su invaluable colaboración y asesoría como director de trabajo de grado, porque fue la persona a la cual consideramos como principal participe de nuestra formación como profesionales.

Al ingeniero Jhonny Medina y la ingeniera Yesenia Restrepo, jurados de este trabajo de grado, que con los aportes dados, siempre nos dieron ideas para mejorar el proyecto.

A nuestros compañeros e ingenieros Oscar Ramírez y Silvia Navarro, por su trabajo de investigación, el cual hizo posible la concepción del objetivo general para el desarrollo de este proyecto.

A nuestros compañeros Fernando Contreras y Edwin Cárdenas, quienes nos brindaron asesoría técnica fundamental para el desarrollo del proyecto

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	20
1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	22
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	22
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	22
1.3 JUSTIFICACIÓN	23
1.3.1 Beneficios sociales	23
1.3.2 Beneficios tecnológicos	23
1.3.3 Beneficios económicos	24
1.4 OBJETIVOS	24
1.4.1 Objetivo general	24
1.4.2 Objetivos específicos	24
1.5 DELIMITACIÓN	24
1.5.1 Delimitación geográfica	25
1.5.2 Delimitación temporal	25
1.5.3 Delimitación conceptual	25
2. REFERENTES TEÓRICOS	26
2.1 ANTECEDENTES	26
2.2 MARCO TEÓRICO	29
2.2.1 Motor eléctrico	29
2.2.1.1 Partes del motor	31

2.2.1.2	Tipos de motores eléctricos	32
2.2.1.3	Conceptos básicos de máquinas eléctricas	34
2.2.1.4	Motor de inducción trifásico	40
2.2.2	Vibraciones en motores eléctricos	43
2.2.2.1	Identificación de causas de vibraciones	45
2.2.3	Medición de vibraciones en motores eléctricos	56
2.2.3.1	Medición de vibraciones	56
2.2.3.2	Procedimiento para la medición de vibraciones	62
2.2.3.3	Adquisición de datos de vibraciones	64
2.2.4	Análisis de vibraciones en motores eléctricos	66
2.2.4.1	Técnicas de análisis de vibraciones	66
2.2.4.2	Patrones y análisis espectral de vibraciones	71
2.2.5	Instrumentación virtual	83
2.2.5.1	Entorno industrial	83
2.2.5.2	Entorno de laboratorio	84
2.2.5.3	Componentes de un sistema basado en instrumentación virtual	85
2.2.5.4	Programación gráfica	89
3.	MARCO LEGAL	91
3.1	ISO 2372	91
3.1.1	Alcance	91
3.1.2	Clasificación de las máquinas	91
3.1.3	Evaluación de la severidad vibratoria	93
3.1.4	Calidad de la vibración	93

3.2 ISO 3945	93
3.3 ISO 10816	94
3.4 ISO 7919	94
3.5 ISO 2373	95
4. METODOLOGÍA	96
4.1 TIPO DE PROYECTO	96
4.2 ACTIVIDADES Y METODOLOGÍAS	96
4.3 METAS Y RESULTADOS ESPERADOS	98
5. ASPECTOS TÉCNICOS	100
5.1 HERRAMIENTAS UTILIZADAS	100
5.1.1 Acelerómetro	100
5.1.2 Tarjeta DAQ NI USB-6009	104
5.1.3 NI LabVIEW	106
5.1.3.1 NI Sound and Vibration Assistant	107
6. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN	108
6.1 MOTOR ELÉCTRICO	108
6.1.1 Diseño del rebobinado del motor eléctrico	110
6.1.2 Implementación del rebobinado del motor eléctrico	116
6.1.3 Ensamble del motor	123
6.2 ACELERÓMETRO MMA7361	125
6.3 TARJETA DAQ NI USB-6009	127
6.4 PROGRAMACIÓN DEL SISTEMA DE ANÁLISIS DE VIBRACIONES	132

6.4.1	importación de señales	132
6.4.2	Análisis temporal	133
6.4.2.1	Ajuste de datos de la señal de entrada	133
6.4.2.2	Obtención de la señal de velocidad	134
6.4.2.3	Obtención de la señal de desplazamiento	136
6.4.2.4	Parámetros del análisis temporal de las señales	136
6.4.2.5	Creación subVI para análisis temporal	138
6.4.3	Análisis espectral	138
6.4.4	Informes	142
6.5	INTERFAZ DE USUARIO	143
6.5.1	Inicio	144
6.5.2	Análisis temporal	144
6.5.2.1	Análisis temporal por ejes	145
6.5.2.2	Análisis temporal comparado	151
6.5.2.3	Datos del análisis temporal	152
6.5.3	Análisis espectral	152
6.5.3.1	Análisis espectral por ejes	152
6.5.3.2	Análisis espectral comparado	153
6.5.3.3	Datos del análisis Espectral	154
6.5.4	Informe de análisis	155
6.6	BANCO DE PRUEBAS	157
7.	PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO	160
7.1	UBICACIÓN DE LOS ELEMENTOS DE MEDICIÓN	160

7.2 IDENTIFICACIÓN DEL SENTIDO DE LA MEDICIÓN	161
7.3 REALIZACIÓN DE PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO	162
8. CONCLUSIONES	167
9. RECOMENDACIONES	169
BIBLIOGRAFÍA	170
ANEXOS	173