



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
BIBLIOTECA EDUARDO COTE LAMUS



RESUMEN TRABAJO DE GRADO

AUTOR(ES):

NOMBRE(S): ALVARO JOSE **APELLIDOS:** RUIZ JIMENEZ
NOMBRE(S): GABRIEL ENRIQUE **APELLIDOS:** RIOS RAMOS

FACULTAD: INGENIERIAS

PROGRAMA ACADÉMICO: INGENIERIA ELECTROMECHANICA

DIRECTOR(S):

NOMBRE(S): GLORIA ESMERALDA **APELLIDOS:** SANDOVAL MARTINEZ
NOMBRE(S): RUBEN DARIO **APELLIDOS:** PORRAS

TÍTULO DEL TRABAJO (TESIS): ANÁLISIS, SELECCIÓN Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA PARA MINIMIZAR LOS NIVELES DE ARMÓNICOS PRODUCIDOS POR LA CONMUTACIÓN DE UN VARIADOR DE FRECUENCIA SOBRE LA CALIDAD DE LA ENERGÍA DE LA LÍNEA DE ALIMENTACIÓN EN LA MINA LA ARGELIA UBICADA EN EL MUNICIPIO DE SAN CAYETANO, NORTE DE SANTANDER.

RESUMEN

Este documento propone el análisis, selección y simulación de un sistema que tiene como finalidad, reducir los niveles de armónicos producidos por el accionamiento de un variador de velocidad sobre la calidad de la energía de la línea de alimentación en la Mina La Argelia, el proyecto se llevó a cabo con el fin de cumplir con la normativa establecida por CENTRALES ELECTRICAS DEL NORTE DE SANTANDER S.A. E.S.P., entidad prestadora del servicio de energía eléctrica en la región y que en su Contrato de Prestación de Servicios con Condiciones Uniformes, en su versión actualizada al 14 de Febrero de 2013, la cual establece la suspensión, terminación o corte del servicio cuando los equipos instalados en una acometida puedan generar daños a la red.

Para el desarrollo de este proyecto se realizaron una serie de mediciones de parámetros eléctricos y de niveles de distorsión armónica en la entrada del variador de velocidad. Posteriormente se modela el sistema de potencia con la carga no lineal y sus componentes armónicas con el fin de obtener un prototipo acorde a la realidad presentada. Para llevar a cabo el modelamiento se emplea la herramienta computacional Electrical Engineering Software Power System Analysis (ETAP) y se realizan las simulaciones de flujo de carga armónico y a partir de estos resultados se selecciona una estrategia de compensación que reduzca considerablemente la contaminación armónica enviada a la red de distribución.

PALABRAS CLAVES: distorsión armónica, variador de velocidad, resonancia serie, carga no lineal, filtro.

CARACTERÍSTICAS

No. De Páginas: 142 **PLANOS:** 1 **ILUSTRACIONES:**

ANÁLISIS, SELECCIÓN Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA PARA MINIMIZAR LOS NIVELES DE ARMÓNICOS PRODUCIDOS POR LA CONMUTACIÓN DE UN VARIADOR DE FRECUENCIA SOBRE LA CALIDAD DE LA ENERGÍA DE LA LÍNEA DE ALIMENTACIÓN EN LA MINA LA ARGELIA UBICADA EN EL MUNICIPIO DE SAN CAYETANO, NORTE DE SANTANDER.

ÁLVARO JOSÉ RUIZ JIMENEZ

GABRIEL ENRIQUE RIOS RAMOS.

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERÍA

PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2015

ANÁLISIS, SELECCIÓN Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA PARA MINIMIZAR LOS NIVELES DE ARMÓNICOS PRODUCIDOS POR LA CONMUTACIÓN DE UN VARIADOR DE FRECUENCIA SOBRE LA CALIDAD DE LA ENERGÍA DE LA LÍNEA DE ALIMENTACIÓN EN LA MINA LA ARGELIA UBICADA EN EL MUNICIPIO DE SAN CAYETANO, NORTE DE SANTANDER.

ÁLVARO JOSÉ RUIZ JIMENEZ

GABRIEL ENRIQUE RIOS RAMOS.

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

Director

Esp. I.EM GLORIA ESMERALDA SANDOVAL MARTINEZ

Codirector

I.E. RUBEN DARIO PORRAS

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERÍA

PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2015



ACTA DE SUSTENTACIÓN TRABAJO DE GRADO
MODALIDAD TRABAJO DIRIGIDO

FECHA: VIERNES 30 DE OCTUBRE DE 2015

HORA: 03:00 P.M

LUGAR: SALA DE JUNTAS DEPARTAMENTO DE ELECTRICIDAD Y
ELECTRÓNICA

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERIA ELECTROMECAÁNICA

TITULO DEL TRABAJO DE GRADO: "ANÁLISIS, SELECCIÓN Y SIMULACIÓN
DE UN SISTEMA PARA MINIMIZAR LOS NIVELES DE ARMÓNICOS
PRODUCIDOS POR LA CONMUTACIÓN DE UN VARIADOR DE FRECUENCIA
SOBRE LA CALIDAD DE LA ENERGÍA DE LA LÍNEA DE ALIMENTACIÓN EN LA
MINA ARGELIA UBICADA EN EL MUNICIPIO DE SAN CAYETANO, NORTE DE
SANTANDER".

JURADOS: M.Sc. GERMÁN GALLEGO RODRÍGUEZ
M.Sc. JOSÉ ARMANDO BECERRA VARGAS

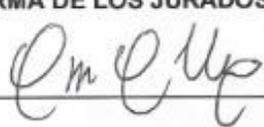
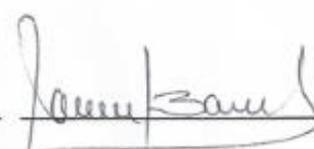
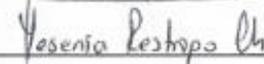
DIRECTOR: Esp. GLORIA ESMERALDA SANDOVAL

NOMBRE DEL ESTUDIANTE	CÓDIGO	CALIFICACIÓN
ÁLVARO JOSÉ RUÍZ JIMÉNEZ	1090491	4.0
GABRIEL ENRIQUE RIOS RAMOS	1090380	4.0

OBSERVACIONES:

APROBADA

FIRMA DE LOS JURADOS:



VoBo. Coordinador Comité Curricular 

Claudia M.



Dedicatoria

A mi familia, mi madre, mi padre y mis hermanos, por ser quienes me han apoyado y respaldado a la hora de cumplir mis metas, estando siempre presente en las buenas y en las malas, para ustedes y por ustedes con el mayor cariño del mundo.

Álvaro José Ruiz Jiménez.

Principalmente a Dios, a mis padres, mis hermanos y a todas esas personas que siempre me brindaron su apoyo incondicional, para ellos este galardón que se los hago llegar con el mayor de los gustos y con mucho cariño.

Gabriel Enrique Ríos Ramos

Agradecimientos

Los autores expresan sus agradecimientos a:

En este trabajo, queremos agradecer primeramente a Dios, por darnos la fortaleza necesaria para culminar este proyecto, a nuestros padres por el amor incondicional y su apoyo económico, y a nuestra directora de tesis, la Esp. Ing. Gloria Esmeralda Sandoval Martínez por guiarnos en la elaboración de esta tesis.

A ElectroMiner S.A.S. por recibimos en tan valiosa compañía y brindarnos el apoyo para concretar y realizar las labores de este proyecto, demostrando ser una empresa líder en montajes electromecánicos en la región enseñándonos que es una empresa unida donde el sacrificio y la entrega son los pilares del triunfo.

A las directivas de Mina La Argelia encabezadas por el Sr. Omar Barragán por permitirnos realizar nuestro estudio enfocado a la mejoría y el progreso de esta empresa nortesantandereana.

Contenido

	Pág.
Introducción	2
1 Descripción del problema	5
1.1 Título	5
1.2 Planteamiento del problema	5
1.3 Justificación.	7
1.4 Objetivos	9
1.4.1 Objetivo General	9
1.4.2 Objetivos Específicos	9
2 Marco de referencia	11
2.1 Antecedentes	11
2.2 Marco teórico y conceptual	14
2.2.1. Variador de frecuencia.	14
2.2.1.1. Elementos básicos de un variador de frecuencia.	15
2.2.1.2. Tipos de variadores de frecuencia y sus características principales	20
2.2.2. Origen de los armónicos.	21
2.2.2.1. Carga Lineal.	23
2.2.2.2. Carga no lineal.	25
2.2.2.3. Distorsiones armónicas.	27
2.2.2.4. Índice de las distorsiones armónicas.	30
2.2.3. Métodos de reducción armónica	33
2.2.3.1. Filtros pasivos.	33
2.2.3.2. Filtros activos.	36

2.2.4.	Analizador trifásico de energía y calidad de la energía eléctrica Fluke 435.	37
2.2.5.	Software de Modelamiento y Simulación.	38
2.2.5.1.	ETAP 12.6.	38
2.2.5.2.	Software Power Log.	39
2.2.5.3.	MIRUS SOLV 6.5.0. Harmonics Analysis Software.	40
2.2.5.4.	AutoCAD Electrical 2015.	41
2.2.6.	Criterios y bases legales para la evaluación de armónicos.	42
2.2.6.1.	Límites de distorsión armónica de voltaje.	43
2.2.6.2.	Límites de distorsión armónica de corriente	44
3	Normatividad.	45
4	Diseño metodológico preliminar.	47
4.1.	Tipo de proyecto.	47
4.2.	Limitaciones.	47
4.3.	Delimitaciones.	48
4.4.	Actividades y metodología.	48
5	Análisis y descripción de la problemática de distorsión armónica presente en Mina La Argelia	53
6	Metodología utilizada para realizar mediciones con Fluke 435 y registro de componentes armónicas.	58
6.1.	Pasos para la medición de las componentes armónicas en el variador a nivel de 440 V.	60
7	Métodos de compensación armónica.	61
7.1.	Filtro pasivo en conexión paralela.	61
7.2.	Filtro activo en conexión paralela.	62

7.3.	Análisis comparativo y selección del filtro	63
8	Modelado del sistema de potencia de distribución eléctrica en la Mina La Argelia.	66
8.1.	Creación de un nuevo proyecto en ETAP 12.6.	66
8.2.	Circuito equivalente de la alimentación de Mina La Argelia.	67
8.3.	Modelado de los cables.	67
8.4.	Modelado de los barrajes de conexión.	68
8.5.	Transformador.	69
8.6.	Motor de Inducción.	70
8.7.	Modelado del variador de frecuencia Toshiba VF – S11.	70
8.8.	Modelado de los filtros de armónicas.	73
9	Análisis de resultados.	74
9.1.	Resumen de las mediciones realizadas.	74
9.2.	Metodología para el diseño del filtro de armónicos mediante el software ETAP 12.6.	77
10	Diagrama Unifilar y cuadro de cargas.	95
11	Elementos del sistema de potencia en Mina La Argelia.	97
12	Propuesta.	100
12.1.	Análisis económico.	105
13	Costos del proyecto	106
14	Conclusiones	108
15	Recomendaciones.	110
	Referencias bibliográficas	111
	Anexos	114