



## RESUMEN TESIS DE GRADO

**AUTOR (ES):**

**NOMBRE (S):** RONI MAURICIO \_\_\_\_\_ **APELLIDOS:** JAYA CAMACHO \_\_\_\_\_

**FACULTAD:** INGENIERIAS \_\_\_\_\_

**PLAN DE ESTUDIOS:** INGENIERIA ELECTROMECHANICA \_\_\_\_\_

**DIRECTOR:**

**NOMBRE (S):** GLORIA ESMERALDA \_\_\_\_\_ **APELLIDOS:** SANDOVAL MARTINEZ \_\_\_\_\_

**TITULO DE LA TESIS:** ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO AUTÓNOMO EN MINERIA TRADICIONAL DEL MUNICIPIO DE EL ZULIA, NORTE DE SANTANDER \_\_\_\_\_

**RESUMEN:**

En este proyecto se recolecto información en la mina La Milagrosa, acerca de la actual generación de energía eléctrica, elementos utilizados, y cantidad de combustible utilizado, se calculo la intensidad de radiación solar del lugar, así mismo se definió un estimado de consumo de potencia eléctrica, basado en los históricos del actual proceso de generación de energía.

Seguidamente se calculo el dimensionado del generador fotovoltaico, del sistema de acumulación, del regulador, del inversor y del cableado, así como el ángulo óptimo de inclinación de los paneles, realizando un esquema de conexión de los elementos que intervienen en el sistema. Realizar cotizaciones sobre los elementos que intervienen en el sistema y generar un presupuesto de inversión para la construcción del mismo y por ultimo se realizo un cuadro comparativo entre el actual sistema de generación de energía eléctrica en la mina.

**Palabras clave:** estudio fotovoltaico, minería, autónomo, energía eléctrica

**CARACTERÍSTICAS:**

**PAGINAS:** 96 \_\_\_\_\_ **PLANOS:** \_\_\_\_\_ **ILUSTRACIONES:** \_\_\_\_\_ **CD-ROM:** 1 \_\_\_\_\_

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA  
FOTOVOLTAICO AUTÓNOMO EN MINERIA TRADICIONAL DEL MUNICIPIO DE  
EL ZULIA, NORTE DE SANTANDER

RONI MAURICIO JAYA CAMACHO

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIA  
PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERIA  
ELECTROMECÁNICA  
SAN JOSÉ DE CUCUTA  
2014

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA  
FOTOVOLTAICO AUTÓNOMO EN MINERIA TRADICIONAL DEL MUNICIPIO DE  
EL ZULIA, NORTE DE SANTANDER

RONI MAURICIO JAYA CAMACHO

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

Director  
GLORIA ESMERALDA SANDOVAL MARTINEZ  
Ingeniera Electromecánica  
Especialista en Recursos Energéticos

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIA  
PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERIA  
ELECTROMECAÁNICA  
SAN JOSÉ DE CUCUTA  
2014



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

## ACTA DE SUSTENTACION DE UN TRABAJO DE GRADO

**FECHA:** 05 DE AGOSTO DE 2014

**HORA:** 10:00: 00 AM

**LUGAR:** SALA DE JUNTAS DPTO DE ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA

**PLAN DE ESTUDIOS:** INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

**TITULO DE LA TESIS:** ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO AUTÓNOMO EN MINERÍA TRADICIONAL DEL MUNICIPIO DE EL ZULIA, NORTE DE SANTANDER.

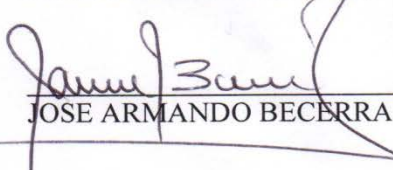
**JURADOS:** IE. Msc. JOSÉ ARMANDO BECERRA VARGAS  
IE. Ph.D. FRANCISCO MORENO GARCÍA

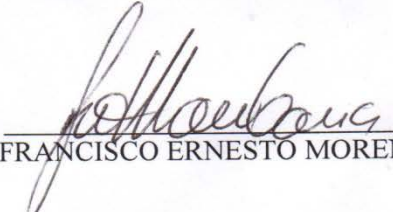
**DIRECTOR:** IEM. Esp. GLORIA ESMERALDA SANDOVAL MARTÍNEZ


NOMBRE DE LOS ESTUDIANTES:	CODIGO	CALIFICACION	
		NUMERO	LETRA
RONI MAURICIO JAYA CAMACHO	1090291	4.2	CUATRO, DOS

# APROBADA

FIRMA DE LOS JURADOS:

  
\_\_\_\_\_  
JOSE ARMANDO BECERRA VARGAS

  
\_\_\_\_\_  
FRANCISCO ERNESTO MORENO G.

Vo. Bo.   
\_\_\_\_\_  
IE. Ph.D. FRANCISCO ERNESTO MORENO G.  
Coordinador Comité Curricular



*Jessica L.*

## **DEDICATORIA**

El presente proyecto se lo dedico principalmente a la persona que con sacrificio, amor, ternura, disciplina y regaños ha logrado convertirme en una persona de bien para la sociedad: a mi madre Marilú Camacho Jaimes

A mis hermanos, Nidia, Tico y Krist, por su apoyo incondicional y consejos que fueron base para culminar mi carrera.

A mi familia materna Camacho Jaimes, quienes directa o indirectamente aportaron su granito de arena para verme convertido en un profesional.

A la Familia Gómez Angulo, quienes han sido incondicionales al momento de necesitar su ayuda en cualquier momento y lugar.

A la Familia Guerrero Vargas, quienes me dieron la oportunidad de trabajar de una manera digna, además de su apoyo incondicional en todo momento.

A mis compañeros y amigos de Ingeniería Electromecánica UFPS, especialmente al "Parque de Sánchez", David, Putis, Corredor, Costeño, Montes, Ronald, Chiki, Jensen y Méndez, con quienes compartí momentos agradables durante el transcurso de la carrera.

**Roni Mauricio Jaya Camacho**

## **AGRADECIMIENTOS**

El autor expresa sus agradecimientos a:

Gloria Sandoval, Ingeniera Electromecánica, especialista en recursos energéticos por ser mi Directora de Tesis, apoyarme, corregirme e impulsarme a sacar este proyecto adelante.

A todos los Ingenieros y docentes de la UFPS que aportaron sus conocimientos en el transcurso de la carrera.

## CONTENIDO

	<b>pág.</b>
INTRODUCCION	16
1. TÍTULO	18
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	18
1.2 JUSTIFICACIÓN	18
1.2.1 Beneficios sociales	18
1.2.2 Beneficios tecnológicos	19
1.2.3 Beneficios económicos	19
1.2.4 Beneficios empresariales	19
1.2.5 Beneficios ambientales	19
1.3 ALCANCES	20
1.4 LIMITACIONES Y DELIMITACIONES	20
1.4.1 Limitaciones.	20
1.4.2 Delimitaciones	20
1.5 OBJETIVOS	20
1.5.1 Objetivo general	20
1.5.2 Objetivos específicos	20
2. MARCO REFERENCIAL	22
2.1 ANTECEDENTES	22
2.2 MARCO CONTEXTUAL	22
2.3 MARCO TEORICO	23

2.3.1 Geometría solar	23
2.3.1.1 Geometría del movimiento terrestre	23
2.3.1.2 Geometría de la radiación incidente en sistemas fotovoltaicos	33
2.3.2 Radiación solar	33
2.3.2.1 Radiación fuera de la atmósfera terrestre	33
2.3.2.2 Influencia de la atmósfera terrestre en la radiación solar	34
2.3.2.3 Datos de radiación	35
2.3.2.4 Incertidumbre	36
2.3.3 Energía solar fotovoltaica	36
2.3.3.1 Celdas fotovoltaicas	36
2.3.3.2 Paneles fotovoltaicos	37
2.3.3.3 Regulador de carga	37
2.3.3.4 Baterías	37
2.3.3.5 Ondulador o inversor	37
2.3.4 Dimensionado de sistemas fotovoltaicos autónomos	38
2.3.4.1 Métodos de dimensionado	38
2.3.4.2 Método propuesto para el dimensionado de sistemas fotovoltaicos autónomos	39
2.4 MARCO LEGAL	41
3. DISEÑO METODOLÓGICO	43
3.1 INGENIERÍA CONCEPTUAL	43
3.2 INGENIERÍA BÁSICA	44
4. DESARROLLO DEL PROYECTO	46
4.1 CÁLCULO DE RADIACIÓN SOLAR DEL LUGAR	46



4.1.1 Modelo Matemático para el Cálculo de Radiación Solar en plano horizontal por Liu – Jordan	47
4.1.2 Modelo matemático para el cálculo de Radiación solar en planos inclinados	50
4.1.3 Script en Matlab R2006	51
4.2 ESTIMADO DE CONSUMO DE POTENCIA ELÉCTRICA	57
4.3 DIMENSIONADOS	59
4.3.1 Cálculo del ángulo óptimo de inclinación de los paneles	59
4.3.2 Dimensionado del generador fotovoltaico	60
4.3.2.1 Número máximo de módulos por subgrupo	61
4.3.2.2 Número de Módulos en serie por ramal	62
4.3.2.3 Número de módulos en paralelo	63
4.3.2.4 Selección de estructuras de soporte	63
4.3.2.5 Número de estructuras	64
4.3.2.6 Separación entre estructuras para módulos solares	65
4.3.3 Dimensionado del inversor	68
4.3.4 Dimensionado del sistema de acumulación	69
4.3.5 Dimensionado del regulador	70
4.3.6 Dimensionado del cableado	72
4.3.6.1 Accesorios	74
4.3.7 Puesta a tierra, sistema de monitorización y obra civil	79
4.4 DIAGRAMAS DE CONEXIÓN	79
4.4.1 Plano de la ubicación del sistema	79
4.4.2 Estructura soporte de paneles solares	79
4.5 PRESUPUESTO DEL SISTEMA	80

4.5.1 Cotizaciones	80
4.5.2 Presupuesto SFA	80
4.6 CUADRO COMPARATIVO	81
5. ANÁLISIS DE RESULTADOS	83
5.1 FACTIBILIDAD ECONÓMICA	83
5.1.1 Suponiendo que existe el capital a invertir	83
5.1.2 Suponiendo que no existe el capital a invertir	86
5.2 FACTIBILIDAD TÉCNICA	88
5.3 FACTIBILIDAD AMBIENTAL	88
5.3.1 Emisiones de gases contaminantes	88
5.3.2 Contaminación visual y auditiva	89
5.4 MATRIZ DOFA SISTEMA FOTOVOLTAICO AUTÓNOMO	90
5.5 OTRAS FUENTES DE ENERGÍA ALTERNATIVA PARA LA MINA LAMILAGROSA	90
6. CONCLUSIONES	92
BIBLIOGRAFÍA	95