



RENIECYT - LATINDEX - Research Gate - DULCINEA - CLASE - Sudoc - HISPANA - SHERPA UNIVERSIA - E-Revistas - Google Scholar  
DOI - REBID - Mendeley - DIALNET - ROAD - ORCID

# Title: Reducción de la eficiencia energética del parque solar UPAM por suciedad y deposición de polvosados

**Author:** Oscar FLORES RAMÍREZ

**Editorial label ECORFAN:** 607-8324  
**BCIERMIMI Control Number:** 2017-02  
**BCIERMIMI Classification (2017):** 270917-0201

**Pages:** 19  
**Mail:** [oscar.flores@upamozoc.edu.mx](mailto:oscar.flores@upamozoc.edu.mx)  
**RNA:** 03-2010-032610115700-14

**ECORFAN-México, S.C.**  
244 – 2 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](mailto:contacto@ecorfan.org)  
Facebook: ECORFAN-México S. C.

**Twitter:** @EcorfanC

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

### Holdings

Bolivia	Honduras	China	Nicaragua
Cameroon	Guatemala	France	Republic of the Congo
El Salvador	Colombia	Ecuador	Dominica
<b>Peru</b>	<b>Spain</b>	<b>Cuba</b>	<b>Haití</b>
Argentina	Paraguay	Costa Rica	Venezuela
Czech Republic			

- 1. Introducción**
- 2. Objetivos**
- 3. Sección teórico-experimental**
- 4. Resultados**
- 5. Conclusiones**

# Introducción

El aprovechamiento de la energía del Sol de manera directa o indirectamente ha sido una constante en la humanidad, la necesidad de emplear nuevos métodos de generación de energía que sean de pequeño o nulo impacto ecológico ha dado como resultado el estudio de los métodos que emplean recursos renovables.

Los sistemas fotovoltaicos son sistemas silenciosos limpios que no afectan el medio ambiente, los paneles solares pueden ser añadidos gradualmente y así incrementar la energía disponible de acuerdo a la demanda. Cabe mencionar que la inversión inicial es significativa, pero su retorno es de corto a mediano plazo.

Uno de los problemas que mayor impacto puede llegar a tener un sistema fotovoltaico es la limpieza de las placas solares, teniendo en cuenta el tipo de suelo y la exposición a la intemperie que tienen, la limpieza es un problema que se debe atacar de la mejor forma para no afectar la producción de energía pero que tampoco implique un gasto económico perjudicial.

En este proyecto se propone la técnica de limpieza por pértigas y agua, así como el número de limpiezas al año apropiado para evitar que los paneles solares del parque solar de la Universidad Politécnica de Amozoc disminuyan su eficiencia debido a las condiciones que se presentan por el tipo de suelo y afecten la producción total del parque solar.

# Objetivo

## Objetivo general:

Se realizará un estudio de la reducción de la eficiencia energética del parque solar UPAM por suciedad y deposición de polvo aplicando la técnica de limpieza de Pértigas y agua.

## Sección teórico-experimental

Se define como sistema fotovoltaico el conjunto de componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos que concurren para captar y transformar la energía solar disponible, en energía eléctrica.

Estos sistemas, independientemente de su utilización y del tamaño de potencia, se pueden dividir en dos categorías:

- *Sistemas conectados a la red*
- *Sistemas aislados*

# Sección teórico-experimental

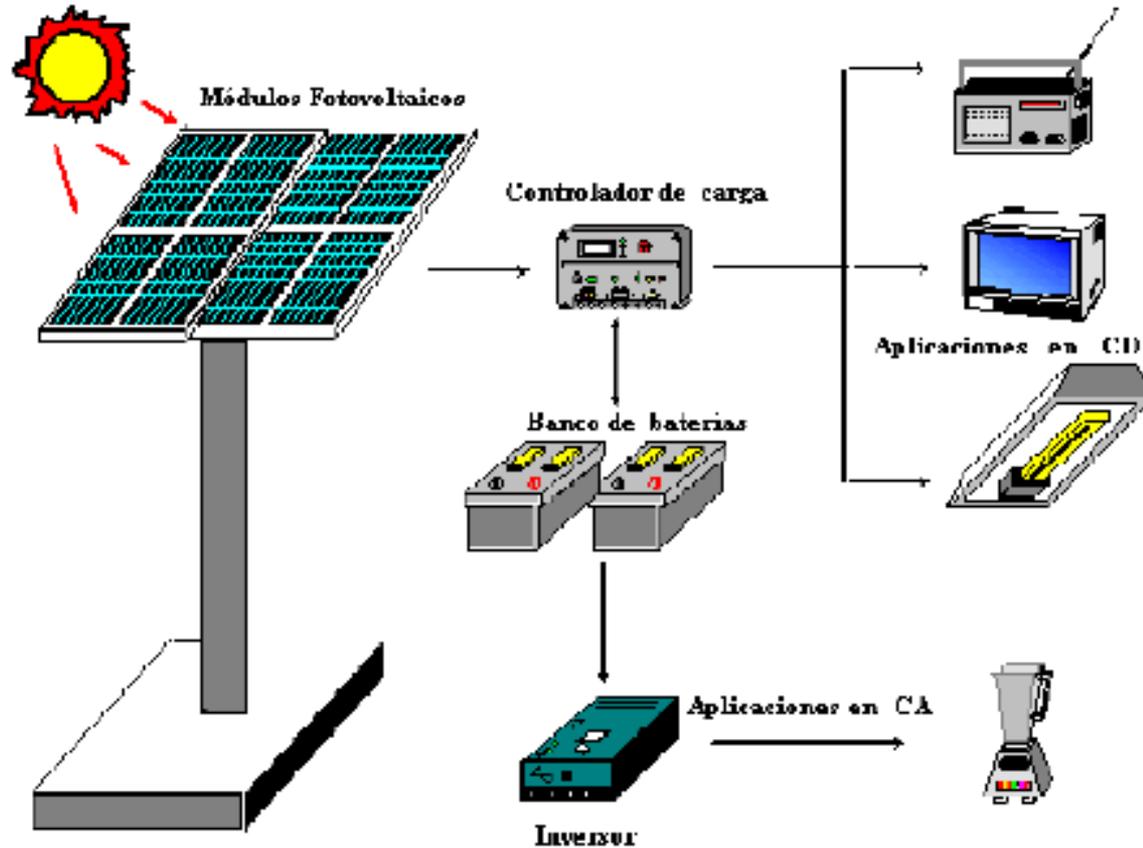
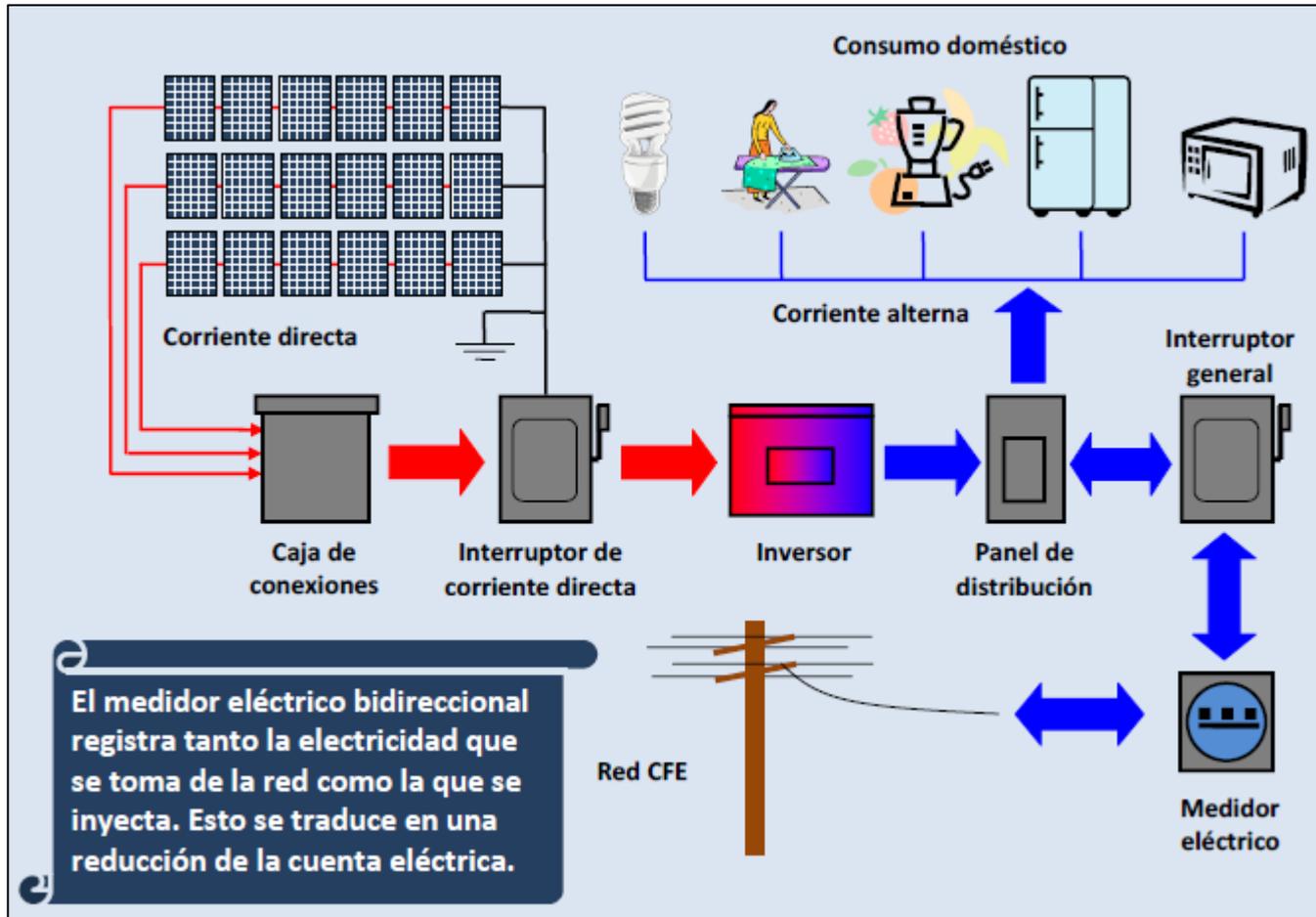


Figura 1. Sistema aislado.

# Sección teórico-experimental



**Figura 2.** Sistema conectado a la red.

# Distintas tecnologías de limpieza



Técnica de pértigas y agua



Técnica de Agua a presión



Técnica de rodillo autopropulsado



Técnica mecanizados-automáticos

**Figura 3.** Técnicas de Limpieza.

## Relación de rendimiento o PR

El coeficiente de rendimiento es una medida de la calidad de una planta fotovoltaica que es independiente de la ubicación y por lo tanto a menudo descrito como un factor de calidad. La relación de rendimiento (PR) muestra la proporción de la energía que está realmente disponible para la exportación a la red después de la deducción de la pérdida de energía y del consumo de energía para la operación.

**El Parque solar UPAM** genera 86.4 MWh al año, con esta cantidad de generación se abastece el 60 % del consumo de la Universidad Politécnica de Amozoc, consta de 200 paneles monocristalinos Solartec de 250 W y 5 inversores Fronius IG Plus V 10.0-3. El proyecto se localiza en Amozoc de Mota, Puebla.



**Figura 4.** Parque solar UPAM.

# Metodología

Se realizó un seguimiento a la limpieza de los paneles solares, la cual inicio en el mes de enero de 2016 y finalizo en enero de 2017, durante ese periodo de tiempo se aplicó la técnica de limpieza de Pértigas y agua, en los meses de enero, febrero, mayo, agosto, octubre, noviembre y diciembre de 2016 y enero de 2017, y se comparó el PR que se obtuvo por inversor. Se aplicó en estos meses la técnica de limpieza porque es cuando existe más polvo en la universidad.



**Figura 5.** Limpieza de los paneles con la técnica de pértigas y agua.

# Metodología

En la figura 6 se muestran los paneles antes y después de aplicar la técnica de limpieza, como se puede observar en los paneles la deposición de polvo es uniforme.

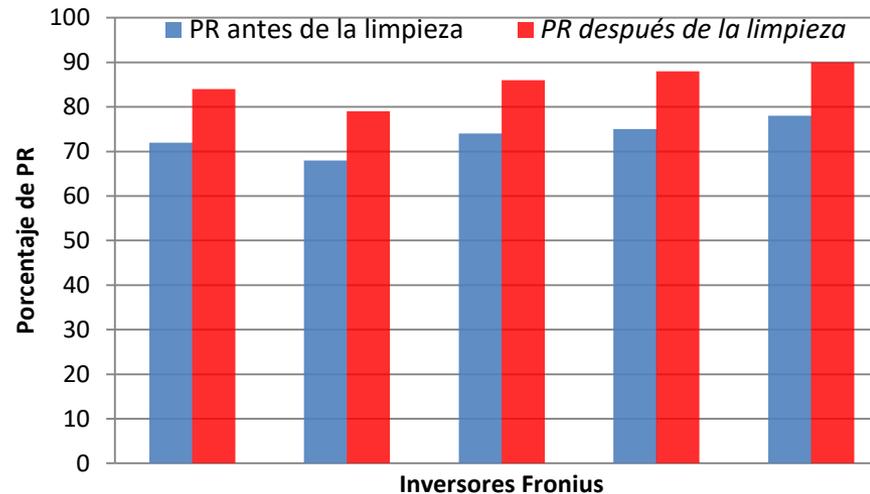


**Figura 6.** Paneles antes y después de aplicar la técnica de limpieza.

# Resultados

En la figura 7 se observa un aumento promedio de aproximadamente el 11% por cada inversor en las mediciones antes y después de aplicar la técnica de limpieza.

Comparación de PR antes y después de la limpieza de los paneles



**Figura 7.** Gráfica de comparación de PR antes y después de limpieza.

# Resultados

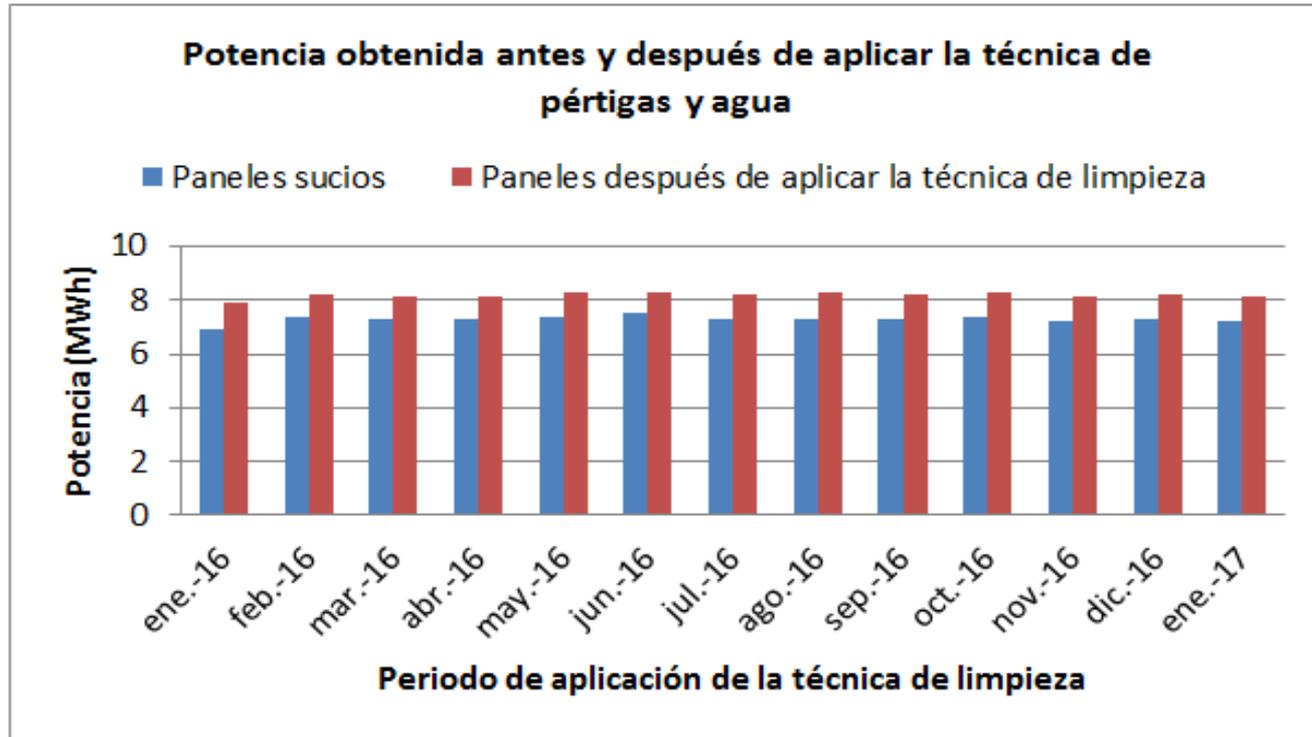
En la la tabla 1, se observa la cantidad de agua que se requiere para la limpieza del parque solar UPAM.

Cantidad de agua utilizada para limpiar el parque solar UPAM con la técnica de Pértigas y agua		
Litros de agua por panel	Litros de agua por string	Litros de agua para el parque solar
2.3	92	460

**Tabla 1.** Consumo de agua en la limpieza total de paneles.

# Resultados

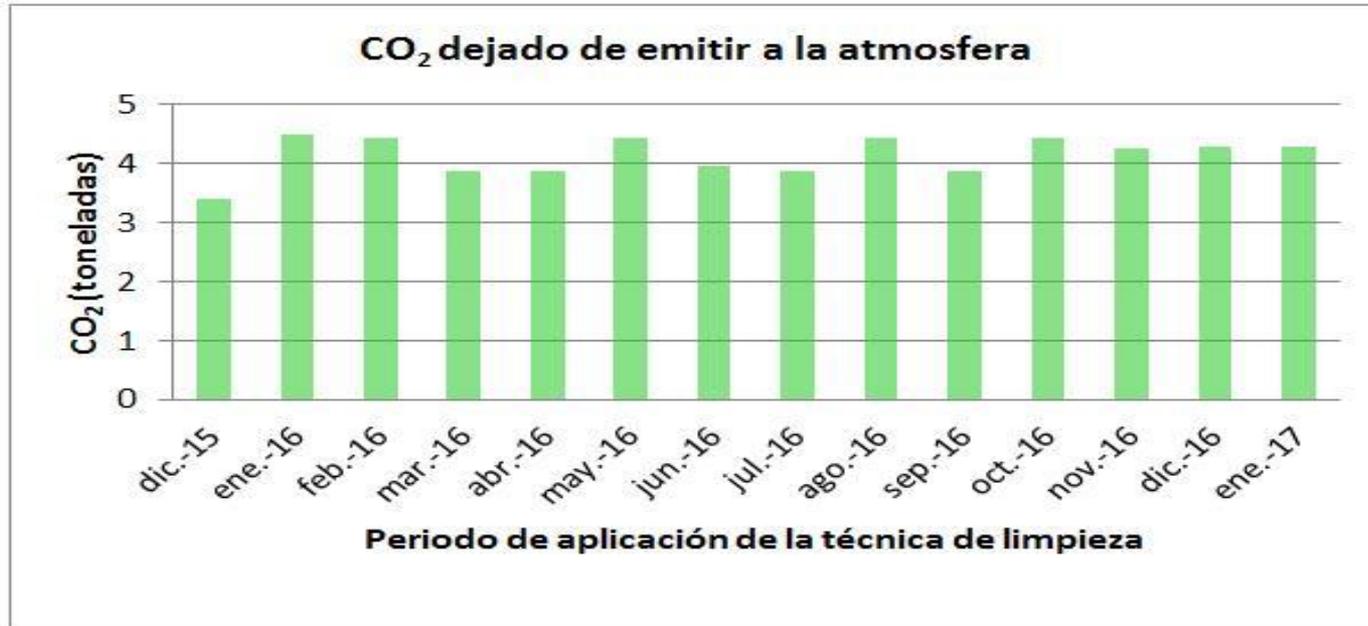
El sistema fotovoltaico se puso en marcha en noviembre de 2014 y la primera limpieza se realizó en enero de 2016, como se muestra en la figura 8.



**Figura 8.** Resultados de potencia obtenidos antes y después de aplicar la limpieza de paneles.

# Resultados

En la figura 9 se muestra las toneladas de bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) que se deja de emitir a la atmosfera.



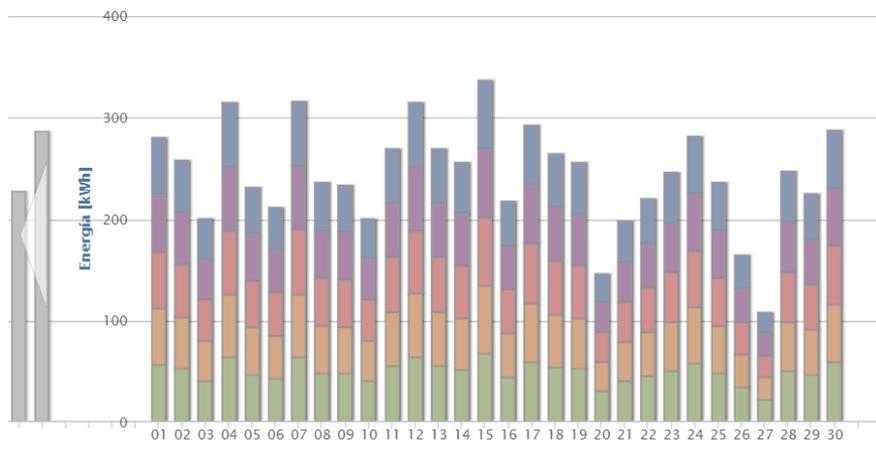
**Figura 9.** Bióxido de carbono dejado de emitir a la atmosfera.

# Resultados

En la figura 10 se muestra la potencia generada en el mes de septiembre cuando los paneles solares se estaban sucios, en la figura 11 se muestra la potencia generada después de aplicar la técnica de pértigas y agua, como se observa en dichas figuras existe un aumento del 12 % en la producción de energía eléctrica.

7,31 MWh  
septiembre de 2016

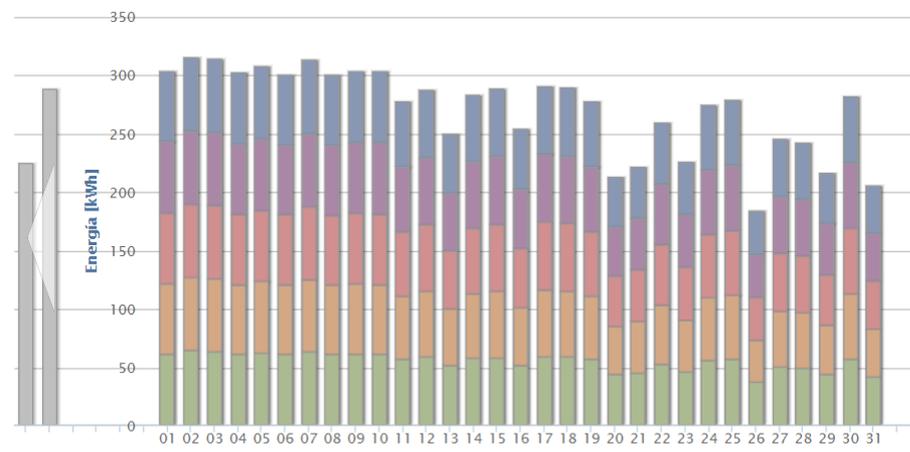
■ IG Plus V/A 10.0-3 Delta (# 1)    ■ IG Plus V/A 10.0-3 Delta (# 2)  
■ IG Plus V/A 10.0-3 Delta (# 3)    ■ IG Plus V/A 10.0-3 Delta (# 4)  
■ IG Plus V/A 10.0-3 Delta (# 5)



**Figura 10.** Generación de potencia en el mes de septiembre, cuando los paneles estaban sucios.

8,40 MWh  
octubre de 2016

■ IG Plus V/A 10.0-3 Delta (# 1)    ■ IG Plus V/A 10.0-3 Delta (# 2)  
■ IG Plus V/A 10.0-3 Delta (# 3)    ■ IG Plus V/A 10.0-3 Delta (# 4)  
■ IG Plus V/A 10.0-3 Delta (# 5)



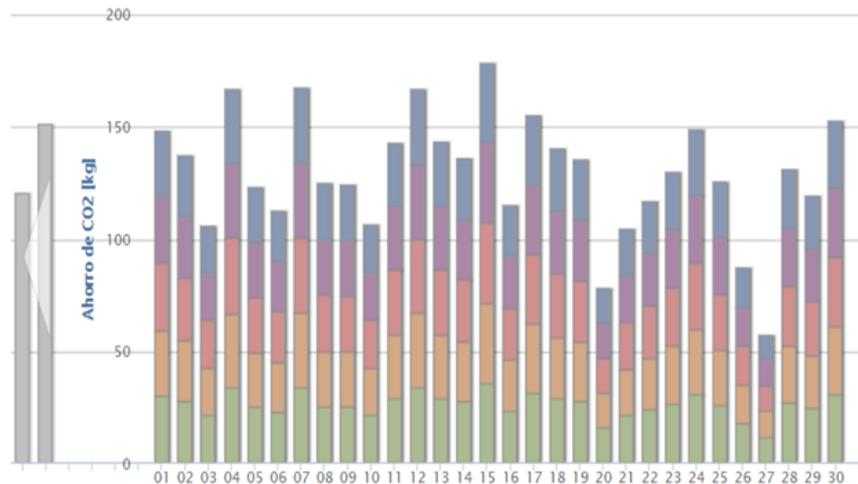
**Figura 11.** Generación de potencia en el mes de octubre, después de aplicar la técnica de limpieza.

# Resultados

En la figura 12 se muestra la cantidad de CO<sub>2</sub> que se deja de emitir a la atmosfera en el mes de septiembre cuando los paneles estaban sucios, en la figura 13 se muestra la cantidad de CO<sub>2</sub> que el parque solar UPAM evita que llegue a la atmosfera después de aplicar la limpieza de los paneles.

3,87 t CO<sub>2</sub>  
septiembre de 2016

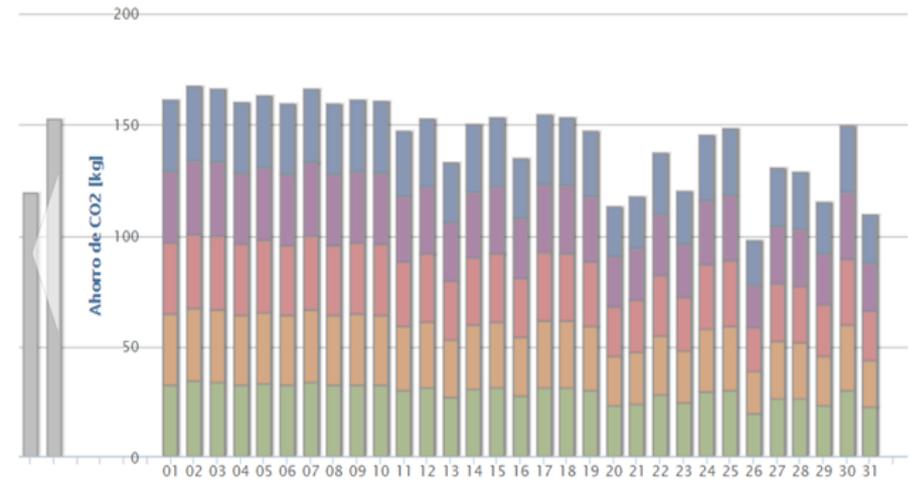
■ IG Plus V/A 10.0-3 Delta (# 1)    ■ IG Plus V/A 10.0-3 Delta (# 2)  
■ IG Plus V/A 10.0-3 Delta (# 3)    ■ IG Plus V/A 10.0-3 Delta (# 4)  
■ IG Plus V/A 10.0-3 Delta (# 5)



**Figura 12.** CO<sub>2</sub> dejado de emitir a la atmosfera cuando los paneles están sucios.

4,45 t CO<sub>2</sub>  
octubre de 2016

■ IG Plus V/A 10.0-3 Delta (# 1)    ■ IG Plus V/A 10.0-3 Delta (# 2)  
■ IG Plus V/A 10.0-3 Delta (# 3)    ■ IG Plus V/A 10.0-3 Delta (# 4)  
■ IG Plus V/A 10.0-3 Delta (# 5)



**Figura 13.** CO<sub>2</sub> dejado de emitir a la atmosfera cuando los paneles están sucios.

## Conclusiones

- Se requieren aproximadamente 460 litros de agua para realizar la limpieza del parque solar UPAM con la técnica de Pértigas y agua.
- Con la técnica de Pértigas y agua evitamos perder entre 11 y 12% de potencia total del parque solar UPAM, aproximada de 0.8 MWh mensual. Se tiene un ahorro de \$ 21,859.00 anual.
- Con el uso de la técnica pértigas y agua y con una aplicación promedio de 5 veces al año se garantiza que el parque solar UPAM no tendrá pérdidas significativas en su producción energética anual.

# Conclusiones

- Con respecto a los combustibles fósiles se deja de quemar 117.46 litros de gasolina al mes cuando se realiza la limpieza de los paneles. El funcionamiento del parque ayuda a disminuir 50.35 toneladas de CO<sub>2</sub> al año.
- Este estudio de técnicas de limpieza es específicamente para este parque solar ya que cada parque cuenta con factores particulares que afectan de manera directa a la limpieza de paneles como el tipo de clima, la frecuencia de corrientes de aire, el tipo de suelo, y la forma en cómo se distribuyen los paneles en la planta.



**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. BCIERMIMI is part of the media of ECORFAN-Mexico, S.C., E: 94-443.F: 008- ([www.ecorfan.org/](http://www.ecorfan.org/) booklets)