



UNIVERSIDAD DEL MAR
CAMPUS PUERTO ESCONDIDO

**CONTROLADOR DE UN SISTEMA ELÉCTRICO DE ENERGÍA
SOLAR USANDO UN PLC**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
LICENCIADO EN INFORMÁTICA**

**PRESENTA
DANIEL GUZMAN ROBLES**

**DIRECTOR DE TESIS
M. EN C. CHRISTIAN AYALA ESQUIVEL**

Dedicatoria

A Dios por guiarme con bien a cada victoria obtenida a lo largo de mi vida.

*A mis queridos padres **Vicente Guzmán González** y **Florentina Robles Ramírez**, quienes con su cariño, comprensión, esfuerzo y apoyo incondicional me han ayudado a ser una mejor persona. Les dedico mi tesis por haberme enseñado que no importa cuántas veces fracasas en la vida, sino el coraje con el que te levantes y luches para alcanzar tus metas. Gracias por apoyarme cuando trastabillé, son el mejor apoyo que puede tener cualquier hijo, son los mejores padres que Dios pudo darme, gracias por hacerme tan feliz; un día compartí mi derrota con ustedes, hoy les comparto mi victoria. Lo logramos, no lo podría haber logrado solo.*

*A mi querida hermana **Jhoanna Guzmán Robles** por estar siempre apoyándome y brindándome palabras de aliento durante todos estos años. Gracias por ser mi hermanita y amiga. No olvides que siempre podrás contar con mi apoyo incondicional.*

*A mis queridas tías **Nicolasa, Vicky, Esperanza, Esther y Margarita** por haberme apoyado cuando lo necesité.*

Gracias a todos por confiar en mí, este logro es nuestro...

Agradecimientos

Agradezco infinitamente a la Universidad del Mar campus Puerto Escondido por brindarme una formación integral de calidad y por proporcionarme el espacio y equipo para adquirir los conocimientos necesarios a lo largo de mi carrera universitaria.

Al programa de Becas Manutención del estado de Oaxaca (antes denominado PRONABES Bienestar) por beneficiarme con el apoyo económico para poder realizar mis estudios.

Al sistema de becas colegiatura de la universidad por haberme proporcionado el apoyo necesario para poder culminar mis estudios.

A mi director de tesis M. en C. Christian Ayala Esquivel, a quien le agradezco por haber confiado en mí para desarrollar esta tesis y brindarme la información necesaria.

De igual manera, agradezco a mis revisores de tesis, M. en C. Jorge Aguilar Ramírez, I.S.C. Saúl Gómez Carreto, M. en C. Manuel Alejandro Valdés Marrero y Dr. Jorge Ochoa Somuano, por el tiempo dedicado a la revisión de esta tesis y proporcionarme su apoyo y dedicación para concluir este trabajo de la mejor forma.

Al I.S.C. Saúl Gómez Carreto, a quien le reitero mi respeto y mis más sinceros agradecimientos. Muchas gracias por apoyarme cuando más lo necesité en mi carrera universitaria. Le agradezco infinitamente la confianza que depositó en mí, sin su apoyo este logro no hubiera podido concretarse. Gracias por comprender a los alumnos y tener un juicio imparcial.

Al M. en C. Manuel Alejandro Valdés Marrero, a quien le agradezco por el apoyo que me brindó para realizar el abstract de esta tesis así como su apoyo para lograr redactar la misma de una mejor manera. Le agradezco mucho por la motivación necesaria que me brindó para lograr culminar este trabajo. Gracias por ser más que un profesor un amigo.

Al M. en C. José Francisco Delgado Orta, a quien le agradezco por todas las asesorías que me brindó a lo largo de la carrera sin importar si fuese el titular de la materia o no. Gracias por enseñarme que todo es cuestión de constancia y dedicación.

A mi querida familia, por estar siempre allí para apoyarme sin importar nada, gracias por guiarme siempre por el buen sendero, en especial les agradezco a mis padres

por confiar en mí y apoyarme en esos malos momentos que he tenido que afrontar a lo largo de mi vida.

A mis compañeros, gracias por su amistad, por ser mis compañeros de batalla y por todos esos momentos inolvidables de risas y angustias durante nuestra estancia universitaria. Fue un honor realizar esta travesía a su lado, ya que de cada uno aprendí algo nuevo.

Por último, quiero agradecer a todas las personas que directa o indirectamente me apoyaron durante mi carrera profesional.

Resumen

El objetivo principal de esta tesis fue desarrollar un controlador de carga para una batería de ciclo profundo en un sistema de energía solar usando un PLC.

Un primer problema que se presenta en un sistema de energía solar principalmente reside en cuándo realizar la carga de la batería de ciclo profundo. La solución depende del monitoreo de dos variables. La primera es la radiación solar que incide sobre el panel solar, la cual tiene diferentes variaciones en el transcurso del día, teniendo como consecuencia diferentes salidas de voltaje. La segunda variable es el voltaje que ofrece la batería, ya que cuando tiene su nivel máximo de carga puede generar 12.6 voltios y descender conforme se descarga. Si se hace la carga de la batería cuando el voltaje producido por el panel es menor al que proporciona la propia batería, se produce un segundo problema conocido como corriente inversa, por lo tanto, se descarga la batería. El caso favorable es cuando el panel solar genera el máximo voltaje y el voltaje de la batería es menor: ese sería el momento ideal para realizar la carga de la batería de ciclo profundo.

Otro problema que se produciría al no cortar el flujo de corriente es una sobrecarga eléctrica. Si dura mucho tiempo la sobrecarga, puede ocurrir un derrame de ácido, lo cual dañaría otros componentes del sistema de energía solar, además de la propia batería.

Se realizó la investigación de los niveles de carga estándar de la batería de ciclo profundo para poder realizar la programación del controlador. Para realizar la programación del controlador se investigó sobre el lenguaje de programación BFD y se utilizó el Software Lógico M3 de Crouzet.

Se analizó toda la información recabada, de la cual se obtuvieron parámetros para realizar la medición del estado de carga de la batería. Después se desarrolló el controlador, tomando en cuenta las restricciones de las entradas analógicas del PLC. Para ello se utilizó un divisor de tensión de manera externa al PLC.

Como resultado de esta tesis se obtuvo un controlador capaz de tomar las decisiones necesarias para realizar la carga de una batería de ciclo profundo en el momento adecuado. El controlador permite evitar la sobrecarga de la batería y es capaz de detectar un posible daño en la batería de ciclo profundo. Dicho controlador permite mostrar el voltaje del panel solar y de la batería de ciclo profundo en el *display* del PLC.

Abstract

The main objective of this thesis was to develop of a deep-cycle battery charge controller for a solar energy system, using a PLC.

The first problem present in a solar energy system reside in deciding when to charge the deep-cycle battery. The solution depends on monitoring two variables. The first one is the solar radiation received by the solar panel, which has different variations through the day, and, consequently, has different voltage outputs. The second variable is the voltage given by the battery, which is 12.6 volts when the battery is fully charged, and it descends as the battery begins the discharging process. If the battery is charged when the voltage produced by the panel is lower than the voltage given by the battery, then the second problem known as reverse current flux will be produced and the battery discharges instead. The best-case scenario is when the solar panel generates its maximum voltage and the voltage given by the battery is lower. That would be the perfect time to charge the deep-cycle battery.

Other problems appear if the energy flow towards the battery is not interrupted, and there will be electric overloading problems as well. In case the battery is overloaded for a long time, an acid spill may occur, which will damage other components of the solar energy system, besides the battery itself.

In order to program the controller, a research of the standard charge levels for the deep-cycle battery was conducted. The BFD programming language was researched to program the controller and the Crouzet Logic Software M3 was used.

The gathered information was analyzed to obtain the parameters for measuring the battery charge status. Afterwards, the controller was developed, taking into account the restrictions of the PLC analogical input. For that, a voltage divider was used outside the PLC.

The result of this thesis is a controller capable of making the necessary decisions for charging a deep-cycle battery in the right time. The controller avoids overloading the battery and it is capable of detecting a possible damage of the deep-cycle battery. Said controller shows both the solar panel and deep-cycle battery voltages in the PLC display.

CONTENIDO

LISTADO DE FIGURAS.....	iii
LISTADO DE TABLAS	vii
LISTADO DE ECUACIONES	ix
GLOSARIO DE TÉRMINOS	xi
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 2. ANTECEDENTES	5
2.1. Estado del arte y trabajos relacionados.....	5
2.2. Justificación.....	11
2.3. Planteamiento del problema	12
2.4. Objetivos.....	13
2.5. Alcances y límites del estudio	13
CAPÍTULO 3. MARCO TEÓRICO	15
3.1. Energía solar	15
3.2. Electrónica.....	17
3.3. PLC.....	20
3.4. Desarrollo evolutivo	23

CAPÍTULO 4. DESARROLLO DEL TEMA.....	25
4.1. Metodología.....	25
4.2. Requerimientos.....	27
4.3. Consideraciones a tomar en cuenta de las celdas solares y de las baterías de ciclo profundo	28
4.4. Consideraciones a tomar en cuenta del PLC	28
4.5. Entorno de programación	29
4.6. Programación del PLC y pruebas	51
CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS.	87
ANEXO A. HOJA DE DATOS DEL PLC XD26.....	93
ANEXO B. CONTENIDO DEL CD.....	99
REFERENCIAS	103