



## Title: Monitoreo de instalación fotovoltaica usando bus CAN

**Authors:** LUJÁN-RAMÍREZ, Carlos Alberto, SANDOVAL-GÍO, Jesús, MORENO-SABIDO, Mario Renán y ATOCHE-ENSEÑAT, José Ramón

Editorial label ECORFAN: 607-8695  
BCIERMMI Control Number: 2020-04  
BCIERMMI Classification (2020): 211020-0004

Pages: 16  
RNA: 03-2010-032610115700-14

**ECORFAN-México, S.C.**  
143 – 50 Itzopan Street  
La Florida, Ecatepec Municipality  
Mexico State, 55120 Zipcode  
Phone: +52 1 55 6159 2296  
Skype: ecorfan-mexico.s.c.  
E-mail: contacto@ecorfan.org  
Facebook: ECORFAN-México S. C.  
Twitter: @EcorfanC

[www.ecorfan.org](http://www.ecorfan.org)

Holdings		
Mexico	Colombia	Guatemala
Bolivia	Cameroon	Democratic
Spain	El Salvador	Republic
Ecuador	Taiwan	of Congo
Peru	Paraguay	Nicaragua

# INTRODUCCIÓN I

Una instalación fotovoltaica está formada por varios módulos solares que se conectan entre sí, por ejemplo, usando un grupo de microinversores en una instalación conectada a la red eléctrica o a un controlador de carga de baterías en un sistema aislado.

La eficiencia energética de conversión de la instalación fotovoltaica depende de su punto de operación, el cual está determinado por ciertas variables como la cantidad de irradiación solar que recibe, la orientación del módulo respecto a esta radiación, así como de la temperatura en la que opera y las condiciones particulares de su sistema de carga



# INTRODUCCIÓN II

Es tema de gran interés determinar cuál es la eficiencia energética con el que se desempeña una instalación solar particular bajo diversas condiciones de operación.

Una contribución al abordaje de este problema es diseñar un sistema que pueda proporcionar los datos más importantes que se relacionan con el rendimiento de esa instalación.

Estos son, en términos generales, la temperatura  $T$  y la irradiancia  $G$ , es decir, la cantidad de irradiación solar que recibe.

Es deseable disponer de un sistema que recabe suficiente información en tiempo real que pueda usarse para realizar un análisis del *performance* de la instalación.

# INTRODUCCIÓN III

Dentro del ámbito del monitoreo de una instalación fotovoltaica se emplean distintos métodos, los cuales incluyen soluciones alámbricas e inalámbricas.

Los sistemas basados en redes inalámbricas orientan su aplicación a sistemas de grandes dimensiones y alejados de los centros de control, destinados, la mayoría de las veces, a satisfacer al usuario no experto en el tema, que dispone de un dispositivo móvil y una conexión a internet.

Por otro lado, los sistemas alámbricos se prefieren cuando los arreglos no son muy extendidos y se requiere mayor velocidad e inmunidad al ruido

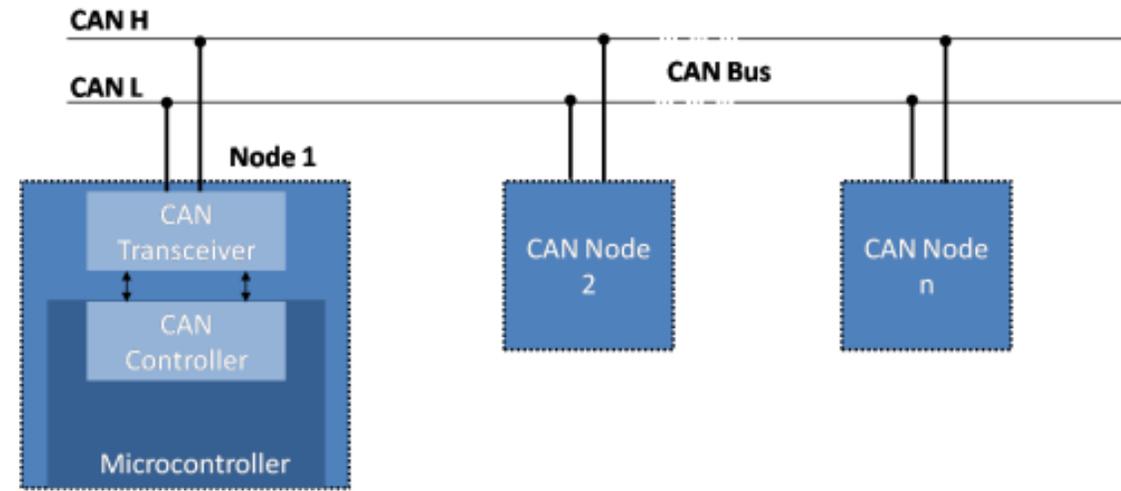
# BUS CAN

El protocolo CAN fue diseñado por Bosch en 1986 para aplicaciones de la industria automotriz como una forma de lograr una comunicación serial de gran robustez.

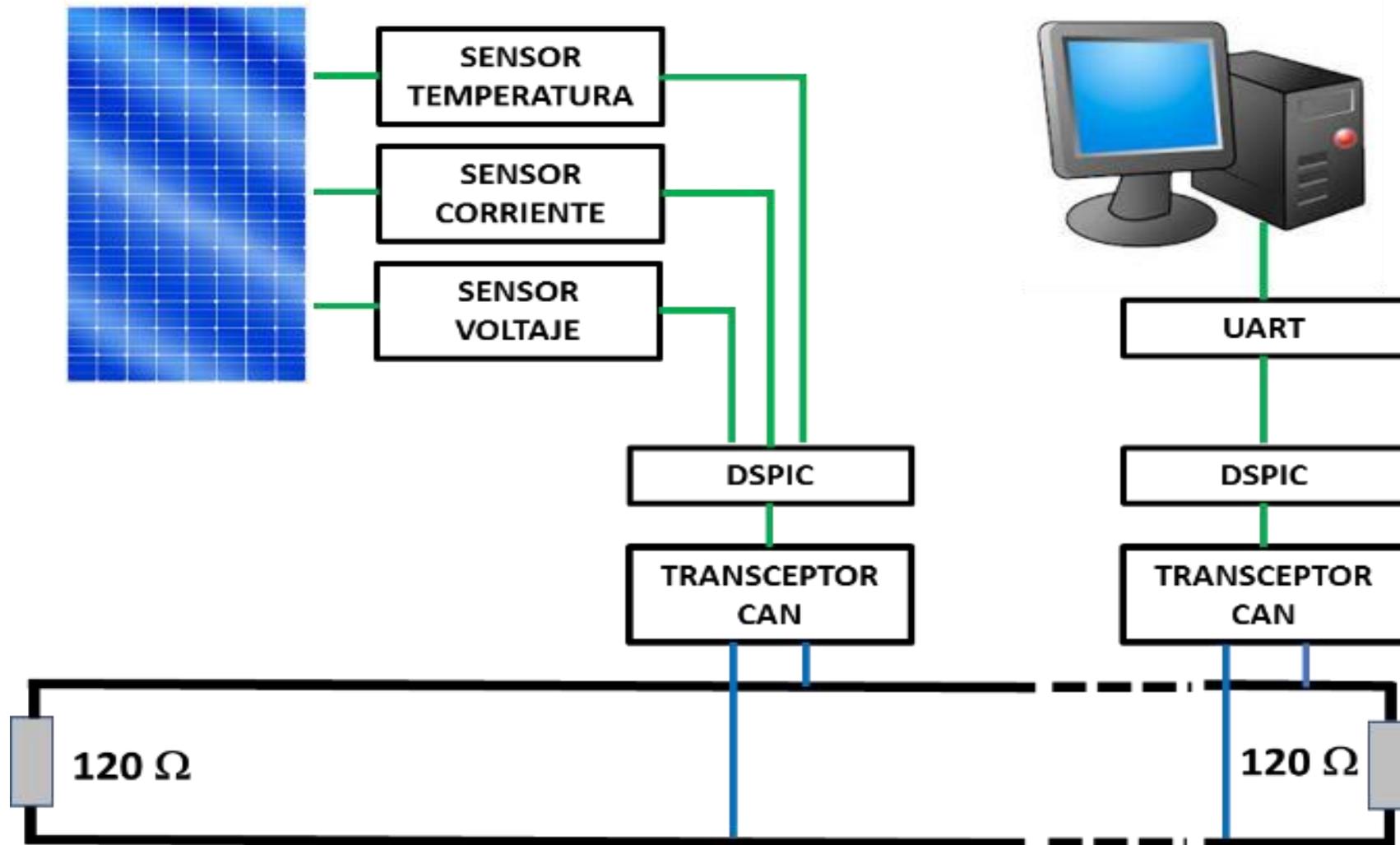
A partir de 1994, se han desarrollado y estandarizado otros protocolos de alto nivel a partir de CAN, como CANopen<sup>®</sup> y DeviceNet<sup>®</sup>, y su uso se ha extendido a otras industrias.

Cada estación de la red puede funcionar como dispositivos de sensado, actuación, despliegue de información, controladores, entre otras cosas.

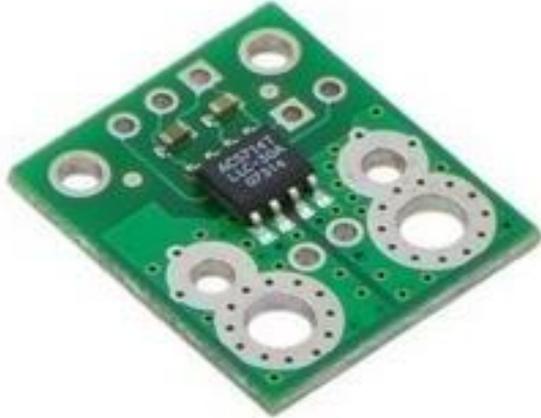
La capa física más común es la CAN de alta velocidad. Esta está implementada con dos cables y permiten la comunicación con tasas de transferencia de hasta 1 Mbps. En una red CAN es posible interconectar hasta 110 nodos sin afectar la velocidad de transmisión



# DIAGRAMA GENERAL DEL SISTEMA

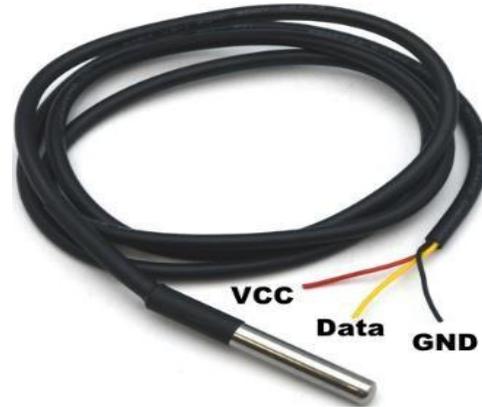


# SENSORES



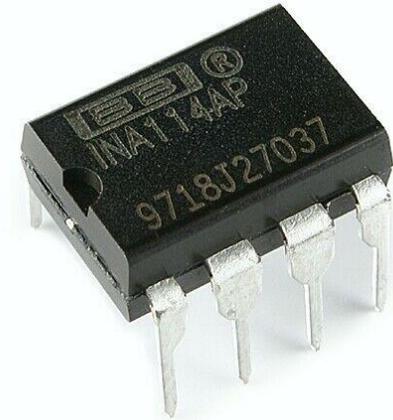
SENSOR DE CORRIENTE

Para obtener el valor de la corriente que produce cada módulo solar, se utilizó el sensor de corriente ACS714 de -30 amperes a +30 amperes. Este dispositivo utiliza el principio del efecto Hall para sensor el flujo de corriente.



SENSOR DE TEMPERATURA

Se utiliza el sensor de temperatura de precisión DS18B20. Este proporciona lecturas con una resolución de 9 a 12 bits. El encapsulado del sensor tiene un cuerpo metálico que es ideal para utilizarlo en exteriores. La comunicación requiere de una sola línea de datos.

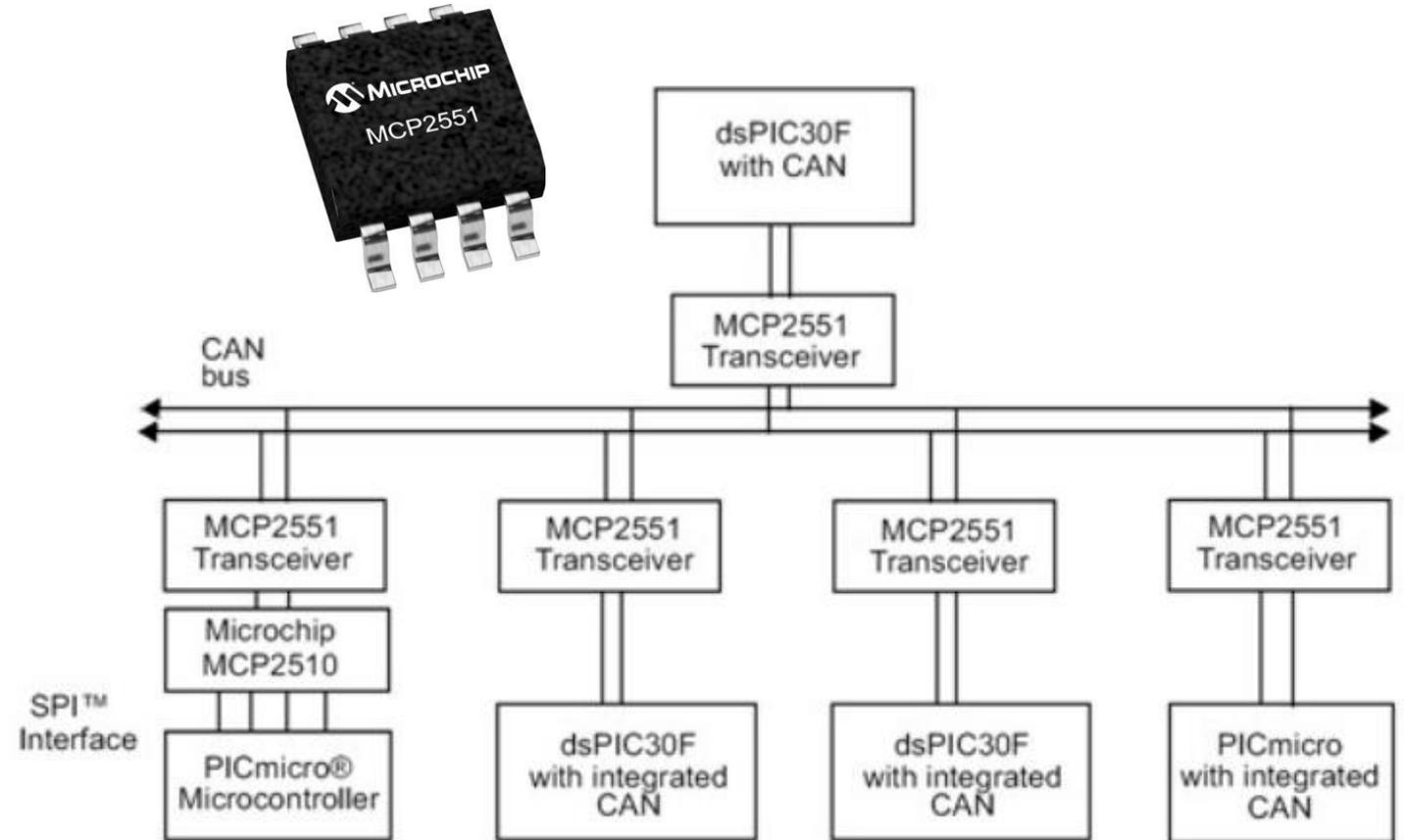


SENSOR DE TENSIÓN

El circuito integrado que se utilizó para la monitorización del voltaje en cada módulo fotovoltaico es el INA114AP, que es un amplificador de instrumentación que ofrece una excelente precisión. El proceso de muestreo está basado en un simple divisor de tensión.

# ELEMENTOS DE INTERCONEXIÓN AL BUS

El MCP2551 sirve de interfaz entre un controlador CAN y el bus físico y proporciona capacidad de transmisión y recepción diferencial, además de ser completamente compatible con ISO 11898. Adicionalmente es adecuado para sistemas de 12 V y 24 V. Solo se conectan 2 pines comunes en todas y cada una de las terminales, en correspondencia a las líneas CAN Low y CAN High.



# dsPIC30f4013



El Circuito Integrado (CI) dsPIC30f4013, es un Controlador de Señales Digitales (DSC) a 16 bits de la familia Microchip® con una arquitectura de alto rendimiento basada en RISC.

Son los primeros PIC con buses de datos de 16 bits.

Reúnen todas las posibilidades de los anteriores PIC y añaden varias operaciones de DSP (Digital Signal Processing) implementadas en hardware, como multiplicación con suma de acumulador (multiply-accumulate, MAC), barrel shifting, bit reversion o multiplicación 16x16 bits.

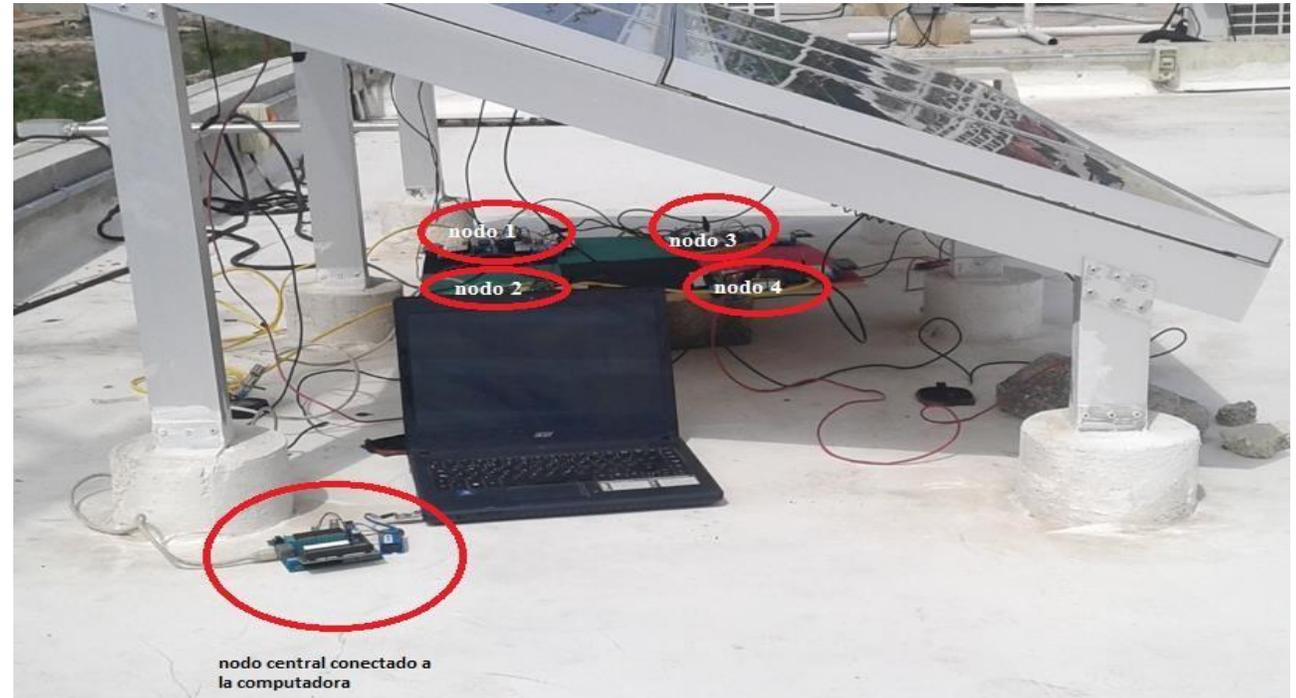
CARACTERÍSTICA	CANTIDAD
EEPROM	1024 B
SRAM	2KB
MEMORIA DE PROGRAMA	48KB
ENTRADAS/SALIDAS	30
TIMERS	5 de 16bits
ADC	12 bits, 200 ksps y 13 canales
INTERFAZ	CAN, I2C, SPI, UART x2

# EXPERIENCIA PRÁCTICA

Las pruebas experimentales se llevaron a cabo en el Laboratorio de Energías Renovables de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Yucatán con coordenadas: Latitud: 21° 02' 54" Norte, Longitud: 89° 38' 35" Oeste, Altura: 6,27 msnm.

Durante el desarrollo experimental se emplearon 4 paneles fotovoltaicos del tipo Sunmodule SW 50 poly RMA.

El día 14 de abril de 2019 se hizo la primera medición comenzando a las 6:00 horas y concluyendo a las 20:00. Se tomaron lecturas cada 5 minutos y se observaron dos condiciones de operación: salida de los módulos en corto circuito y circuito abierto. Estas condiciones se operaron desde los dsPIC usando un circuito de control formado por un relevador y un transistor MOSFET de potencia conectados a un puerto digital.

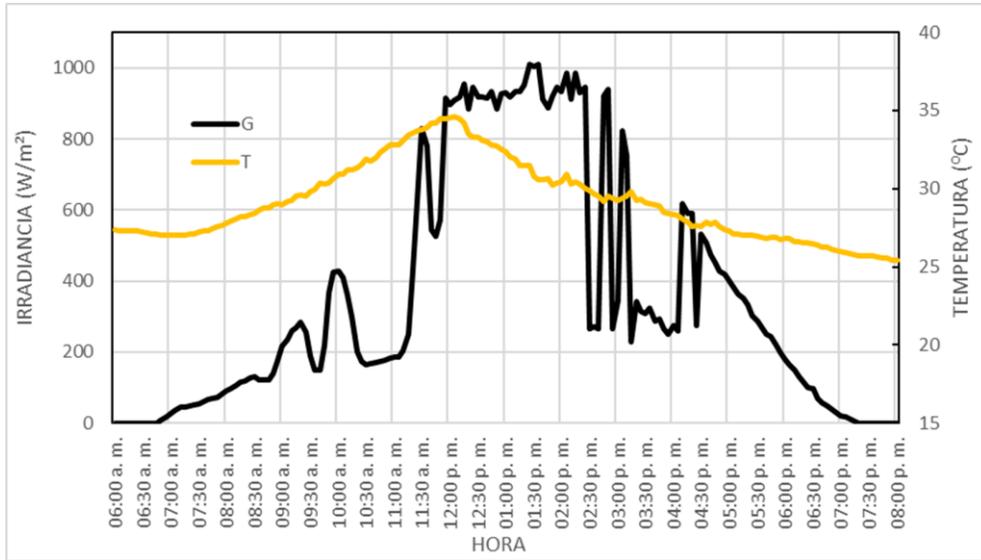


# PANEL Sunmodule SW 50 poly RMA

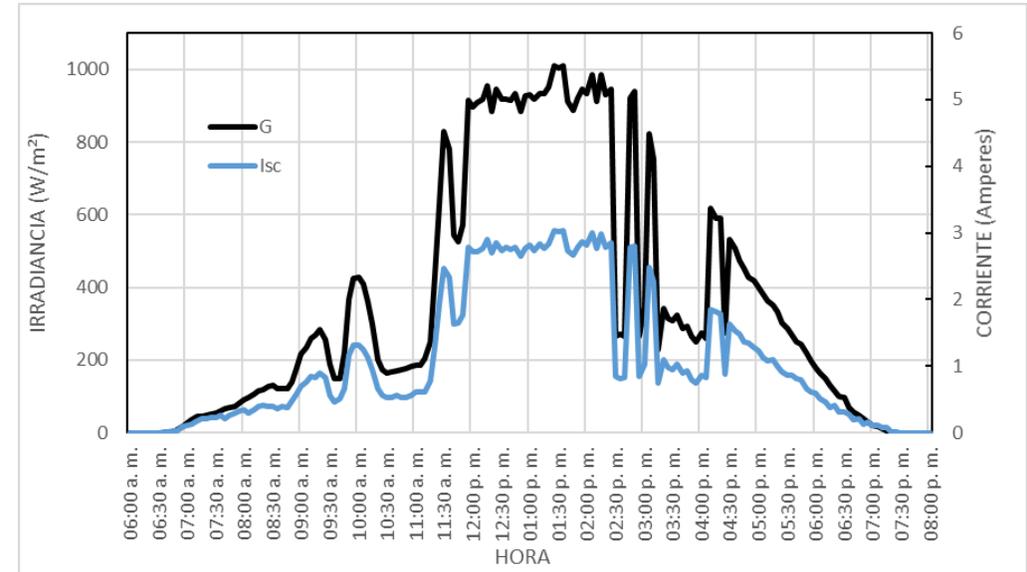
CARACTERÍSTICA	SÍMBOLO	VALOR	UNIDADES
Máxima potencia	$P_{max}$	50	W
Voltaje a circuito abierto	$V_{oc}$	22.1	V
Voltaje en el punto de máxima potencia	$V_{mpp}$	18.2	V
Corriente de corto circuito	$I_{sc}$	2.95	A
Corriente en el punto máximo de potencia	$I_{mpp}$	2.75	A



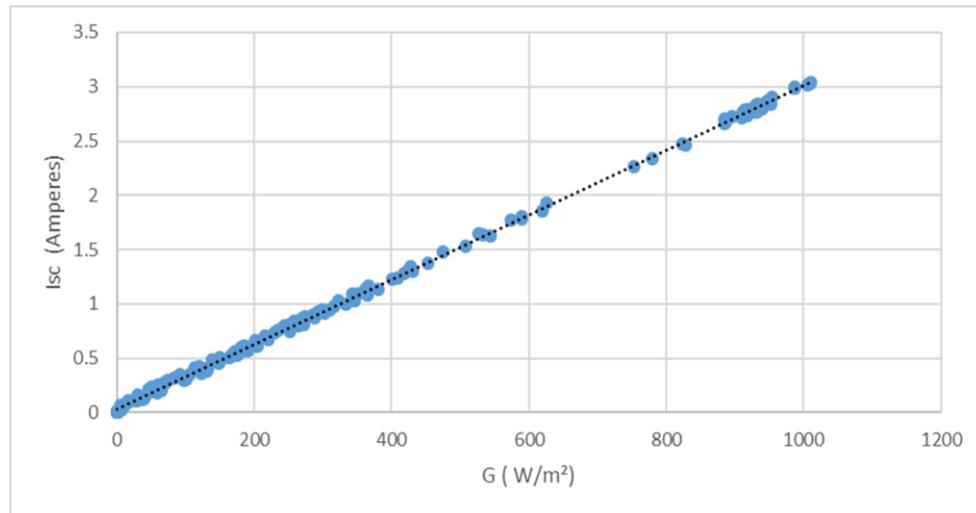
# RESULTADOS



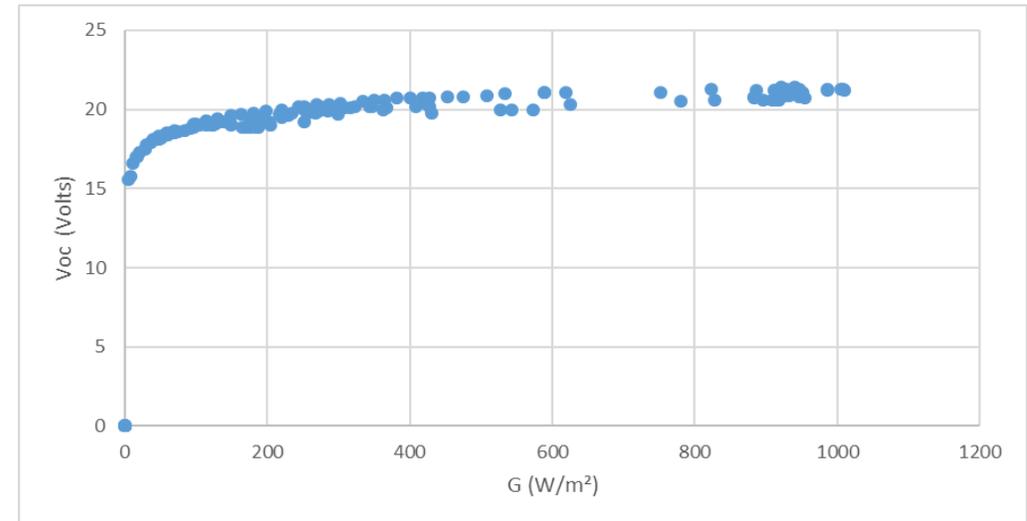
Gráfica 1. G y T medidos el día 14 de abril de 2019



Gráfica 2. G e Isc medidos el día 14 de abril de 2019

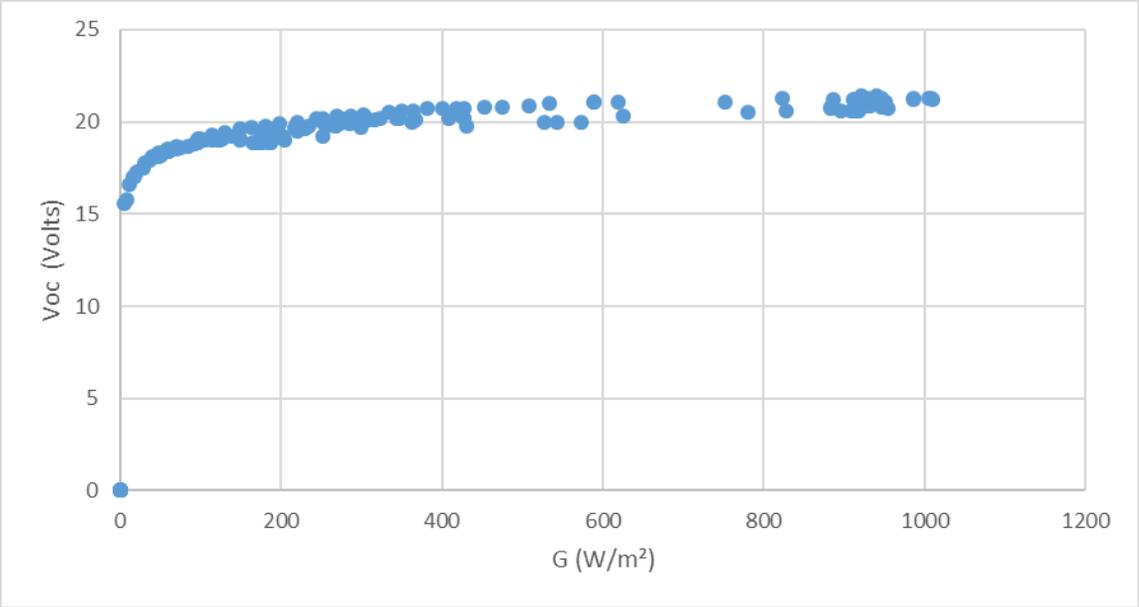


Gráfica 3. Curva de dispersión entre Isc y G.

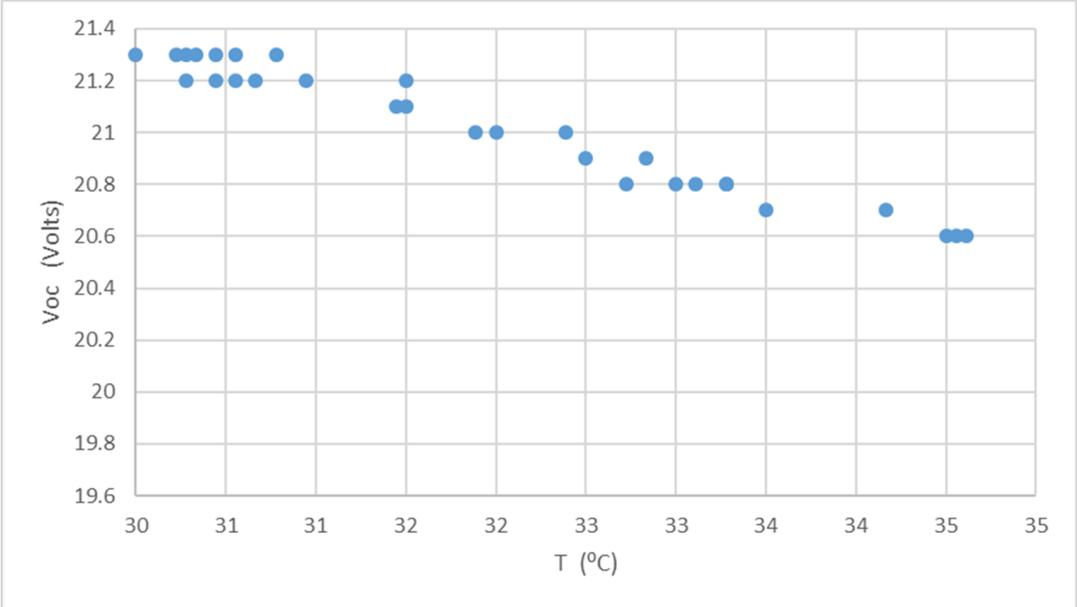


Gráfica 4. Curva de dispersión entre Voc y G

# RESULTADOS



Gráfica 5. Curva de dispersión entre Voc y G.



Gráfica 6. Curva de dispersión de Voc y T, de entre las 12:00 y 14:30 hrs.

# CONCLUSIONES

- Se ha diseñado un sistema de monitoreo de un arreglo fotovoltaico de paneles solares interconectados usando una red CAN, en el cual la información de tensión y corriente de salida, temperatura, son enviados a un controlador de señales digitales (DSC) para su posterior procesamiento.
- La red CAN ha sido construida con dispositivos de la familia Microchip.
- Se ha diseñado un programa para integración de los datos a un archivo .txt para el tratamiento de la información en Excel de Microsoft.

# CONCLUSIONES II

- Se reportan pruebas experimentales realizadas con un grupo de paneles comerciales bajo dos condiciones de operación: corto circuito y circuito abierto.
- Se ha validado la información obtenida mediante un análisis de comportamiento de la relación de las variables usando una base de conocimiento tomada de distintos autores en la literatura.

# AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Tecnológico Nacional de México / I. T. Mérida por todo el apoyo referente a los instrumentos y equipos de medida, y a la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Yucatán por el acceso a las instalaciones de su Laboratorio de Energías Renovables.

# REFERENCIAS

Castillo Atoche, A., Vázquez Castillo, J., Ortegón Aguilar, J., Carrasco Álvarez, R., Sandoval Gío, J., & Colli Menchi, A. (2015). A high-accuracy photovoltaic emulator system using ARM processors. *Solar Energy*, 389-398.

Kang, M., Kang, H., & Choi, E. (2013). Monitoring technology available for measuring multiple-photovoltaic panel arrays. *Proceedings of the TENCON Spring Conference*, (págs. 17-19). Sydney, Australia.

Kekre, A., & Gawre, S. K. (2017). Solar photovoltaic remote monitoring system using IOT. *International Conference on Recent Innovations in Signal processing and Embedded Systems (RISE)* (págs. 619-623). Bhopal, India: IEEE.

Núñez, J., Benítez, I., Proenza, R., Vázquez, L., & Diaz, D. (2020). Metodología de diagnóstico de fallos para sistemas fotovoltaicos de conexión a red. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial*, 94-105.

Rivai, A., & Rahim, N. (2013). A low-cost photovoltaic (PV) array monitoring system. *Proceedings of the 2013 IEEE Conference on Clean Energy and Technology (CEAT)* (págs. 169–174). Lankgwari, Malaysia: IEEE.



**ECORFAN®**

© ECORFAN-Mexico, S.C.

No part of this document covered by the Federal Copyright Law may be reproduced, transmitted or used in any form or medium, whether graphic, electronic or mechanical, including but not limited to the following: Citations in articles and comments Bibliographical, compilation of radio or electronic journalistic data. For the effects of articles 13, 162,163 fraction I, 164 fraction I, 168, 169,209 fraction III and other relative of the Federal Law of Copyright. Violations: Be forced to prosecute under Mexican copyright law. The use of general descriptive names, registered names, trademarks, in this publication do not imply, uniformly in the absence of a specific statement, that such names are exempt from the relevant protector in laws and regulations of Mexico and therefore free for General use of the international scientific community. BCIERMMI is part of the media of ECORFAN-Mexico, S.C., E: 94-443.F: 008- ([www.ecorfan.org/](http://www.ecorfan.org/) booklets)