

	GESTIÓN DE RECURSOS Y SERVICIOS BIBLIOTECARIOS	Código	FO-SB-12/v0
	ESQUEMA HOJA DE RESUMEN	Página	1/152

RESUMEN TRABAJO DE GRADO

AUTOR(ES): NOMBRES Y APELLIDOS COMPLETOS

NOMBRE(S): LUIS FERNANDO APELLIDOS: BUSTOS MÁRQUEZ

FACULTAD: INGENIERÍA

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERÍA ELECTRÓNICA

DIRECTOR:

NOMBRE(S): SERGIO BASILIO APELLIDOS: SEPÚLVEDA MORA

TÍTULO DEL TRABAJO (TESIS): SISTEMA FOTOVOLTAICO MODULAR AUTÓNOMO
CON CONTROLADOR DE CARGA BASADO EN MICROCONTROLADOR

RESUMEN

LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS AUTÓNOMOS REQUIEREN CONTROLAR LA CARGA Y DESCARGA DE LAS BATERÍAS, PARA ELLO UTILIZAN UN CONTROLADOR DE CARGA. EN ESTE PROYECTO DE GRADO SE DESARROLLÓ UN CONTROLADOR DE CARGA MPPT PARA BATERÍAS DE ÁCIDO PLOMO CON CAPACIDAD MÁXIMA DE 90W, UTILIZANDO EL MÉTODO DE PERTURBACIÓN Y OBSERVACIÓN, DETERMINANDO EL ESTADO DE CARGA DE LA BATERÍA CON LA COMBINACIÓN DEL MÉTODO DE ESTIMACIÓN DE VOLTAJE A CIRCUITO ABIERTO Y EL MÉTODO DE CONTEO DE AMPERIOS-HORA.

PALABRAS CLAVE: MPPT, CONTROLADOR DE CARGA, ESTADO DE CARGA, BATERÍA.

CARACTERÍSTICAS:

PÁGINAS: 152 PLANOS: 0 ILUSTRACIONES: 70 CD ROOM: 1

SISTEMA FOTOVOLTAICO MODULAR AUTÓNOMO CON CONTROLADOR DE
CARGA BASADO EN MICROCONTROLADOR

LUIS FERNANDO BUSTOS MÁRQUEZ

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍA
PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERIA ELECTRÓNICA
SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2016

SISTEMA FOTOVOLTAICO MODULAR AUTÓNOMO CON CONTROLADOR DE
CARGA BASADO EN MICROCONTROLADOR

LUIS FERNANDO BUSTOS MÁRQUEZ

Trabajo de grado presentado como requisito para optar por el título de
INGENIERO ELECTRÓNICO

Director:

SERGIO BASILIO SEPÚLVEDA MORA

Mg. Ingeniería Electrónica

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERÍA

PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERIA ELECTRÓNICA

SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2016

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE UN TRABAJO DE GRADO

Fecha: SAN JOSÉ DE CÚCUTA, 12 DE AGOSTO DE 2016

Hora: 10:00

Lugar: LG112, LABORATORIOS GENERALES

Plan de Estudios: INGENIERÍA ELECTRÓNICA

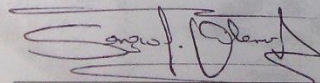
Título de la Tesis: "SISTEMA FOTOVOLTAICO MODULAR AUTÓNOMO CON CONTROLADOR DE CARGA BASADO EN MICROCONTROLADOR."

Jurados: IE Esp. SERGIO IVÁN QUINTERO AYALA
IE JOHN JAIRO RAMÍREZ MATEUS

Director: IE MSc SERGIO BASILIO SEPÚLVEDA MORA

Nombre del Estudiante	Código	Calificación
LUIS FERNANDO BUSTOS MÁRQUEZ	1160447	CUATRO, NUEVE (4,9)

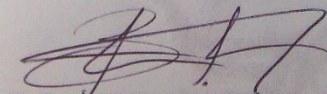
MERITORIA



IE Esp. SERGIO IVÁN QUINTERO AYALA



IE JOHN JAIRO RAMÍREZ MATEUS



Vo.Bo. BYRON MEDINA DELGADO, IE MSc
Coordinador Comité Curricular
Ingeniería Electrónica

Dedicatoria

A mis padres, por su amor incondicional y apoyo, son mi mayor ejemplo. Los amo, este pequeño triunfo es una forma de darles a conocer todo mi agradecimiento.

A mis hermanos, por su apoyo y compañía incondicional.

A mi novia, *María Isabel*, me has enseñado la tenacidad necesaria para saber esperar y luchar.

En este documento está consignado un gran esfuerzo que durante años he recopilado entre apuntes y notas mentales. Siendo una estación, en el fascinante y apasionante mundo de la Ingeniería y la ciencia. El cual nunca se detiene.

Luis Fernando Bustos Márquez

Agradecimientos

Cada una de estas largas jornadas de estudio y trabajo, junto a compañeros, amigos, familiares y docentes, han sido gratificantes. Gracias a cada una de las personas que aportaron con su conocimiento, sugerencia o una simple palabra de apoyo.

Quiero agradecer fraternalmente al Grupo de Investigación y Desarrollo en Microelectrónica Aplicada (GIDMA), en cabeza del Ing. Jhon Jairo Ramírez Mateus y a todos sus integrantes, por el apoyo y orientación en el desarrollo de este proyecto de grado.

Al Msc. Ing. Sergio Sepúlveda, director del proyecto, por su orientación, paciencia y dedicación. Aprendí mucho a su lado, le respeto y admiro enormemente.

A quien lea esto, sólo quiero decirle: *Gracias*. Gracias por tomarse el tiempo de leerme, continúe y será un placer compartir mi conocimiento con usted.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	19
1. PROBLEMA	20
1.1 Título	20
1.2 Descripción del problema	20
1.3 Formulación del problema	21
1.4 Justificación	21
1.4.1 Beneficios tecnológicos	21
1.4.2 Beneficios económicos	21
1.4.3 Beneficios institucionales	22
1.5 Alcances	22
1.6 Limitaciones y delimitaciones.	23
1.6.1 Limitaciones	23
1.6.2 Delimitaciones	24
1.7 Objetivos	24
1.7.1 Objetivo General	24
1.7.2 Objetivos específicos	24
2. REFERENTES TEÓRICOS	26
2.1 Antecedentes	26
2.1.1 Proyectos antecedentes	27

2.2 Marco contextual	29
2.3 Marco teórico	30
2.3.1 Energía solar Fotovoltaica	30
2.3.2 Celda solar	30
2.3.2.1 Principio Físico: Efecto Fotoeléctrico y Efecto Fotovoltaico	31
2.3.2.2 Modelamiento circuital	32
2.3.2.3 Módulo Fotovoltaico y Panel solar	35
2.3.3 Sistemas fotovoltaicos	38
2.3.3.1 Sistemas fotovoltaicos conectados a la red.	38
2.3.3.2 Sistemas fotovoltaicos autónomos	39
2.3.3.3 Sistemas fotovoltaicos híbridos.	40
2.3.4 Baterías	41
2.3.4.1 Baterías de Plomo-ácido	42
2.3.4.2 Parámetros.	44
2.3.4.3 Baterías de gel	47
2.3.4.4 Baterías AGM	48
2.3.5 Controladores de carga	48
2.3.5.1 Fases de carga de una batería	49
2.3.5.2 Controladores de carga PWM	52
2.3.5.3 Controladores de carga MPPT.	55

2.3.6 Seguimiento del punto de máxima potencia	58
2.3.6.1 Métodos indirectos	59
2.3.6.2 Métodos directos	59
2.3.7 Microcontroladores	65
2.4 Marco legal	66
2.4.1 Reglamento técnico de instalaciones eléctricas (RETIE)	66
2.4.2 Código de ética de los técnicos electricistas	67
2.4.3 Normas Icontec.	67
2.4.3.1 Terminología	67
2.4.3.2 Mediciones y Ensayos.	67
2.4.3.3 Componentes de sistemas solares fotovoltaicos	68
3. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	69
3.1. Recopilación de la información acerca de los componentes que integran un sistema solar fotovoltaico desconectado de la red	69
3.2 Caracterización del panel solar a utilizar en la implementación del sistema.	69
3.2.1 Características proporcionadas por el fabricante	69
3.2.2 Características generadas a través de software	70
3.2.3 Caracterización a través de mediciones.	73
3.3 Elaboración de la arquitectura del sistema solar fotovoltaico autónomo	79

3.3.1 Diagrama de bloques del sistema fotovoltaico modular autónomo con controlador de carga basado en microcontrolador.	79
3.3.2 Hora solar pico	79
3.3.3 Diseño y dimensionamiento del sistema.	81
3.3.4 Controlador de carga	84
3.4 Selección de los dispositivos óptimos para la implementación del diseño del sistema de desarrollo tecnológico.	87
3.4.1 Selección del microcontrolador	87
3.4.2 Selección de sensores	88
3.4.3 Selección de dispositivos del convertidor DC/DC.	94
3.5 Desarrollo del algoritmo de programación para el controlador de carga	102
3.5.1 Seguimiento del punto de máxima potencia	102
3.5.2 Algoritmo de estimación del estado de carga	104
3.5.3 Algoritmo de carga de 2 fases	107
3.5.4 Algoritmo de descarga	109
3.5.5 Interfaz gráfica con el usuario	110
3.6 Implementación del diseño del sistema fotovoltaico autónomo.	110
3.7 Realización de las pruebas de funcionamiento y de campo al sistema de desarrollo tecnológico comprobando su correcto funcionamiento	111
3.8 Divulgar y promover el sistema de desarrollo tecnológico	111

4. RESULTADOS	113
4.1 Configuración del Controlador de Carga	113
4.2 Seguimiento del punto de máxima potencia	115
4.3 Carga y Descarga de la batería	121
4.3.1 Descarga de la batería	121
4.3.2 Carga de la batería	123
4.4 Algoritmo del controlador de carga	126
4.5 Divulgación y promoción del proyecto	128
5. CONCLUSIONES	131
6. RECOMENDACIONES	133
REFERENCIAS	135
ANEXOS	139