

ISSN 2523-6776

Volumen I, Número I — Enero — Marzo - 2017

# Revista de Ingeniería Tecnológica

ECORFAN®



**ECORFAN-Taiwán**

## **Indización**

- RESEARCH GATE
- GOOGLE SCHOLAR
- HISPANA
- MENDELEY

**ECORFAN-Taiwán**

**Directorio Principal**

RAMOS-ESCAMILLA, María. PhD.

**Director Regional**

VARGAS-DELGADO, Oscar. PhD.

**Director de la Revista**

PERALTA-CASTRO, Enrique. MsC.

**Edición Tipográfica**

TREJO-RAMOS, Iván. BsC.

**Edición de Logística**

SERRUDO-GONZALEZ, Javier. BsC.

Revista de Ingeniería Tecnológica, Volumen 1, Número 1, de Enero a Marzo 2017, es una revista editada trimestralmente por ECORFAN-Taiwán. Taiwan, Taipei. YongHe district, ZhongXin, Street 69. Postcode: 23445. WEB: [www.ecorfan.org/taiwan](http://www.ecorfan.org/taiwan), [revista@ecorfan.org](mailto:revista@ecorfan.org). Editora en Jefe: RAMOS-ESCAMILLA, María. ISSN 2523-6776

. Responsables de la última actualización de este número de la Unidad de Informática ECORFAN. ESCAMILLA-BOUCHÁN Imelda, LUNA-SOTO, Vladimir, actualizado al 31 de Marzo 2017.

Las opiniones expresadas por los autores no reflejan necesariamente las opiniones del editor de la publicación.

Queda terminantemente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin permiso del Instituto Nacional de defensa de la competencia y protección de la propiedad intelectual.

## **Consejo Editorial**

BELTRÁN-MIRANDA, Claudia. PhD  
Universidad Industrial de Santander, Colombia

BELTRÁN-MORALES, Luis Felipe. PhD  
Universidad de Concepción, Chile

RUIZ-AGUILAR, Graciela. PhD  
University of Iowa, U.S.

SOLIS-SOTO, María. PhD  
Universidad San Francisco Xavier de Chuquisaca, Bolivia

GOMEZ-MONGE, Rodrigo. PhD  
Universidad de Santiago de Compostela, España

ORDÓÑEZ-GUTIÉRREZ, Sergio. PhD  
Université Paris Diderot-Paris, Francia

ARAUJO-BURGOS, Tania. PhD  
Universita Degli Studi Di Napoli Federico II, Italia

SORIA-FREIRE, Vladimir. PhD  
Universidad de Guayaquil, Ecuador

## **Consejo Arbitral**

VGPA. MsC

Universidad Nacional de Colombia, Colombia

EAO. MsC

Universidad Nacional de Colombia, Colombia

MMD. PhD

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, México

BRIIIG. PhD

Bannerstone Capital Management, U.S.

EAO. MsC

Bannerstone Capital Management, U.S.

OAF. PhD

Universidad Panamericana, México

CAF. PhD

Universidad Panamericana, México

RBJC. MsC

Universidad Panamericana, México

## Presentación

ECORFAN, es una revista de investigación que publica artículos en el área de: Ingeniería Tecnológica.

En Pro de la Investigación, Enseñando, y Entrenando los recursos humanos comprometidos con la Ciencia. El contenido de los artículos y opiniones que aparecen en cada número son de los autores y no necesariamente la opinión de la Editora en Jefe.

Como primer artículo está *Caracterización energética de un sistema fotovoltaico interconectado a red nivel residencial* por OVANDO-SIERRA, Juan, CASTILLO-TELLEZ, Margarita, HUCHIN-MISS, Mauricio y QUEJ-COSGALL, Héctor con adscripción en la Universidad Autónoma De Campeche, como siguiente artículo está *Sistema de control para posicionamiento angular en un motor a pasos* por GUTIERREZ-GRANADOS, Cuitláhuac, ESPINOSA-AHUMADA, Elías y HERNÁNDEZ-DIEGO, Pablo César con adscripción en la Universidad Tecnológica de San Juan del Río, como siguiente artículo está *Diseño de un equipo termosolar para el tratamiento de lactosuero* por OLGUÍN-CAMACHO, Juan, ROJO-PEÑA, Daniel, VENTURA-CRUZ, Ignacio y JIMÉNEZ-ISALS, Donaji con adscripción en el Instituto Tecnológico Superior De Huichapan, como siguiente artículo está *Manipulación de motor Shunt, monitoreo de temperatura y vibración mecánica mediante App Virtuino y módulo Esp8266 vía wifi* por LÓPEZ-TOLEDO, Eliut, como siguiente artículo está *Comportamiento armónico del conductor neutro para determinación de variables que lo afectan en alimentación monofásica* por HERNÁNDEZ-CORONA, José Luis y ALBORES-VELASCO, Francisco Javier con adscripción en la Universidad Tecnológica de Tlaxcala y la Universidad Autónoma de Tlaxcala, como siguiente artículo está *Caracterización de perfiles de generación de energía eléctrica en sistemas fotovoltaicos de pequeña escala* por VENEGAS-TRUJILLO, Tiberio, CONTRERAS-AGUILAR, Luis, CASTILLO-TOPETE, Víctor y CONCHA-SÁNCHEZ, Antonio con adscripción en la Universidad de Colima.

## Contenido

Artículo	Página
<b>Caracterización energética de un sistema fotovoltaico interconectado a red nivel residencial</b> OVANDO-SIERRA, Juan, CASTILLO-TELLEZ, Margarita, HUCHIN-MISS, Mauricio y QUEJ-COSGALL, Héctor	1-10
<b>Sistema de control para posicionamiento angular en un motor a pasos</b> GUTIERREZ-GRANADOS, Cuitláhuac, ESPINOSA-AHUMADA, Elías y HERNÁNDEZ-DIEGO, Pablo César	11-19
<b>Diseño de un equipo termosolar para el tratamiento de lactosuero</b> OLGUÍN-CAMACHO, Juan, ROJO-PEÑA, Daniel, VENTURA-CRUZ, Ignacio y JIMÉNEZ-ISALS, Donaji	20-28
<b>Manipulación de motor Shunt, monitoreo de temperatura y vibración mecánica mediante App Virtuino y módulo Esp8266 vía wifi</b> LÓPEZ-TOLEDO, Eliut	29-38
<b>Comportamiento armónico del conductor neutro para determinación de variables que lo afectan en alimentación monofásica</b> HERNÁNDEZ-CORONA, José Luis y ALBORES-VELASCO, Francisco Javier	39-47
<b>Caracterización de perfiles de generación de energía eléctrica en sistemas fotovoltaicos de pequeña escala</b> VENEGAS-TRUJILLO, Tiberio, CONTRERAS-AGUILAR, Luis, CASTILLO-TOPETE, Víctor y CONCHA-SÁNCHEZ, Antonio	48-56
<i>Instrucciones para Autores</i>	
<i>Formato de Originalidad</i>	
<i>Formato de Autorización</i>	

## Caracterización energética de un sistema fotovoltaico interconectado a red nivel residencial

OVANDO-SIERRA, Juan†\*, CASTILLO-TELLEZ, Margarita, HUCHIN-MISS, Mauricio y QUEJ-COSGALL, Héctor

*Universidad Autónoma De Campeche*

Recibido 2 de Enero, 2017; Aceptado 8 de Marzo, 2017

### Resumen

El objetivo principal del trabajo es comparar los parámetros eléctricos, previo y posterior a la instalación de un sistema fotovoltaico interconectado a red, de acuerdo a la reforma energética y al uso de los sistemas fotovoltaicos interconectados a la red eléctrica nacional. Se realiza la caracterización energética de un sistema interconectado a red, con la finalidad de analizar los parámetros eléctricos (potencia activa, energía, potencia reactiva, factor de potencia y distorsión armónica), así como, el comportamiento del sistema antes y después de la interconexión a la red. El estudio se llevó a cabo en un inmueble residencial de tarifa 1C, dos fases y tres hilos con un consumo de energía promedio en los últimos 3 bimestres de 969 KWh. Los módulos fotovoltaicos empleados pertenecen al modelo phono solar 260W. El sistema cuenta con una potencia pico de 5.2 KW y un aporte energético promedio de 13.1 KWh/día según datos de facturación eléctrica. Para monitorear el sistema, se instaló un analizador de redes AEMC power pad 3945-B. De esta forma, se podrá conocer a detalle las variaciones en los parámetros eléctricos y comparar los cambios producidos en el sistema.

**Fotovoltaico, caracterización, parámetros, potencia**

### Abstract

The main goal of the work is to compare the electrical parameters, before and after to the installation of a photovoltaic system interconnected to grid, in accordance to the energetic reform and the use of photovoltaic systems interconnected to the national grid. It realize the energy characterization of an interconnected grid system, in order to analyse the electrical parameters (active power, energy, reactive power, power factory and harmonic distortion), as well as, the behaviour of the system before and after the interconnection to the grid. The study was done in a residential building of 1C fee, two phases, and three wires with an average energy consumption in the last three two-months of 969 KWh. The photovoltaic modules used belong to phono solar 260W model. The system has a peak power of 5.2 KW and an average energy contribution of 13.1 KWh per day according to electric billing data. To monitor the system, it installed an electric power analyzer AEMC power pad 3945-B. In this way, it will be possible to know in detail the variations in the electrical parameters and to compare the changes produced in the system.

**Photovoltaic, characterization, parameters, power**

**Citación:** OVANDO-SIERRA, Juan, CASTILLO-TELLEZ, Margarita, HUCHIN-MISS, Mauricio y QUEJ-COSGALL, Héctor. Caracterización energética de un sistema fotovoltaico interconectado a red nivel residencial. Revista de Ingeniería Tecnológica 2017. 1-1:1-10

\*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: jcovando@uacam.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.



## Introducción

Los sistemas fotovoltaicos interconectados a la red (SFIR) eléctrica a nivel residencial, han causado un impacto positivo, debido a la reducción de costos en la facturación bimestral en los usuarios con un moderado y alto consumo de energía (Cayetano, González , Katt, & Cruz , 2015). A través del aporte energético de los módulos solares, mejora la calidad del servicio de suministro de energía eléctrica en baja tensión (Cáceres, 2012). Sin embargo, dicho aporte energético, disminuye debido a condiciones ambientales que perjudican la generación de energía. Dentro de las condiciones, se encuentran: radiación, sombras, temperatura ambiente y polvo atmosférico (Dibene Arriola, Paredes Vázquez , & Messina López, 2016). Cuando un sistema fotovoltaico se interconecta al tablero eléctrico residencial, modificará el comportamiento de los parámetros eléctricos de la instalación de acuerdo a las condiciones ambientales antes mencionadas.

El objetivo de este artículo consiste en dar a conocer los cambios efectuados de una instalación eléctrica residencial mediante el estudio de los parámetros eléctricos al entrar en operación un SFIR de 5.2 KWp instalado en la ciudad de San Francisco de Campeche. Los parámetros eléctricos fueron monitoreados por un analizador de redes modelo AEMC 3945-B, que se conectó en el tablero principal. Bajo este contexto se presenta el diseño de la instalación, los equipos empleados y los resultados gráficos obtenidos.

## Características de la instalación



**Figura 1** SFIR 5.2KWp

La figura 1 muestra el sistema fotovoltaico instalado. Debido a las sombras y características constructivas del techo algunos módulos se colocaron en una orientación e inclinación diferente, tratando de minimizar las pérdidas en el sistema. El inmueble contó con la superficie requerida para la instalación. Sin embargo, los espacios eran irregulares y con sombras. Por lo tanto, se realizaron modificaciones a algunas estructuras considerando la inclinación (20°), orientación y separación adecuada para labores de mantenimiento.

Los equipos empleados en la instalación se presentan en la tabla 1

Componentes SFIR		
Módulo	Phono solar policristalino	260W
Inversor	Fronius primo 5.0-1	

**Tabla 1** Componentes SFIR

El SFIR está formado por un arreglo de 20 módulos de 260W cada uno marca phono solar, un inversor Fronius primo de 5000W y estructuras de soporte de aluminio, caja combinadora y accesorios varios.

El sistema de generación se configuró en un arreglo de dos circuitos fuentes de 10 paneles conectados en serie-paralelo. En la tabla 1 y 2 se resumen las principales características de los equipos.

Características eléctricas	
Modelo	PS260P-20/U
Pmax	260W
Impp	8.54A
Vmpp	30.6V
Isc	8.90A
Voc	38V

**Tabla 2** Características del módulo

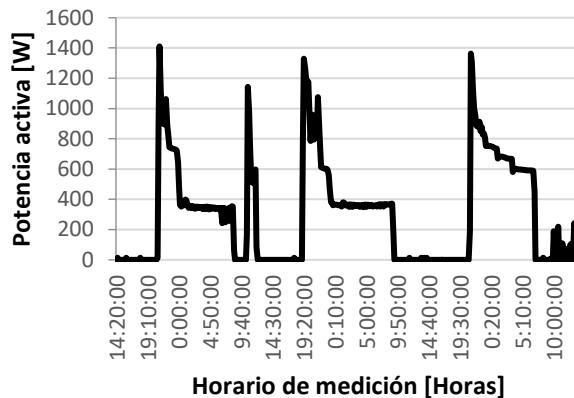
Características eléctricas	
Entrada	
Rango tensión MPP	240-800 V
Tensión entrada nominal	660V
Isc max	22.5 A
Salida	
Max potencia de salida	5000W
Tensión de red nominal	208/220/240 V
Corriente salida nominal	24/22.7/20.8 A

**Tabla 3** Características del inversor

### Parámetros eléctricos previa instalación del SFIR

Para conocer los parámetros eléctricos del inmueble, se instaló el analizador de redes AEMC 3945-B por un período de 4 días (sábado a miércoles). Las mediciones iniciaron a partir de las 14:00 horas, cuando ya existe actividad en la residencia. Los resultados se muestran en los siguientes gráficos:

### Comportamiento de la potencia activa

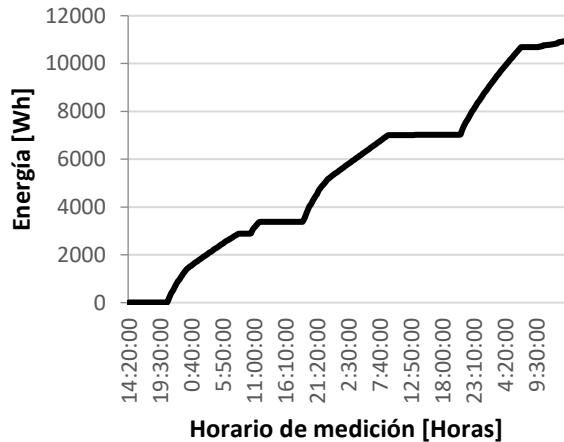


**Gráfico 1** Potencia demanda 04-08/Febrero /2017 [W]

*Fuente:* Analizador de redes 3945-B

Los picos de demanda tienen un rango de 1144 W-1410 W y se dan a las 19:00 o 20:20 horas. Estos picos se relacionan con las cargas de aires acondicionados inverter y diversos aparatos eléctricos que entran en operación simultáneamente. Por lo general en el horario de 9:00-14:00, no se encuentran personas en la residencia, por lo tanto, los valores de demanda permanecen cercanos a 0 W. Los picos de demanda se estabilizan en un horario cercano a las 0:00 horas para el primer y tercer día de medición.

**Comportamiento del consumo de energía**

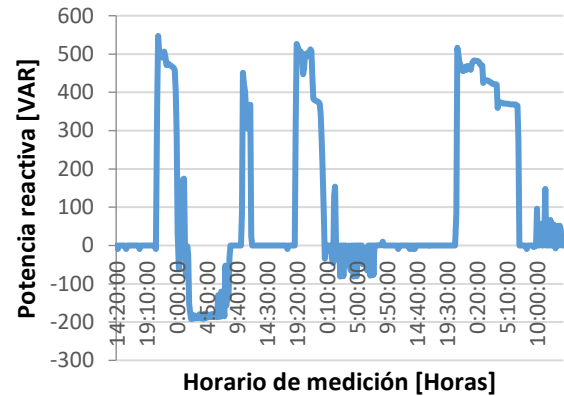


**Gráfico 2** Consumo energía 04-08/Febrero/2017 [Wh]

*Fuente:* Analizador de redes 3945-B

El consumo de energía de acuerdo al gráfico inicia a las 20:40 en el primer día de medición. La curva de demanda aumenta hasta un valor de 2847 W registrado a las 8:10 del día siguiente. Posteriormente existe un lapso de tiempo donde el consumo se mantiene en 2882 W hasta que se registra un nuevo aumento en el consumo de 3378 W. El comportamiento se repite para los siguientes días. De manera que el consumo de energía se da en un horario entre 19:00 y 7:00. El comportamiento del consumo por las mañanas no incrementa, manteniendo el mismo valor.

**Comportamiento de la potencia reactiva**

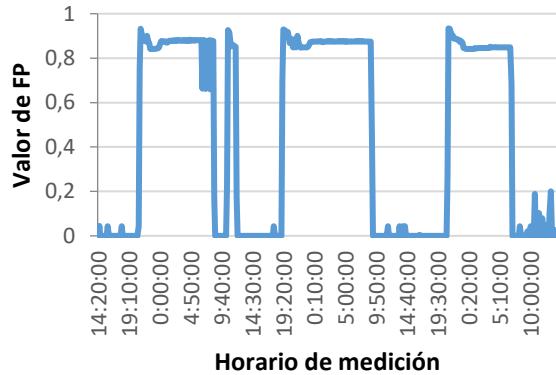


**Gráfico 3** Potencia reactiva 04-08/Febrero/2017 [VAR]

*Fuente:* Analizador de redes 3945-B

La potencia reactiva mantiene una relación con la potencia activa, ya que se observan picos de potencia reactiva al producirse picos de potencia activa. El valor máximo registrado de potencia reactiva es de 547.17 VAR. De igual forma, cuando los picos de potencia activa se estabilizan, tendiendo a mantener un valor constante (0:20-8:20) los VAR decaen en el mismo horario y toman valores negativos debido al funcionamiento de cargas capacitivas. También se puede observar que al no existir demanda de potencia activa el valor de VAR permanece en cero.

### Comportamiento del factor de potencia



**Gráfico 4** Factor de potencia 04-08/Febrero/2017

*Fuente:* Analizador de redes 3945-B

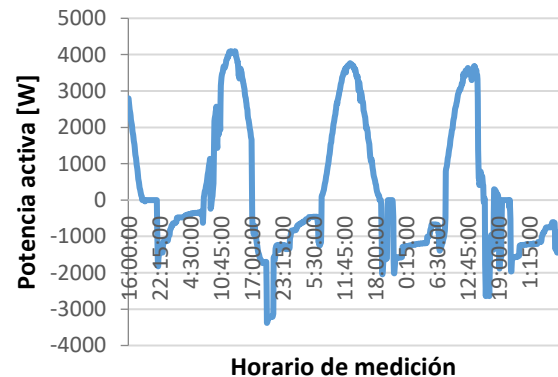
Al inicio de la medición, al no existir demanda de potencia activa, los valores de factor de potencia se mantienen en cero. Al entrar en operación una mayor cantidad de cargas en la residencia a las 20:30 del primer día de medición el valor de factor de potencia aumenta simultáneamente con el pico de demanda hasta un valor de 0.93. Posteriormente el FP se estabiliza a la 1:40 manteniendo un valor promedio de 0.87. En las horas que no existe demanda de potencia activa el valor de FP decae a cero y nuevamente repite el mismo comportamiento para el siguiente día al entrar en funcionamiento las cargas residenciales a las 19:00 horas.

### Parámetros eléctricos posterior a la instalación del SFIR

Efectuada la instalación del sistema fotovoltaico y las facilidades brindadas en la residencia, se realizó el monitoreo por un período de 4 días (24-28/Abril/2017). El equipo analizador AEMC 3945-B, inició las mediciones a las 16:00 horas.

Los resultados se muestran en los siguientes gráficos.

### Comportamiento de la potencia activa generada y suministrada

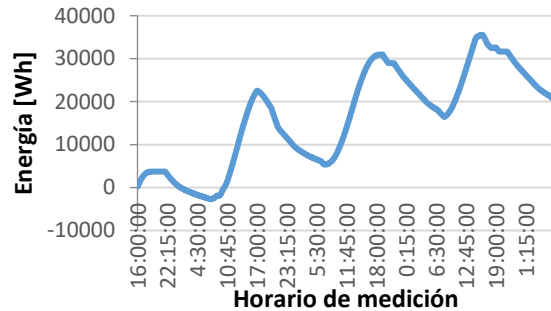


**Gráfico 5** Potencia generada y demandada 24-28/Abril/2017 [W]

*Fuente:* Analizador de redes 3945-B

A las 16:05 horas al registrarse la primera medición un valor de potencia de 2669 W. Dicho valor decae al pasar las horas de forma que a las 18:55 llega a un valor de cero. Para este día el valor de cero se mantiene hasta las 21:50. Posteriormente, después de esa hora se observa que la potencia demandada por la residencia al no existir radiación toma valores negativos, para el primer día el valor pico máximo fue de 1820.33 W. En el segundo día se observa que el sistema FV inicia operaciones alrededor de las 7:15. En el horario comprendido entre las 12:40-13:50 mantiene la máxima generación en un valor promedio de 4000 W y posteriormente inicia la disminución de potencia hasta las 17:05 cuando no existe radiación. El comportamiento para los siguientes días muestra una producción de potencia entre 3400 y 3700 máximos durante el día. Se puede decir que la producción de potencia varía entre 8-12 horas por día.

**Comportamiento del consumo de energía**

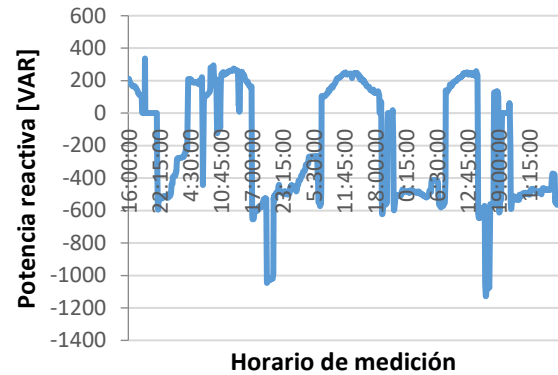


**Gráfico 6** Energía generada y consumida 24-28/Abril/2017 [KWh]

*Fuente:* Analizador de redes 3945-B

En lo que se refiere a la energía, el analizador nos muestra la energía generada por el SFIR y la energía consumida por el inmueble. El comportamiento del consumo de energía muestra pendientes crecientes y decrecientes. Las pendientes crecientes muestran la producción de energía en las horas de radiación solar, mientras que las decrecientes nos muestran el consumo de energía por parte de la residencia en las tardes y horas nocturnas. El comportamiento de producción y consumo de energía muestran comportamientos similares para los distintos días de medición. Los valores máximos de energía generada son de 22,343 Wh, 25,640 Wh y 18,897 Wh.

**Comportamiento de la potencia reactiva**



**Gráfico 7** Potencia reactiva 24-28/Abril/2017 [VAR]

*Fuente:* Analizador de redes 3945-B

El comportamiento de la potencia reactiva muestra que los valores toman cantidades positivas y negativas. Se puede apreciar que en los horarios de radiación solar existen VAR que alcanzan valores mayores promedio a 200 VAR. En los horarios donde no existe radiación solar (parte de la tarde y noches) los valores de VAR se muestran negativos. Este mismo comportamiento se observa en condiciones de nubosidad, ya que se presentan diversas variaciones en los valores de VAR durante el día que incluso por momentos son negativos.

Por otra parte, los picos de potencia reactiva parte de la tarde y durante las noches mantienen valores por arriba de 1000 VAR, sin embargo, cuando se estabilizan toma valores promedio de 500 VAR.

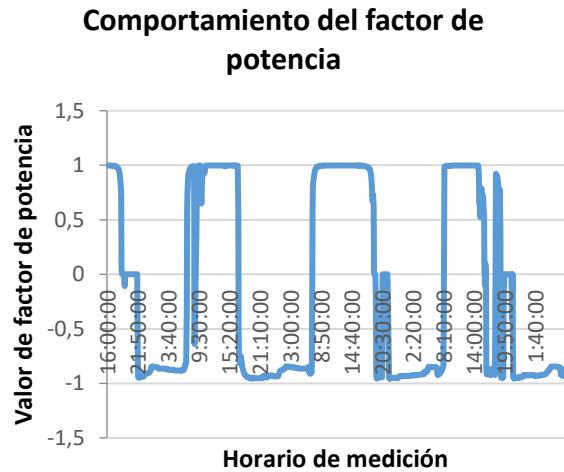


Gráfico 8 Factor de potencia 24-28/Abril/2017

Fuente: Analizador de redes 3945-B

El valor de factor de potencia bajo condiciones de radiación solar tiene valores de 0.996 a 0.998. Se puede notar que en aquellos días cuando la radiación disminuye por nubosidad o baja radiación los valores decaen. En lo que respecta a horarios nocturnos los valores de FP toman valores entre 0.865 a 0.953

**Armónicos de tensión (THDV) y corriente (THDI)**

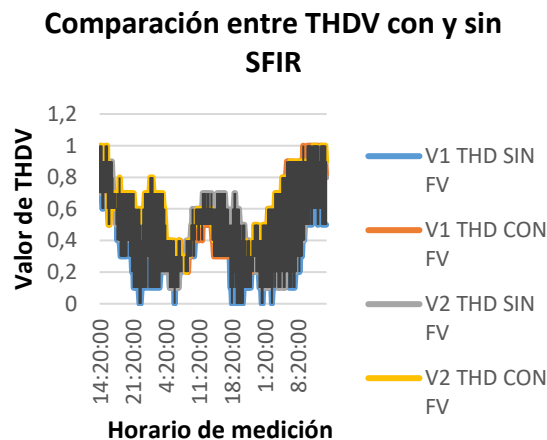


Gráfico 9 % THDV fase-neutro comparación sin SFIR/con SFIR

Fuente: Analizador de redes 3945-B

De acuerdo al comportamiento mostrado en el gráfico, se observa un aumento en los porcentajes de THDV registrados por el analizador después de la instalación del sistema fotovoltaico. El incremento en los porcentajes al instalarse el sistema se mantiene presente para condiciones con y sin radiación.

THDV PROMEDIO	
PARÁMETRO	%
Sin fotovoltaico THDV <sub>1</sub>	0.308
Sin fotovoltaico THDV <sub>2</sub>	0.453
Con fotovoltaico THDV <sub>1</sub>	0.535
Con fotovoltaico THDV <sub>2</sub>	0.622

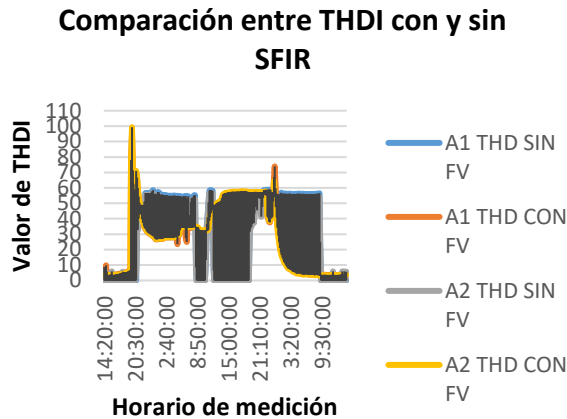
Tabla 4 % THDV promedio sin SFIR/con SFIR

Fuente: Analizador de redes 3945-B

El valor promedio de la distorsión armónica total de tensión (THDV) aumento sus valores promedios, THDV<sub>1</sub> paso de 0.308% a 0.535% y THDV<sub>2</sub> paso de 0.453% a 0.622%. Sin embargo, los valores se encuentran dentro de los límites de distorsión armónica (Especificación G0100-04, 2008), como se muestra en la tabla 6

Tensión KV	Clasificación de tensión	THD %	Límites armónicos individuales
V<1 KV	Baja tensión	8.0	6.0

Tabla 5 Límites de distorsión armónica de tensión en el PAC



**Gráfico 10** % THDI corriente sin SFIR/con SFIR

*Fuente:* Analizador de redes 3945-B

A las 14:20 pm del inicio de la medición la THDI de la fase 1 y de la fase 2, se mantienen en un valor cercano al 5%. En este punto el factor de potencia tiene un valor de 99.7%.

Por la tarde al ocultarse el sol, la THDI de la fase 1 y fase 2, alcanza valores promedio durante el día de 55% disminuyendo el factor de potencia. Lo anterior se debe a que, a mayor distorsión armónica, mayor es la corriente total respecto de su componente fundamental y por ello el factor de potencia disminuye (Horikoshi, 2009).

A mayor nivel de radiación recibe el sistema fotovoltaico, la THDI disminuye a valores cercanos del 5%. Cuando el nivel de radiación disminuye por las tardes, la THDI alcanza valores promedio de 50%.

THDV PROMEDIO	
PARÁMETRO	%
Sin fotovoltaico THDI <sub>1</sub>	27.77
Sin fotovoltaico THDI <sub>2</sub>	27.25
Con fotovoltaico THDI <sub>1</sub>	29.79
Con fotovoltaico THDI <sub>2</sub>	29.90

**Tabla 6** % THDI promedio sin SFIR/con SFIR

*Fuente:* Analizador de redes 3945-B

## Conclusiones

Los valores de la potencia activa al instalar el sistema fotovoltaico reflejan un comportamiento diferente de operación debido a que el monitoreo del sistema refleja la potencia generada por el sistema solar y la potencia demanda por el inmueble al no existir radiación.

Los cambios en lo que respecta al comportamiento de la energía se aprecian a través de las pendientes crecientes que nos indican la generación de energía del sistema solar y las pendientes decrecientes donde se aprecia la disminución de la generación de energía por parte del sistema solar y el consumo de energía en horarios donde no existe radiación solar.

Para el caso de la potencia reactiva, a diferencia del comportamiento sin el sistema fotovoltaico, ahora refleja los VARs asociados a la operación por parte del sistema solar, así como los VARs que se producen por la operación de las cargas en la residencia al no existir radiación solar.

El valor de factor de potencia antes de la instalación mantenía valores de 0.845 a 0.878 bajo condiciones habituales de operación.



Sin embargo, al instalar el sistema solar y estar en operación durante el día se tienen valores de 0.996 a 0.998 que corresponden solo a la operación del sistema fotovoltaico. En las horas sin radiación el factor de potencia toma valores entre 0.865 a 0.953. No se puede afirmar que los valores mencionados son representativos del sistema debido a que el tiempo de monitoreo no es suficiente.

Para el caso de valores de distorsión armónica total, La THDV aumentaron en cantidades menores al 1% y la THDI en cantidades menores al 3% de acuerdo al monitoreo.

## Referencias

- Balda, J. (25 de Octubre de 2011). *Ingeteam*. Obtenido de <http://www.energetica21.com/descargar.php?seccion=articulos&archivo=RDLNGKJmvpJ6WsWzfT3jvwfGltHKnN15RAGYKPA75J1Q3LFWf87PtaW.pdf>
- Cáceres, M. (2012). Caracterización eléctrica de inversores para sistemas fotovoltaicos conectados a la red de baja tensión. 7.
- Calleja, H. (2010). Progreso en sistemas fotovoltaicos conectados a la red eléctrica. 7.
- Cayetano, F., González, R., Katt, A., & Cruz, A. (2015). Sistema fotovoltaico para autoconsumo en uso residencial en Nanchital, Veracruz. *Revista de Tecnología e Innovación*, 12.
- conermex. (2016). *conermex*. Obtenido de [http://www.conermex.com.mx/hojas-tecnicas/01\\_Modulos/ps-260-rv010616.pdf](http://www.conermex.com.mx/hojas-tecnicas/01_Modulos/ps-260-rv010616.pdf)
- conermex. (2016). *conermex*. Obtenido de [http://www.conermex.com.mx/hojas-tecnicas/12\\_Inversores-On-Grid/primo-3.8\\_5.0\\_6.0\\_7.6\\_8.2.pdf](http://www.conermex.com.mx/hojas-tecnicas/12_Inversores-On-Grid/primo-3.8_5.0_6.0_7.6_8.2.pdf)
- Dibene Arriola, L., Paredes Vázquez, C., & Messina López, V. (2016). Efecto del polvo en el desempeño de un arreglo fotovoltaico instalado en un clima costero. *Aplicaciones de la ingeniería*, 10.
- Especificación G0100-04. (Agosto de 2008). *Comisión Federal de Electricidad*.
- Gonzalez Castrillo, P., Romero Cadaval, E., Gonzalez Romera, E., Barrero González, F., & Guerrero Martínez, M. (2011). Influencia de una instalación fotovoltaica conectada a red sobre la calidad de potencia de una red de distribución. 6.
- Hassaine, L. (2010). *Implementación de un control digital de potencia activa y reactiva para inversores. Aplicación a sistemas fotovoltaicos conectados a red*. Leganés.
- Horikoshi, I. (2009). *Análisis de las componentes armónicas de los inversores fotovoltaicos de conexión a red*. Leganés.
- Ley del servicio público de energía eléctrica. (02 de Diciembre de 1975). *Diario Oficial de la Federación*. Obtenido de [http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/abro/lspee/LSPEE\\_abro.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/abro/lspee/LSPEE_abro.pdf)
- Melero Millán, I. (2013). Metodos de inyección de potencia reactiva en redes de baja tensión. 6.



Morales Hernandez , R., & Cáceres Chiquillo , J. (2014). *Estudio de eficiencia y calidad de la energía generada en sistema híbrido eólico-fotovoltaico*. Santa Tecla: ITCA. Obtenido de <http://www.redicces.org.sv/jspui/bitstream/10972/1817/1/05%20ESTUDIO%20DE%20EFICIENCIA%20Y%20CALIDAD%20DE%20LA%20ENERG%3%8DA%20GENERADA%20EN%20SISTEMA%20HIBRIDO%20E%3%93LICO-FOTOVOLTAICO.pdf>

SMA. (17 de Septiembre de 2014). *Sunny central*. Obtenido de <http://files.sma.de/dl/18858/Q-at-Night-TI-es-11.pdf>

## Sistema de control para posicionamiento angular en un motor a pasos

GUTIERREZ-GRANADOS, Cuitláhuac\*†, ESPINOSA-AHUMADA, Elías y HERNÁNDEZ-DIEGO, Pablo César

*Universidad Tecnológica de San Juan del Río, Mecatrónica, Av. La Palma No. 125, Col. Vista Hermosa, San Juan del Río, Querétaro 76800, México*

Recibido 3 de Enero, 2017; Aceptado 2 de Marzo, 2017

### Resumen

En la actualidad, trabajar con paneles solares es una realidad tanto para fines educativos, como profesionales. Sin embargo, la eficiencia de los mismos muchas veces se ve disminuida porque su posicionamiento no es el ideal para obtener la mayor recepción de luz o radiación solar. El objetivo del proyecto es desarrollar un sistema de control de posición angular que puede ser implementado a un conjunto de paneles solares, para así, conseguir una posición ideal con respecto a la ubicación geográfica, hora del día, incidencia de rayos solares, entre otros. El sistema permite que un usuario ingrese un valor deseado en grados, posterior a ello, el sistema calcula cual es el valor real de los grados alcanzados en función de la resolución del motor a pasos, envía señales para que, en primer lugar, el motor se dirija a la posición de 0°, y en segundo lugar se mueva a la posición deseada. Por último, el sistema le indica al usuario el valor real angular alcanzado por el motor a través de un display LCD.

**Sistema de control, posicionamiento angular, motor a pasos**

### Abstract

At present, working with solar panels is a reality for both educational and professional purposes. Nevertheless, their efficiency is often reduced because their positioning is not the ideal to get the highest receiving light or solar radiation. The objective of the project is to develop a control system of the angular position that can be implemented to a set of solar panels, to obtain an ideal position with respect to the geographical location, time of day, the incidence of solar rays, between others. The system allows a user to enter a desired value in degrees, after that, the system calculates which is the real value of reached degrees in function of the resolution of the stepper motor, it sends signals so that, in the first place, the motor goes to the 0 ° position, and secondly it moves to the desired position. Finally, the system indicates the user the real angular value reached by the motor through an LCD display.

**Control system, angular positioning, stepper motor**

**Citación:** GUTIERREZ-GRANADOS, Cuitláhuac, ESPINOSA-AHUMADA, Elías y HERNÁNDEZ-DIEGO, Pablo César. Sistema de control para posicionamiento angular en un motor a pasos. Revista de Ingeniería Tecnológica 2017. 1-1:11-19

\*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: cgutierrezg@utsjr.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

**Introducción**

Los motores a pasos son actuadores electromagnéticos rotatorios que convierten señales digitales en movimiento mecánico (Cortés, Monjaraz, & Soto, *Mecatrónica. Control y automatización.*, 2013). Existe una gran variedad de modelos de estos motores dependiendo del número de fases de su estator, de si la alimentación de estas es unipolar o bipolar, de su resolución de grados por paso y de si su rotor es de reluctancia variable, imanes permanentes o híbridos. (París, 2000)

Merece la pena mencionar que el motor paso a paso es una máquina eléctrica que requiere de electrónica de control para su operación.

En cuanto al control, existen tres modos de realizarlo; paso entero, medio paso y paso doble.

Por otra parte, el imperante uso de las energías renovables en la actualidad hace de la energía solar, una alternativa cada vez más aceptada (Sánchez, 2010) y, de hecho, conforme crezca la popularidad del uso de esta energía, el camino hacia un futuro autosustentable y ecológico se vuelve más realista.

Con respecto a los paneles solares, constantemente se busca obtener la mayor eficiencia posible de ellos, mediante la mejora de los mismos a fin de hacerlos menos costosos y con una eficiencia de conversión mayor. (Crisol, 2016)

Un factor de alta importancia para alcanzar esta eficiencia es el posicionamiento angular de los paneles con respecto a la radiación solar que reciben (Marcombo, 1986), ya que, con base en ello, aumenta o disminuye la generación de energía de manera considerable.

Partiendo de ambas ideas, es que este proyecto busca aprovechar un área de oportunidad para desarrollar un sistema de posicionamiento angular de una gran fiabilidad y precisión, gracias a los motores a pasos, mediante un controlador digital Arduino y una serie de componentes necesarios para el correcto control de los motores mencionados.

El proyecto tendrá, además, la característica de un precio reducido en comparación a otro tipo de sistemas que hacen uso de servomotores y una electrónica más complicada. El proyecto tiene la posibilidad de controlar a voluntad del usuario el ángulo en el que se posicionarán los paneles solares, con lo cual no se limita el desplazamiento de estos a un algoritmo previo.

**Metodología y materiales****Operación del prototipo**

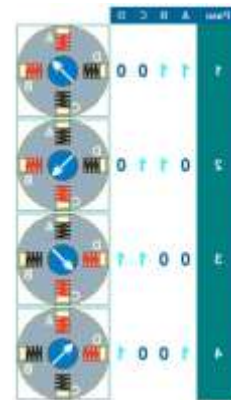
El sistema consiste, de manera general, en un par de motores a pasos, cuya posición angular será ingresada por medio de un teclado matricial tipo membrana. Por medio de un display LCD se podrán observar valores referentes a la posición del motor y con un optoacoplador tipo herradura se monitorea una posición específica ( $0^\circ$ ) en ambos motores. La identificación de la posición se realiza gracias a un disco graduado que está acoplado en el eje del motor.

Cabe resaltar que la investigación en cuestión es un sistema de lazo abierto, ya que no recibe retroalimentación de la posición angular del motor. (Bolton, Mecatrónica. Sistemas de control electrónico en la ingeniería mecánica y eléctrica., 2012)

Un usuario ingresa un valor numérico (que sea un entero positivo o negativo) al sistema, mediante el teclado, posterior a ello y a través del mismo teclado, selecciona si quiere que el motor A o el motor B se desplace a la posición previamente ingresada. Una vez hecho esto, el motor seleccionado se mueve en primer lugar, a su posición 0, (la cual se precisa gracias al optoacoplador infrarrojo, ya que, en dicha posición, el disco graduado, tiene una perforación que permite el paso de la luz infrarroja del optoacoplador y con ello la obtención de un cambio en el estado lógico de la señal que determina una referencia absoluta) para después moverse a la posición angular deseada.

Una vez terminado este proceso, se debe borrar el dato ingresado para poder volver a realizar la secuencia descrita anteriormente.

En este proyecto se utilizaron motores a pasos con una resolución de  $1.8^\circ$  por paso, y con un control a paso doble, debido a que así trabaja la librería "Stepper" de Arduino (Artero Ó. T., 2016) y alimentados con 5.05 voltios.



**Figura 1** Secuencia de control de paso doble para un motor a pasos

*Fuente:* Página de internet. [1]

Para ingresar datos al sistema, se utilizó un teclado matricial tipo membrana de 4x4.



**Figura 2** Teclado matricial tipo membrana de cuatro filas y cuatro columnas

*Fuente:* Página de internet. [2]

Se utilizaron, además, circuitos integrados ULN2003, los cuales contienen siete pares Darlington del colector abierto con emisores comunes. Cada canal soporta una corriente de 500 mA y picos de 600 mA. Los sensores de referencia para identificar la posición  $0^\circ$  del motor a pasos, fueron optoacopladores tipo herradura H21A1.



**Figura 3** Optoacoplador tipo herradura

*Fuente:* Página de internet. [3]

Un disco graduado se acopló a la flecha del motor, el cual tiene un orificio que nos permite la detección de la posición angular 0° en conjunto con el detector óptico mencionado anteriormente.

Los datos de valor ingresado, valor real alcanzado y la selección del motor se muestran a través de un display LCD de 16x2. (Salas, 2013)

El controlador digital utilizado es un Arduino MEGA 2560, (Cortés & Cid Monjaraz, Arduino. Aplicaciones en Robótica, Mecatrónica e Ingenierías, 2015) cuyo número de entradas y salidas lo hacen óptimo para este proyecto.



**Figura 4** Arduino MEGA con microcontrolador ATmega2560

*Fuente:* Página de internet. [4]

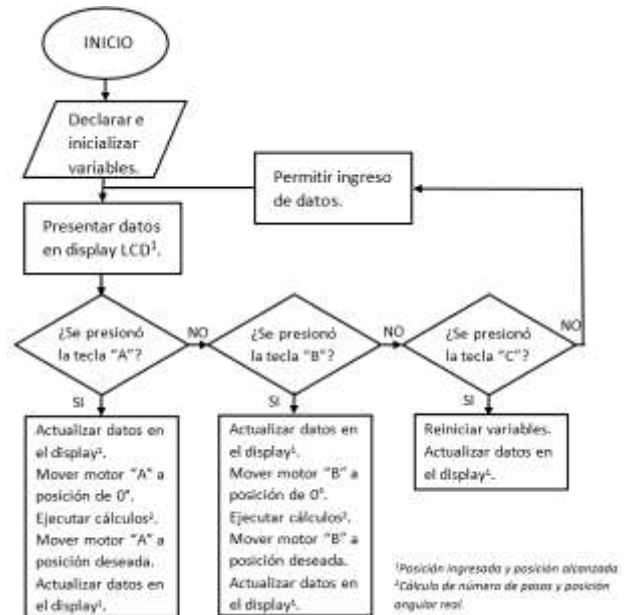
El programa se desarrolló en la plataforma IDE de Arduino.

**Resultados**

**Programación**

Se aprovechó el uso de algunas bibliotecas y funciones disponibles, para el control de los motores a pasos, el display LCD y el teclado matricial. (Calaza, 2015)

La estructura del programa está desarrollada de manera secuencial (Evans, 2007), la cual, continuamente se está ejecutando, sin embargo, el programa es susceptible de amplias mejoras debido a que el entorno de programación del sistema Arduino, así lo permite. (Artero O. T., 2013)



**Figura 5** Diagrama de flujo general del programa del proyecto

*Fuente:* Diagrama propio

Vale la pena comentar que el sistema puede acrecentar el número de motores a ser controlados, siempre y cuando, se considere el límite de terminales con las que se dispone en la tarjeta Arduino MEGA.

```

1 //Declarando las bibliotecas para: display, el motor NXP y el teclado.
2 //Declarando las variables a utilizar.
3 //Creando los objetos teclado, led y motores A/B.
4#void setup() { // Inicializando variables.
5#void loop() { // Inicio del proceso cíclico del programa.
6#  if (texto == 'A')// Al presionar la tecla A, se enciende motor A.
7#  if (texto == 'B')// Al presionar la tecla B, se enciende motor B.
8#  if (texto == 'C')// Al presionar la tecla C, se borran datos.
9#  else// En otro caso, aún se está ingresando un valor numérico.
10#void Calculos()//Subrutina que calcula pasos y grados reales del motor.
11#void Muestra dato()//Subrutina para imprimir los valores del motor.

```

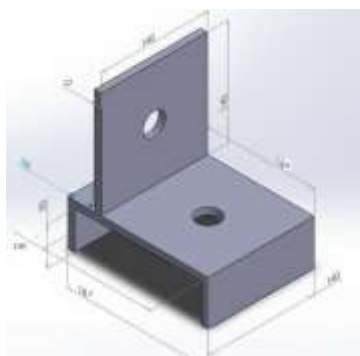
**Figura 6** Porción del código del programa del proyecto (con código plegado)

*Fuente:* Captura de pantalla propia.

**Diseño y elaboración de la estructura**

Tomando en cuenta las medidas de motores, componentes del sistema, diámetro de los discos graduados, etc., se definieron los valores óptimos para el desarrollo de este prototipo; se desarrolló un diseño en conjunto, para soportar y fijar los motores a pasos y elementos periféricos.

Una vez teniendo el diseño y medidas de las piezas, estas se elaboraron en un taller de corte CNC por láser, en material MDF.



**Figura 7** Diseño de la estructura que soportará los dos motores a pasos en el prototipo, realizado en Solid Works

*Fuente:* Diseño propio, realizado en Solid Works.

**Experimentación de campo**

Para el correcto dimensionamiento de la etapa de potencia (Cetinkunt, 2013), fue necesario realizar una medición del consumo de corriente máximo de cada motor.

Mediciones de corriente máxima	
MOTOR "A"	MOTOR "B"
120 mA	140 mA

**Tabla 1** Mediciones del consumo de corriente máxima demandada por cada motor sin carga mecánica acoplada

Las mediciones demostraron que el consumo de corriente promedio en ambos motores, no rebasa los 150 mA, por lo cual, es posible utilizar el circuito integrado ULN2003 como interface de potencia para los motores a pasos. Dicho circuito, puede soportar un máximo de 500 mA promedio en cada canal. Sin embargo, al llevar este proyecto a un entorno real, sería necesario tomar en cuenta la carga mecánica añadida, como lo sería uno o varios paneles solares.

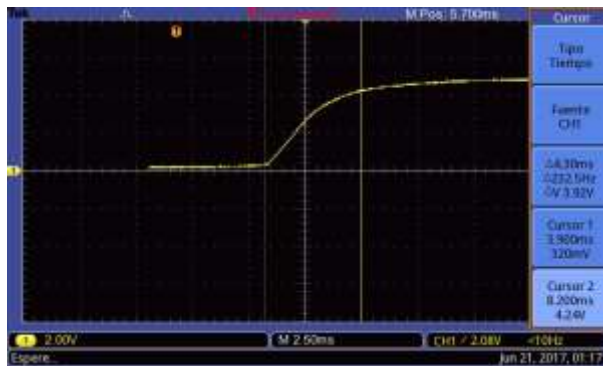
Marca y Modelo	PP (W)	IMP (A)	VMP (V)	ISC (A)	VOC (V)	Dimensiones (MM)	Peso (KG)
SOL-6P-72-320-4BB	920	8,42	38	8,78	41,3	1960x992x46	23,3
SOL-6P-60-265-4BB	265	6,48	31,25	8,73	38,4	1653x992x46	18,5
SOLARTEC KS150T-12V	150	4,10	18,30	4,40	44,20	1478x543x36	10,80
SOLARTEC KS150T-24V	130	8,20	36,60	8,80	22,10	1478x543x36	10,80
SOLARTEC KS100T-24V	100	2,73	36,50	2,93	44,90	1028x543x36	7,75
SOLARTEC KS100T	100	5,46	18,30	5,86	22,10	1028x543x36	7,75
SOLARTEC KS75T	75	4,10	18,30	4,40	22,10	1478x543x36	6,40
SOLARTEC KS56TA	56	3,74	15,00	4,20	18,10	1328x343x36	5,46
SOLARTEC KS50T-24V	50	1,36	36,60	1,86	44,20	1028x543x36	4,50

**Tabla 2** Tabla comparativa de distintos paneles solares de la empresa Solartec<sup>5</sup>



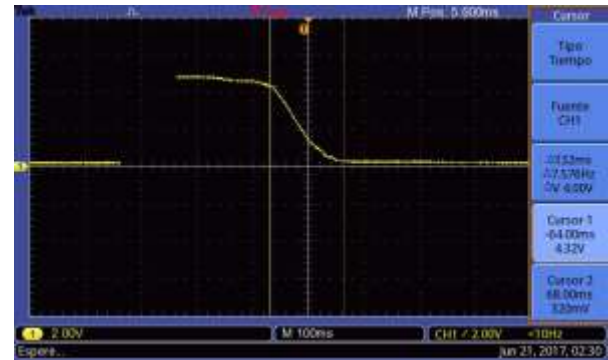
Para elegir los motores apropiados para acoplar al sistema deseado se debe realizar un análisis completo de los paneles disponibles en función de sus medidas geométricas y peso, los cuales son diversos (como vemos en la tabla 2).

Al tratarse de electrónica digital, es necesario verificar los estados lógicos de las entradas y salidas del sistema, (Kuo, 1992) y específicamente del optoacoplador. Por lo cual se realizó la conexión del mismo en protoboard y posteriormente se conectó a un osciloscopio para evaluar la señal de respuesta del optoacoplador en los casos de obstrucción y no obstrucción de la luz infrarroja.



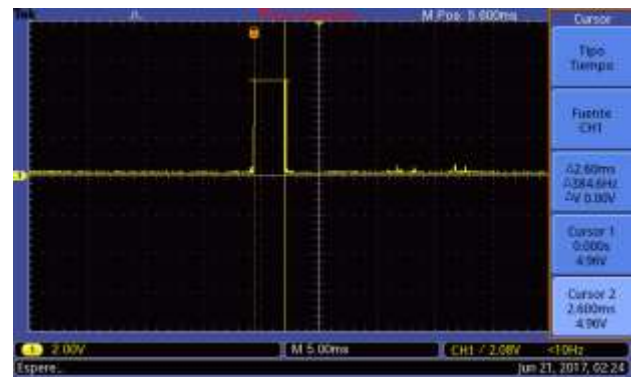
**Figura 8** Cambio del estado lógico de la señal del optoacoplador de bajo a alto (estado sin obstrucción de la luz infrarroja a estado con obstrucción de la luz infrarroja)

*Fuente:* Captura de pantalla propia, realizada en osciloscopio digital Tetkronix serie TBS1000



**Figura 9** Cambio del estado lógico de la señal del optoacoplador de alto a bajo (estado con obstrucción de la luz infrarroja a estado sin obstrucción de la luz infrarroja)

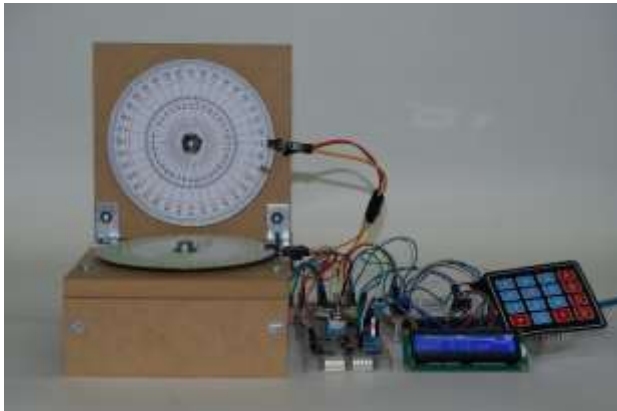
*Fuente:* Captura de pantalla realizada en osciloscopio digital Tetkronix serie TBS1000



**Figura 10** Cambio del estado lógico de la señal tipo ventana en el optoacoplador (motor girando de manera continua)

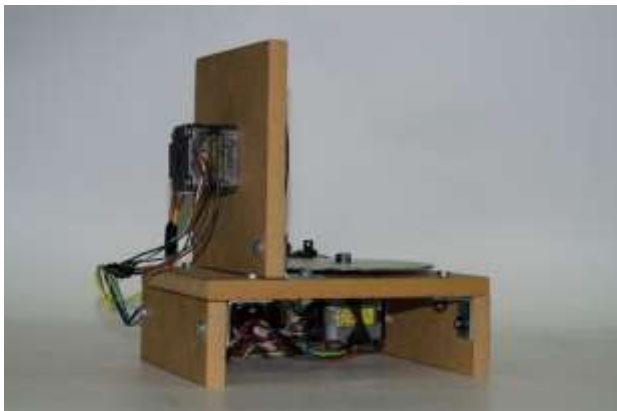
*Fuente:* Captura de pantalla realizada en osciloscopio digital Tetkronix serie TBS1000

Gracias a estas mediciones y gráficas, se demostró que el optoacoplador funciona de manera correcta y que no requiere de una etapa de acondicionamiento para la entrada digital del Arduino MEGA.



**Figura 11** Vista frontal del prototipo desarrollado

*Fuente: Fotografía por el alumno*



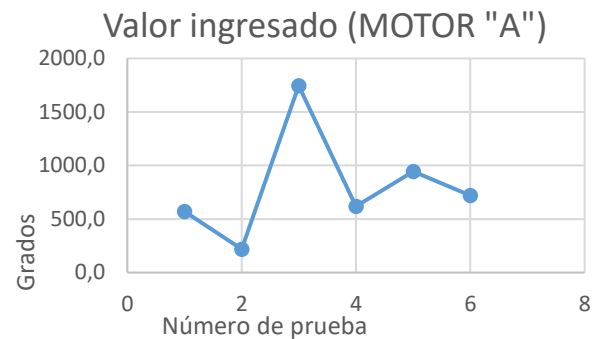
**Figura 12** Vista lateral del prototipo desarrollado

*Fuente: Fotografía por el alumno*

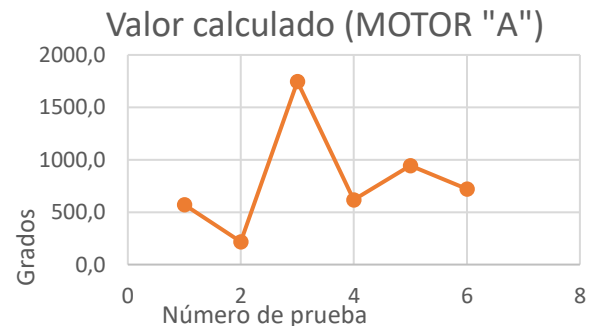
Cuando el prototipo estuvo terminado, fueron necesarias pruebas de posicionamiento angular con respecto del valor deseado y el valor real alcanzado, siendo comparados con los cálculos que realiza el programa cargado en el Arduino MEGA.

Mediciones de precisión de la posición angular del motor						
#	Motor A (Valores en grados)			Motor B (Valores en grados)		
	Ingresada	Calculada	Real	Ingresada	Calculada	Real
1	571.0	570.6	570.3	571.0	570.6	570.5
2	219.0	217.8	218.0	219.0	217.8	217.8
3	1746.0	1746.0	1745.8	1746.0	1746.0	1746.0
4	618.0	617.4	617.4	618.0	617.4	617.3
5	945.0	945.0	944.8	945.0	945.0	945.0
6	720.0	720.0	719.9	720.0	720.0	720.0

**Tabla 3** Mediciones de la posición angular en grados de los motores a pasos

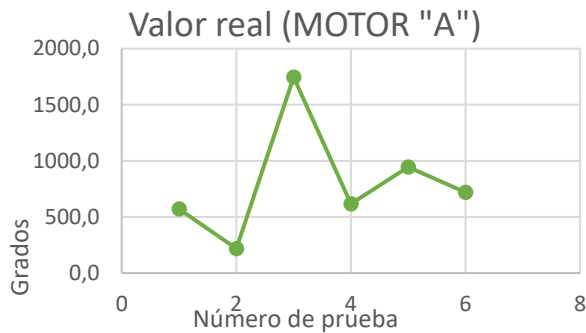


**Gráfico 1** Gráfica continua de la posición angular ingresada en el motor a pasos "A"



**Gráfico 2** Gráfica continua de la posición angular calculada por el sistema para el motor a pasos "A"





**Gráfico 3** Gráfica continua de la posición angular real alcanzada por el prototipo, en el motor a pasos "A"

Con base en los resultados obtenidos en las pruebas de posicionamiento angular, se determinó que el prototipo es eficiente y que responde de una manera sumamente cercana a los valores deseados con un error no mayor a  $1.8^\circ$ .

## Conclusiones

Este prototipo resulta excelente para ser utilizado en sistemas de posicionamiento angular, tales como los sistemas que aprovechan la energía del sol (paneles solares). Sin embargo, al extrapolar el sistema a un proyecto físico en un entorno real y con una carga mecánica añadida es necesario realizar un correcto dimensionamiento de motores, etapa de potencia en función de la demanda de corriente, etc.

Cabe mencionar que los datos que son ingresados al sistema de posicionamiento angular se definen por un usuario, y es él quien proporciona esta información con base en un análisis para determinar la posición de mayor eficiencia del panel solar -como ejemplo-, tomando en cuenta las características del mismo, así como la ubicación geográfica, ya que esta última se relaciona con la trayectoria del sol.

Además, se deberá tener cuidado de que el sistema en conjunto no sea afectado por la presencia de sombras, ya que, aunque pudiéramos ajustar su posición angular de la manera más óptima, dichas sombras reducen también la eficiencia, en este caso, de los paneles solares.

Por otra parte, en un sistema más grande, la carga mecánica supone una mayor inercia al serle aplicada una fuerza motriz, y si la velocidad fuese demasiado alta, dicha inercia dificultaría el frenado del motor, o incluso puede afectar en el correcto posicionamiento angular.

Para solucionar esto es posible diseñar e implementar un sistema de frenado, así como un programa con una rampa de aceleración y desaceleración durante el movimiento del motor.

Por último, existe la posibilidad de modificar algunas bibliotecas de Arduino (Ganzhapa, 2016) para, por ejemplo, la mejora en la resolución angular de los motores a pasos.

## Referencias

- Artero, O. T. (2013). *Arduino, curso práctico de formación*. Ciudad de México: Alfaomega Grupo Editor.
- Artero, Ó. T. (2016). *El mundo genuino Arduino*. Madrid: RC Libros.
- Bolton, W. (2012). *Mecatrónica. Sistemas de control electrónico en la ingeniería mecánica y eléctrica*. México, D.F.: Alfaomega Grupo Editor.
- Calaza, G. T. (2015). *Taller de Arduino*. México, D.F: Alfaomega Grupo Editor.
- Cetinkunt, S. (2013). *Mecatrónica*. México, D.F.: Cosmudel.

Cortés, F. R., & Cid Monjaraz, J. (2015). *Arduino. Aplicaciones en Robótica, Mecatrónica e Ingenierías*. México, D.F.: Alfaomega Grupo Editor.

Cortés, F. R., Monjaraz, J. C., & Soto, E. V. (2013). *Mecatrónica. Control y automatización*. México, D.F.: Alfaomega Grupo Editor.

Crisol, L. (18 de Mayo de 2016). *Computer Hoy*. Obtenido de Computer Hoy: <http://computerhoy.com/noticias/life/ingenieros-crean-panel-solar-mas-eficiente-del-mundo-45170>

Evans, B. W. (2007). *Arduino Notebook: A Beginner's Reference Written*. San Francisco, California: Creative Commons. Obtenido de Robots Argentina.

Ganzhapa, B. O. (2016). *Arduino. Guía Práctica*. México, D.F.: Alfaomega Grupo Editor.

Kuo, B. C. (1992). *Sistemas de control digital*. México, D.F.: Compañía Editorial Continental.  
 Marcombo. (1986). *Energía Solar Fotovoltaica*. Barcelona, España: Printer Industria Gráfica.

París, A. P. (15 de Mayo de 2000). *Vivat academia*. Obtenido de Vivat academia: <http://www.vivatacademia.net/h/anteriores/quince/Num15/PDFs/MotoresPasoPaso.pdf>

Salas, J. (10 de Febrero de 2013). *Todoelectrodo*. Obtenido de Todoelectrodo: <http://todoelectrodo.blogspot.mx/2013/02/lcd-16x2.html>

Sánchez, M. Á. (2010). *Energía Solar Térmica*. México, D.F.: Editorial Limusa.

[1] <https://elmassolicitadopayan.wordpress.com/2014/04/11/motor-paso-a-paso/>

[2] <https://electrocrea.com/products/membrana-keypad-4x4>

[3] <http://sgsdistribuciones.com/optico-de-barrera/>

[4] <http://panamahitek.com/arduino-mega-caracteristicas-capacidades-y-donde-conseguirlo-en-panama/>

[5] <http://solartec.com.ar/productos.html>

## Diseño de un equipo termosolar para el tratamiento de lactosuero

OLGUÍN-CAMACHO, Juan†, ROJO-PEÑA, Daniel, VENTURA-CRUZ, Ignacio y JIMÉNEZ-ISALS, Donaji\*

*Instituto Tecnológico Superior De Huichapan*

Recibido 6 de Enero, 2017; Aceptado 9 de Marzo, 2017

### Resumen

La producción de alimentos para el consumo humano trae consigo la generación de residuos derivados de dicho proceso, los cuales afectan el entorno en el que se desarrolla la actividad, un ejemplo de ello es la producción del queso, en donde se originan sustancias de desecho, entre las cuales se encuentra el lactosuero, que constituye un foco de contaminación, puesto que es expulsado al ambiente sin ningún tratamiento previo. El presente trabajo reporta el diseño y construcción de un sistema para la separación del lactosuero mediante la implementación de un proceso evaporación-condensación, basado en un arreglo de precalentamiento solar por medio de un canal parabólico, el cual fue calculado en relación con la carga térmica del proceso que se determinó mediante la parametrización de un evaporador de tubos. Dando como resultado agua destilada y un concentrado de nutrientes con características nutrimentales utilizables en la elaboración de otros productos o para cría de ganado.

**agua, destilada, nutriente, ganado**

### Abstract

Production of food for human consumption brings with it the generation of residues resulting from such a process, which affect the environment in which the activity occurs, an example of this is the production of cheese, where the waste substances, among which the whey is originated to constitute a source of contamination for water, soil and air, since it is expelled to the environment without any prior treatment for reduce these effect. This paper reports the design and construction of a system for the separation of the whey through the implementation of an evaporation-condensation process, based on an array of solar pre-heating via a parabolic channel, which was calculated in relation to the load ends of the process which was determined by the parameterization of a tube evaporator. Resulting in distilled water and a concentrate of nutrients with nutritional features usable in the manufacture of other products or to the livestock breeding.

**water, distilled, nutrient, livestock**

**Citación:** OLGUÍN-CAMACHO, Juan, ROJO-PEÑA, Daniel, VENTURA-CRUZ, Ignacio y JIMÉNEZ-ISALS, Donaji. Diseño de un equipo termosolar para el tratamiento de lactosuero. Revista de Ingeniería Tecnológica 2017. 1-1:20-28

\*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: djimenez@iteshu.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

En el desarrollo de productos lácteos se generan desechos inherentes a los procesos, uno de ellos es el suero de leche que está constituido de proteínas y agua. Lo anterior presenta la necesidad de generar estrategias para su aprovechamiento y así reducir la contaminación que este genera, mostrándose como un área de interés en donde trabajos como los siguientes son necesarios para solventar dicha necesidad: Ramón y Arteaga presentaron la construcción de un bioreactor para la obtención de una bebida energizante a partir del suero de leche.

El material que utilizaron para su construcción fue de acero inoxidable, posteriormente elaboraron una bebida energizante realizando dos formulaciones de esta, para después realizar una encuesta de degustación obteniendo como mejor resultado la fórmula 1, por lo que determinaron que el equipo cumple con todos los parámetros del diseño establecidos para el proceso de elaboración de la bebida [1]; Garcés presentó un método que permite convertir el suero de leche en materia prima o productos como el ácido cítrico mediante un proceso fermentativo, posteriormente para este proceso se empleó un suero de leche de una planta productora de queso [2]; Chiriboga presentó un proceso de membranas donde este separa los diferentes componentes nutricionales del lactosuero, posteriormente determinó el valor nutricional de estas proteínas y así poder elaborar un nuevo producto como también beneficiar al medio ambiente reduciendo la contaminación [3]; Yupa presentó un estudio sobre el lactosuero y sus proteínas analizando principalmente los ácidos de omega 3 ya que estos tienen un gran impacto en la nutrición debido al gran número de beneficios.

Para la implementación de este ácido lo mezclan con una nuez de macadamia, dando como resultado un producto para consumo pecuario [4]; Peñaloza propuso obtener etanol del lactosuero ya que este es un producto residual abundante en la industria, para su posterior aprovechamiento en el desarrollo de una bebida alcohólica.

El etanol obtenido cumplió con los requisitos para el consumo humano [5]; Márquez realizó un estudio de la calidad de quesillos y leches crudas que son elaborados artesanalmente en plantas productoras de lácteos.

Posteriormente como resultados obtenidos de las instalaciones seleccionadas para su estudio se confirma que estas plantas no cumplen totalmente con las especificaciones de la norma sanitaria para procesadoras artesanales es decir estas plantas elaboradas en condiciones que no son las adecuadas [6]; Pazmiño presenta la elaboración de queso dietético ricotta de lactosuero con 4 niveles de acidez, siendo este un alimento de alto valor biológico especialmente para la población infantil y para personas que no aceptan niveles altos de grasa [7].

De los trabajos anteriores se observa la necesidad de generar estrategias para la disminución y aprovechamiento de los residuos lácteos derivados de los procesos de producción [13, 14 y 15]. El presente trabajo reporta una alternativa sustentable para el aprovechamiento de los nutrientes y derivados del lactosuero y así disminuir la contaminación causada por este, por medio de la obtención y aprovechamiento de sus nutrientes y el agua presente en él.

## Desarrollo

### Planteamiento

El proceso consiste en convertir el lactosuero (suero de leche) en materia prima útil para la fabricación de otros productos, al ser este una sustancia compuesta en su mayor parte de agua y nutrientes sobrantes derivados de procesos previos (fabricación de lácteos).

Por lo tanto, para realizar dicho proceso primero se necesita extraer toda el agua del lactosuero, la cual se logra separar mediante la destilación y la posterior extracción de los residuos los cuales son una masa orgánica de nutrientes la cual puede ser aprovechada para el sector pecuario. Para ello se diseñó y construyó un recipiente cilíndrico para contener el lactosuero. En su interior fue implementado un intercambiador de calor para el proceso de destilación.

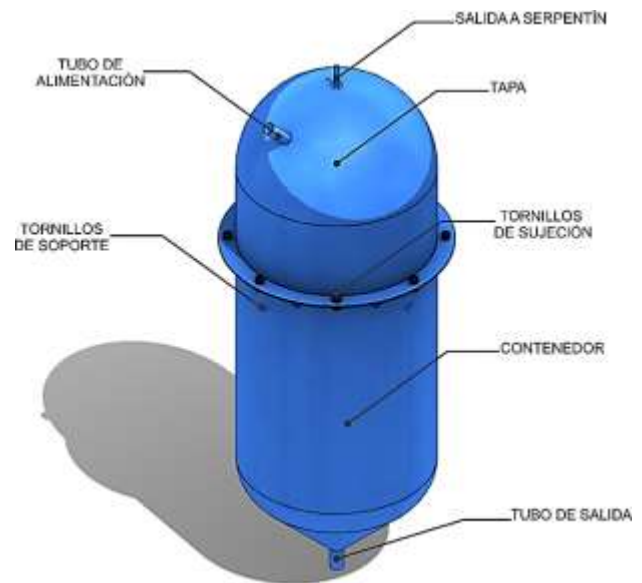
### Diseño

Para el diseño del evaporador se planteó dividir este en los siguientes puntos:

- Evaporador.
- Tubos.
- Configuración de tubos.
- Estructura.
- Soportes.

## Evaporador

El evaporador se diseñó a partir de un contenedor cilíndrico cerrado para que en el interior de este se pueda almacenar el lactosuero, además de alojar un circuito intercambiador de calor para la destilación. Como se muestra en la figura 1.



**Figura 1** Partes del evaporador (contenedor cilíndrico)

El evaporador contiene en su coraza múltiples aberturas para los tubos de entrada y salida; en la tapa (parte superior) se encuentra un tubo de alimentación para el llenado, y una salida en la parte más alta para extraer el vapor de agua resultante del proceso de destilación, la cual se conecta a un serpentín para su condensación y aprovechamiento, por lo que esta se diseñó en forma de cúpula a fin de concentrar todo el vapor en un solo punto.

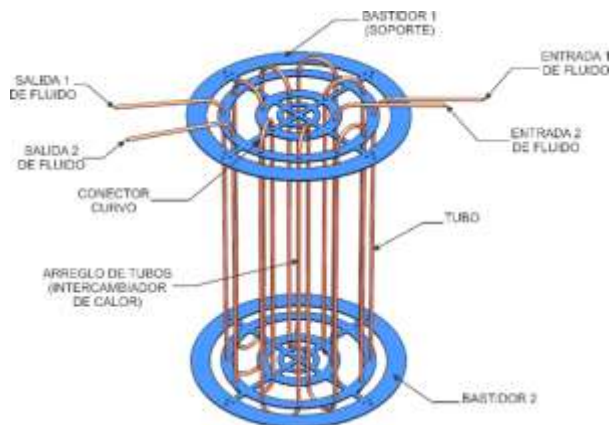
En los lados del contenedor existen dos entradas y dos salidas para el circuito intercambiador de calor, y una más para el termopar. Además, existe una salida en la parte inferior la cual se diseñó en forma de cono para extraer el concentrado lácteo (resultante del proceso) para su uso posterior.

El proceso de evaporado para el lactosuero se realizó a temperaturas por arriba de los 90°C (punto de ebullición del agua a 2000 m.) por lo que el cilindro se dispuso de una brida para su ensamble con la tapa y así asegurar la resistencia y hermeticidad necesaria, lo cual se puede observar en la figura 1.

Al ser un producto de grado alimenticio su fabricación fue requerida en acero inoxidable AISI 304 la cual es una aleación ampliamente usada en este sector debido a su elevada resistencia a la corrosión, tensiones mecánicas, variaciones térmicas y ausencia de recubrimientos de fácil deterioro, además de que no aporta partículas por desprendimiento y tiene un elevado grado de eliminación de bacterias [8].

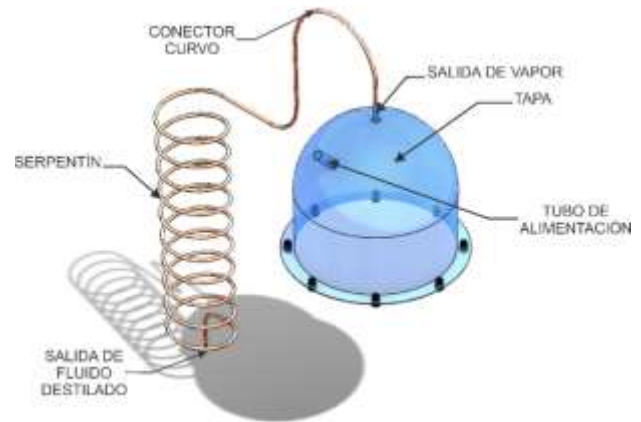
## Tubos

Los tubos son los encargados para transportar el fluido evaporador a lo largo del circuito de intercambio de calor, a la salida dicho fluido se hace recircular al inicio del proceso de calentamiento para volver a entrar al sistema.



**Figura 2** Arreglo de Tubos del Intercambiador de Calor y sus dos soportes

Para extraer el vapor se dispuso en la salida de la parte superior del evaporador un serpentín para su posterior condensación y así obtener agua destilada como producto final, lo cual se observa en la figura 3.

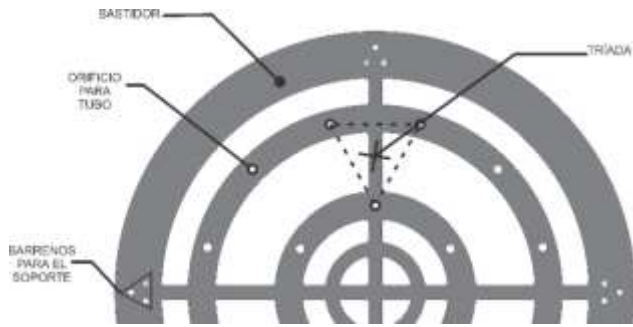


**Figura 3** Tubo de salida en la tapa del evaporador conectado a un serpentín en la parte superior

Por su funcionalidad en la generación de circuitos complejos el material utilizado para los tubos fue de una aleación de cobre estándar, poniendo suma atención a sus propiedades. Incluso es óptimo utilizar acero inoxidable AISI 304 o 316 [9].

## Configuración de Tubos

Para obtener la mayor eficiencia térmica fue necesario un arreglo de tubos en el interior del evaporador, el cual se diseñó de tal manera que los tubos recorrieran el mayor número de veces posibles el interior, además de que estos estuvieran dispuestos en triadas buscando aprovechar de mayor manera el calor circulante en el circuito lo cual se puede observar en la figura 4, que muestra un bastidor utilizado para guiar los tubos a lo largo de circuito evaporador en la configuración necesaria.

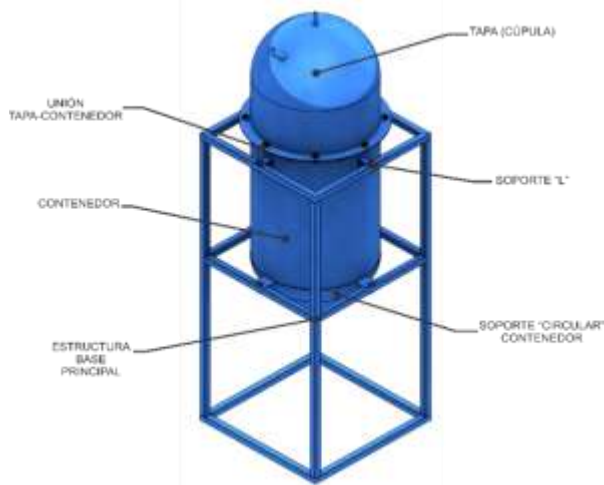


**Figura 4** Soporte interno para el intercambiador de calor (Bastidor)

El arreglo está constituido por 6 triadas dispuestas de forma homogénea a lo largo del bastidor y divididas en dos subcircuitos de intercambio con la entrada de fluido en posiciones opuestas buscado genera una temperatura homogénea en el recinto de intercambio como se muestra de igual forma en la figura 2.

**Estructura**

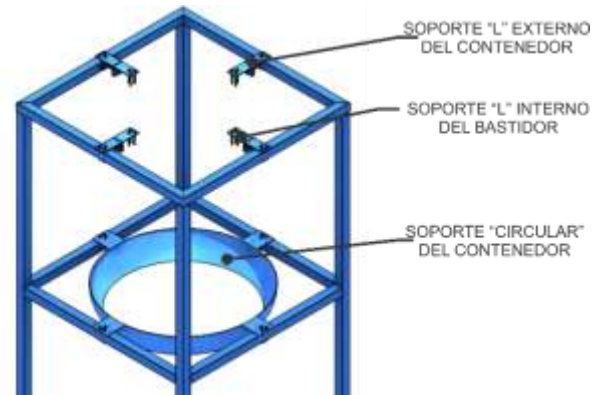
La estructura está conformada por la unión de varios perfiles que están dispuestos de tal forma que se pueda colocar y soportar el evaporador en el centro rígidamente.



**Figura 5** Evaporador acoplado en la estructura metálica

**Soportes**

Los soportes son partes metálicas de acero en forma de "L" (ángulo), los cuales se puedan acoplar a la estructura con tornillos para la sujeción de esta con el evaporador, estos estarían dispuestos en dos niveles de altura de la estructura, para hacer que el evaporador se fije completamente.



**Figura 6** Soportes para la sujeción del contenedor evaporador

**Modelo Tridimensional**

Para realizar el diseño y simulación se utilizó el software SolidWorks® [10] en donde se creó un modelo tridimensional y los planos de fabricación de este.



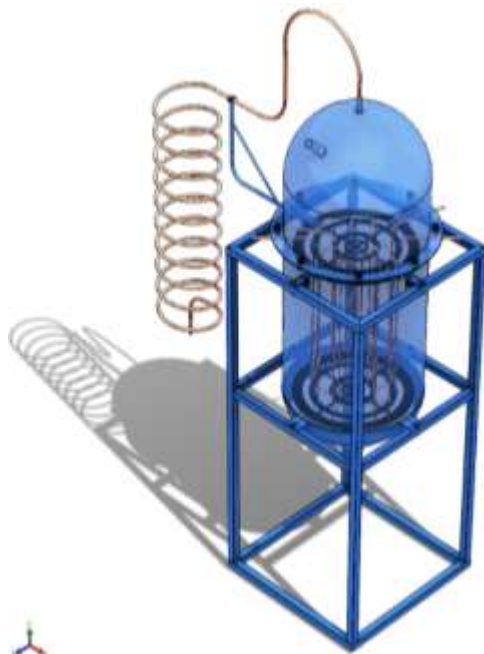


Figura 7: Modelo tridimensional completo del evaporador (Vista Isométrica)

**Simulación: Análisis de Fluidos**

Para terminar el comportamiento del fluido en el sistema de evaporación se utilizó el complemento FlowSimulation® de SolidWorks® [10], con el cual se simuló el comportamiento del fluido en el arreglo de tubos.

El cual nos indicó como sería el flujo de calor proveniente del fluido y en que partes del arreglo de tubos (interior del evaporador) se concentraría más la temperatura.

Con los resultados de la simulación se obtuvo la trayectoria, velocidad de flujo, volumen de flujo, flujo másico, temperatura, presión, entre otros.

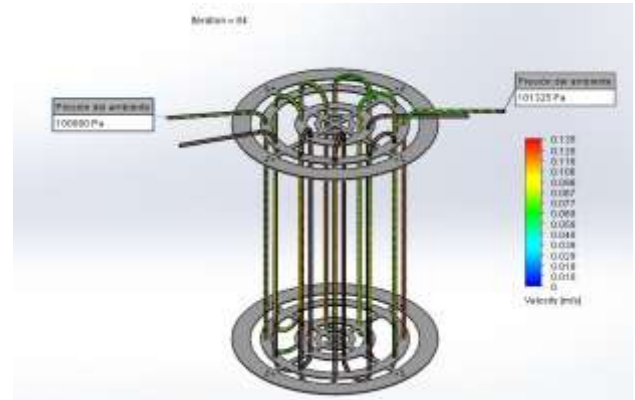


Figura 8 Simulación de análisis de fluidos con Flow Simulation®

**Análisis mediante termografía**

En el prototipo físico se le realizó una prueba utilizando vapor de agua con la finalidad de detectar los puntos de concentración y flujo de calor en el sistema, haciendo uso de una cámara termográfica FLUKE® Modelo Ti-125, los puntos de medición se encuentran en la figura 9.



Punto	Descripción
1	Cuadro Central
2	Rango de Temp.
3	Punto más Caliente
4	Punto más frío
5	Punto central
R1	Región 1
R2	Región 2
R3	Región 3
R4	Región 4

Figura 9 Puntos de medición en la imagen captada por la cámara termográfica



Los parámetros utilizados para la prueba fueron los mostrados en la tabla siguiente:

Emisividad (Cobre)	0.65
Temperatura Ambiente	22° C
Rango de Calibración:	-10°C a 350°C
Paleta de Colores	Metal Caliente
Marcadores	Punto y Cuadro Centrales
Valores Medidos	Punto, Mín., Máx., Prom.

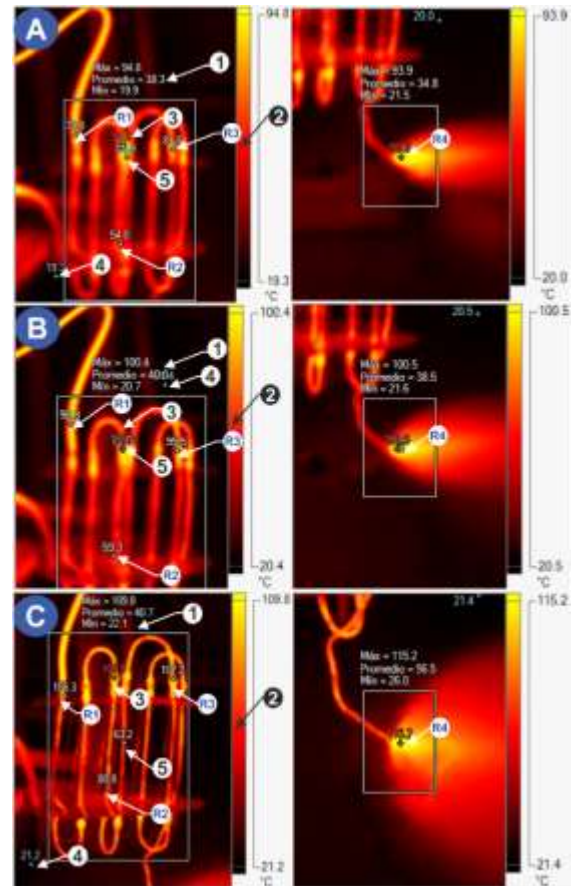
**Tabla 1** Tabla de parámetros configurados en la cámara termográfica

Las mediciones se realizaron en tres etapas: A) inicial, en donde los tubos se encontraban a temperatura ambiente; B) media, tiempo en el cual el vapor de agua lograba salir del circuito sin condensarse; C) final, tiempo en el cual la temperatura se estabilizó y el vapor de agua fluía por el circuito de forma constante. En la siguiente tabla se muestran los valores de las temperaturas en cada etapa.

Región	Temperatura por etapas		
	Inicial	Media	Final
1	79.8°C	90.9°C	105.3°C
2	54.0°C	59.3°C	80.8°C
3	81.8°C	95.5°C	107.2°C
4	93.9°C	100.5°C	115.2°C
Máx.	94.8°C	100.4°C	109.8°C

**Tabla 2** Tabla de temperaturas registradas en distintas regiones del intercambiador de calor en las tres etapas

En la figura 10 se muestran las fotografías correspondientes a las etapas citadas en la tabla anterior.



**Figura 10** Temperaturas registradas en distintas regiones del intercambiador de calor en las tres etapas

**Conclusión**

Se creó un equipo termosolar (evaporador) figura 11, capaz de destilar el suero de leche mediante un circuito intercambiador de calor, el cual funciona mediante fluido evaporador calentado por fuentes de calor renovables tales como un concentrador solar, el cual sirvió para convertir el suero en materia prima útil para la fabricación de alimento de ganado y otros derivados, así como la separación del agua presente en el suero, para su reutilización.



**Figura 11** Prototipo del Evaporador de lactosuero

## Referencias

- [1] Chiriboga, M. E. (julio-2009). Obtención de un concentrador proteico del suero de la leche de vaca utilizando tecnología membranas. Escuela Politécnica Nacional, 1-107.
- [2] Garcés, A. L. (2003). Obtención de ácido cítrico a partir de suero de leche por fermentación en cultivo líquido. Universidad Nacional de Colombia, 17-117.
- [3] Mercy Elena Arteaga Vinza, E. V. (2015). Diseño y construcción de un biorreactor para la obtención de una bebida energizante del suero de la leche. Riobamba-Ecuador, 1-115.
- [4] Márquez, c. i. (abril de 2004). Determinación de las leches crudas y quesillos elaborados artesanalmente en plantas productoras de lácteos área metropolitana de san salvador.
- [5] Pazmiño, a. y. (2007). “Elaboración de ricotta a partir de suero de leche con cuatro niveles de acidez: 12, 13, 14 y 15°d, en alao provincia de Chimborazo”.
- [6] Peñaloza, v. a. (2015). Producción de etanol a partir de suero de leche hidrolizado.
- [7] Yupa, g. c. (2014). Efectos de diferentes grasas con omega 3 en la elaboración de una bebida hidratante a partir del suero de leche.
- [8] Dyna (2002). El Acero Inoxidable En La Industria Alimentaria, 77(1). 38-42.
- [9] Conocimientos profesionales y soluciones para la industria alimentaria y de bebidas. Festo. (2013). 2-3.
- [10] Carlos J. R. (2009). Intercambiadores de Calor. Método de la Eficiencia.
- [11] SolidWorks® 2016 Education Edition, Dassault Systemes. Todos los Derechos Reservados. N° Serie [9710 0013 0010 7303 THGK R53J].
- [12] M. Hernandez R. y J.F Vélez R. (2014). Suero de leche y su aplicación en la elaboración de alimentos funcionales. 13-22.
- [13] Terres-Peña, Hilario, Vaca-Mier, Mabel, Lizardi-Ramos, Arturo y Lopez-Callejas, Raymundo. Análisis energético y exergético del secado de hierbas aromáticas con energía solar. Revista de Prototipos Tecnológicos Volumen 2, 2016.
- [14] Hurtado-Rivera, Jacob, Hernández-Carbajal, Rafael, Díaz-Martínez, Joel y García-Vargas, Ma. del Rosario. Revista de Aplicación Científica y Técnica. Volumen 2, 2016.

[15] Valle-Hernández, Julio, Rojas-Ávila, Apolo, Pacheco-Reyes, Alejandro y Castillo-Jiménez, Víctor. Análisis térmico de un reactor termoquímico para la producción de hidrogeno con energía solar. Revista de Aplicación Científica y Técnica Volumen 2, 2016

## Manipulación de motor Shunt, monitoreo de temperatura y vibración mecánica mediante App Virtuino y módulo Esp8266 vía wifi

LÓPEZ-TOLEDO, Eliut\*†

Recibido 7 de Enero, 2017; Aceptado 16 de Marzo, 2017

### Resumen

Manipulación De Motor Shunt, Monitoreo De Temperatura y Vibración Mecánica Mediante App Virtuino y Módulo Esp8266 Vía Wifi. Realizar el arranque y paro de un Motor Shunt de CC y el monitorear las variables: Temperatura y vibración mecánica utilizando la APP Virtuino de Android. Utilizando una tarjeta Arduino Mega, un módulo Wifi ESP8266, un sensor de Temperatura y un sensor de vibración mecánica, se realiza el hardware, posteriormente la programación del módulo Wifi ESP8266 y de la tarjeta Arduino Mega para la comunicación con la App Virtuino. En la App Virtuino de Google Play se realiza la configuración del servidor para la comunicación con la interface y se establecen los indicadores para el monitorear las variables y los interruptores para activar y desactivar al motor shunt. Permite monitorear las variables: temperatura, corriente eléctrica y vibraciones mecánicas por medio de dispositivos móviles. Permite activar o desactivar el motor por necesidades diversas de manera remota.

**Iot (Internet de las cosas), Monitoreo, APP Virtuino, ESP8266**

### Abstract

Shunt Motor Manipulation, temperature monitoring and mechanical vibration using App Virtuino and module ESP8266. Carry out the start and stop of a DC Motor Shunt and the monitoring of the variables: Temperature and mechanical vibration using Virtuino APP. Using an Arduino Mega board, an ESP8266 Wifi module, a temperature sensor and a mechanical vibration sensor, the hardware is realized, then programming the ESP8266 Wifi module and the Arduino Mega card for communication with the Virtuino App. In the Google Play Virtuino App the configuration of the server is made to communicate with the interface and the indicators are set to monitor the variables and the switches to activate and deactivate the shunt motor. It allows monitoring the variables: temperature, electric current and mechanical vibrations by means of mobile devices. It allows to activate or deactivate the motor by diverse needs of remote way

**IOT (Internet of Things), Monitoring, Virtuino APP, ESP8266**

**Citación:** LÓPEZ-TOLEDO, Eliut. Manipulación de motor Shunt, monitoreo de temperatura y vibración mecánica mediante App Virtuino y módulo Esp8266 vía wifi. Revista de Ingeniería Tecnológica 2017. 1-1:29-38

\*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: elopez@ute.edu.mx)

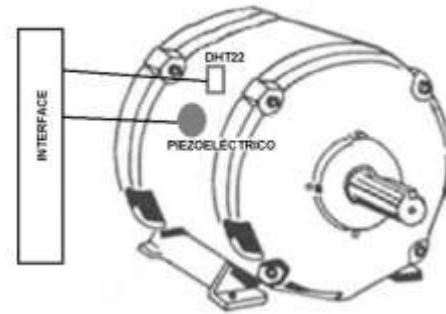
† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

Cuando trabajamos con una herramienta que nos permita saber en todo momento el comportamiento de nuestras variables importantes en un proceso industrial, se pueden reducir los costos que implican los mantenimientos correctivos y preventivos, disminuyendo las paradas por inspección a los equipos y permitiéndonos evitar las averías imprevistas detectando las anomalías que pudieran estar presentes y dándole el seguimiento a su posible evaluación; además apoya la existencia de parámetros funcionales indicadores del estado del equipo.

En este trabajo se realiza el monitoreo de las variables físicas de Temperatura y vibración mecánica en un Motor Shunt DC mediante una tarjeta Arduino Mega, un sensor de temperatura, un sensor piezoeléctrico y un dispositivo móvil a través de la aplicación que se encuentra libre en Play store de Google llamada Virtuino. Debido a la importancia de saber en cualquier momento el estado de estas variables, mediante una conexión wifi y el dispositivo móvil con sistema operativo Android esto es posible.

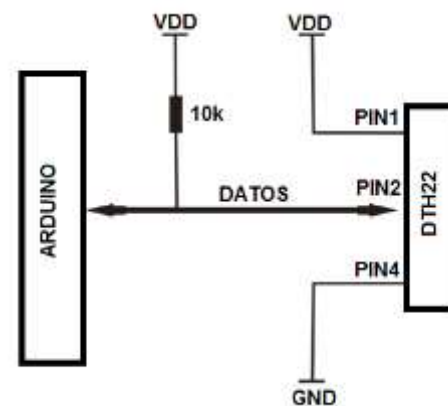
Dado el crecimiento de la transformación digital en los procesos industriales, es por ello la importancia del desarrollo y aplicación de este tipo de sistemas a procesos industriales, que en esta ocasión es destinado a un Motor eléctrico Shunt DC (ver figura 1).



**Figura 1** Motor shunt y sensores DHT22 y Piezoeléctrico

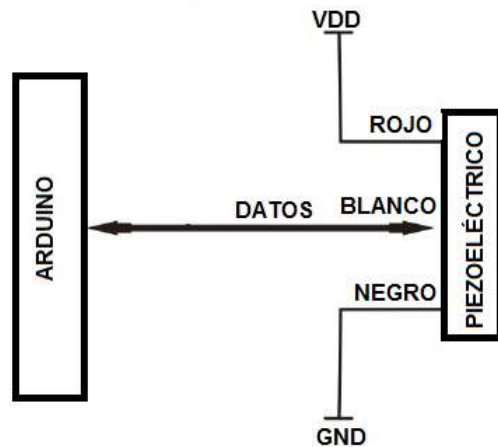
## Metodología y desarrollo

El sensor de temperatura y humedad que se utilizó para este proyecto es el DHT22, que está compuesto por un sensor de humedad capacitivo y un termistor, también cuenta con un circuito integrado básico que realiza la conversión de analógico a digital enviando una señal digital con la temperatura y humedad detectada. La lectura de temperatura es de  $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$  de precisión y puede medir de  $-40$  a  $80^{\circ}\text{C}$ . El modo de conexión es el que se muestra en la figura 2.



**Figura 2** Conexión de DHT22 a Arduino

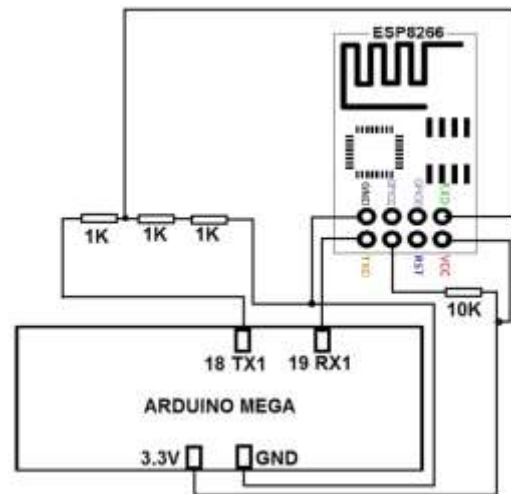
El sensor piezoeléctrico para las vibraciones cuenta con tres cables: rojo, blanco y negro. La conexión es la que se muestra en la figura 3.



**Figura 3** Conexión de sensor piezoeléctrico a Arduino

Primeramente se conecta el módulo ESP8266 con la tarjeta Arduino como se muestra en la figura 4, con el propósito de establecer la comunicación entre ambos componentes utilizando comandos AT (Atención). El código para el Arduino Mega es el siguiente:

```
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  Serial1.begin(115200);
}
void loop() {
  while (Serial.available()) {
    char ch = Serial.read();
    Serial1.print(ch);
  }
  while (Serial1.available()) {
    char ch = Serial1.read();
    Serial.print(ch);
  }
}
```



**Figura 4** Conexión de Módulo ESP8266 y Arduino Mega

Una vez verificada la conectividad entre ambos componentes, se instala la librería de Virtuino en el entorno de desarrollo de Arduino y abrimos el ejemplo llamado `webserver_esp01_Example_01` desde el IDE de Arduino, estableciendo el nombre de la red en la que estaremos conectados y la contraseña de la misma; además añadimos el puerto 8000 y una dirección IP válida para establecer la comunicación. Quedando de la siguiente manera:

```
#include "VirtuinoEsp8266_WebServer.h"
VirtuinoEsp8266_WebServer
virtuino(Serial1,115200);
void setup()
{
  virtuino.DEBUG=true;
  Serial.begin(9600);
```

```

virtuino.connectESP8266_toInternet("INFINIT
UMD7A3","werT1988",8000);
virtuino.esp8266_setIP(192,168,1,200);
virtuino.password="1234";
pinMode(13,OUTPUT);
void loop(){
  virtuino.run();
}

```

Es probable que se genere un error en la línea

```

VirtuinoEsp8266_WebServer
virtuino(Serial1,115200); y para corregirlo es
necesario ir a la librería de Virtuino y editar el
archivo "VirtuinoEsp8266_Webserver.h" estable
ciendo como comentario la línea de código:
##define
ESP8266_USE_SOFTWARE_SERIAL

```

Posteriormente guardar, compilar, cargar a Arduino y verificar que el programa funcione abriendo el monitor del IDE Arduino y que se haya establecido la conexión entre Arduino Mega y la red Wifi por medio del módulo ESP8266.

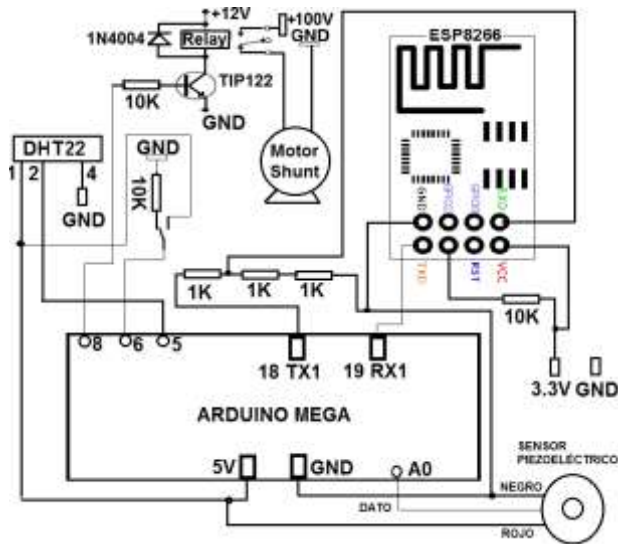
Para monitorear las variables de temperatura y las vibraciones mecánicas, instalamos la App Virtuino que se descarga de la Play Store para el sistema operativo Android. Al ejecutar la App Virtuino, seleccionamos la opción de Arduino server setting añadiendo la misma dirección IP que utilizamos para establecer la comunicación con el módulo ESP8266, el puerto 8000 y en este seleccionamos la tarjeta Arduino Mega (ver figura 5).



Figura 5 Dirección IP valida en virtuino

Teniendo energizado el hardware y el monitor de Arduino abierto, realizamos la prueba de conectividad que establecerá la comunicación entre la App Virtuino y nuestra tarjeta Arduino Mega. En caso de indicarnos un error de comunicación, debemos instalar un firmware actualizado a nuestro módulo ESP8266. La conexión se establece y guardamos la configuración. En esta ocasión nos interesa trabajar con las variables de temperatura y vibración mecánica, por lo que construimos la interface final como se muestra en la figura 6.





**Figura 6** Interface con todos los componentes del sistema

El siguiente código es el utilizado para realizar la comunicación final entre la interface y la App Virtuino.

```
#include <DHT.h>
#define DHTPIN 5//conecta DHT22 al pin 5
#define DHTTYPE DHT11
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
#include "VirtuinoEsp8266_WebServer.h"
VirtuinoEsp8266_WebServer
virtuino(Serial1,115200);
void setup()
{
  virtuino.DEBUG=true;
  Serial.begin(9600);

  virtuino.connectESP8266_toInternet("INFINIT
  UMC7A3","werT1988",8000);
  virtuino.esp8266_setIP(192,168,1,200);
  virtuino.password="1234";
  dht.begin();
  pinMode(8,OUTPUT); //Motor ON/OFF
}
long timeStored=0;
void loop(){
  virtuino.run();//commando para comunicación
//con virtuino
//Lectura de sensor DHT22 cada 10 segundos
```

```
if (millis()> timeStored+10000) {
  float t = dht.readTemperature();
  float h = dht.readHumidity();
  if (isnan(t) || isnan(h)) {
    if (virtuino.DEBUG) Serial.println("Failed
    to read from DHT");
    virtuino.vMemoryWrite(0,-1000);
    virtuino.vMemoryWrite(1,-1000);
  }
  else {
    if(virtuino.DEBUG)
    Serial.println("Temp="+String(t)+" *C");
    if(virtuino.DEBUG)
    Serial.println("Humidity="+String(h)+" %");
    virtuino.vMemoryWrite(0,t);
    virtuino.vMemoryWrite(1,h);
  }
  timeStored= millis();
}
//pin A0 para el sensor piezoeléctrico
int value= analogRead(A0);
if (value<100) virtuino.vMemoryWrite(2,1);
else if (value>900)
virtuino.vMemoryWrite(2,2);
else virtuino.vMemoryWrite(2,0);
}
```

Antes de compilar el programa .ino, es necesario considerar que se debe instalar y actualizar la librería para el sensor DHT22 de [https://github.com/adafruit/Adafruit\\_sensor](https://github.com/adafruit/Adafruit_sensor). Una vez compilado y cargado el programa en la tarjeta de Arduino Mega, se visualiza primeramente que se establece la comunicación entre la interface y la conexión wifi como se muestra en la figura 7.



```

OK
ets Jan 8 2013,rst cause:2, boot mode:(3,0)

load 0x401AT+GMR
AT version:1.3.0.0(Jul 14 2016 18:54:01)
SDK version:2.0.0(656edbf)
compile time:Jul 19 2016 18:44:22
OK
WIFI DISCONNECT
AT+CWMODE=1

OK
AT+CWJAP="INFINITUM", "1988"
WIFI CONNECTED
WIFI GOT IP
    
```

**Figura 7** Comunicación entre wifi e interface vista en monitor de IDE Arduino

Abrimos la App Virtuino y desarrollamos la interface gráfica para interactuar entre el personal y la interface. Para este proyecto se trabaja sobre dos pantallas, la principal cuenta con un indicador de temperatura y humedad, así como un botón para activar o desactivar al motor (ver figura 8).



**Figura 8** Temperatura/humedad y ON/OFF de motor

En la segunda pantalla se muestran las vibraciones mecánicas del motor Shunt con tres niveles que son clasificados como: baja, normal y alta ver (figuras 9, 10 y 11 respectivamente).



**Figura 9** Vibración mecánica baja



**Figura 10** Vibración mecánica normal



Figura 11 Vibración mecánica alta

Los valores que se muestran a través de la app Virtuino, de igual manera son visibles por medio del monitor que se encuentra en el IDE Arduino (ver figura 12). Esta información puede ser registrada por medio de algún software como Lab View de National Instruments para el análisis de la información a considerar en los mantenimientos predictivos de un motor shunt.

```

OK
AT+CIPSERVER=1,8000

OK
Server Ready
AT+CIPSTA="192.168.1.200"

OKTemp=28.00 *C
Humidity=33.00 %

Temp=28.00 *C
Humidity=34.00 %
Temp=28.00 *C
Humidity=33.00 %
Temp=28.00 *C
Humidity=33.00 %
Temp=28.00 *C
Humidity=34.00 %
Temp=28.00 *C
Humidity=33.00 %
Temp=28.00 *C
Humidity=34.00 %
Temp=29.00 *C
Humidity=32.00 %
Temp=28.00 *C
Humidity=34.00 %
Temp=28.00 *C
Humidity=34.00 %
Temp=28.00 *C
Humidity=33.00 %
Temp=29.00 *C
Humidity=32.00 %

```

Figura 12 Variable en monitor Arduino

### Conclusiones

Dado que el internet de las cosas crece a pasos acelerados y pretende cambiar al mundo conectándolo todo al internet, el uso de esta tecnología en la industria también es un hecho y los costos para la implementación no son elevados.

En este caso para la construcción de la interface electrónica el costo es relativamente bajo y las aplicaciones de Virtuino así como la Arduino no tienen costo alguno, lo que permite desarrollar aplicaciones para el sensado no únicamente dos variables físicas en un motor shunt y activarlo o desactivarlo, sino que también poder monitorear más variables y controlar los equipos remotamente; así como el uso de Labview de National Instruments que puede utilizarse para el registro de los datos monitoreados y posteriormente realzar el análisis de la información para la toma de decisiones en los mantenimientos predictivos.

En el caso de las pequeñas o micro empresas, donde el personal de mantenimiento requiera del uso de una tecnología cómoda, eficiente y económica; utilizar los principios de este proyecto pueden resultar de gran importancia dados la sencillez de operación y el bajo costo del mismo.

## Referencias

Félix Cesáreo Gómez de León. (1998). El mantenimiento industrial. En *Tecnología del mantenimiento industrial* (25-28). España: Universidad de Murcia.

Débora J. Slotnisky. (2016). *Transformación digital: cómo las personas y las empresas deben adaptarse a esta revolución.* Argentina: Digital House.

Marco Schwartz. (2016). *Internet of Things with Arduino*. Birmingham UK: Packt.

Google. (2017). Virtuino. 15/Febrero/2017, de Google Sitio web: [https://play.google.com/store/store/apps/details?id=com.virtuino\\_automation.s.virtuino&hl=es](https://play.google.com/store/store/apps/details?id=com.virtuino_automation.s.virtuino&hl=es)

Agus-Kurniawan.(2017).*Arduino. Programming with .NET and Sketch*. Indonesia: Apress.

Michael J. McGrath and Clíodhna Ní Scanaill. (2013). *Sensor Technologies*. London UK: Apress.

Anderson, Rick, Cervo, Dan. (2013). *Pro Arduino. Arduino expert topics and techniques*. United States: Apress.

Vargas Manuel, Castillo Georgina, Sandoval Juan & Brambila Alfredo. (14 Septiembre 2015 ). *Arduino una Herramienta Accesible para el Aprendizaje de Programación*. *Revista de Tecnología e Innovación*, 2 N0.4, 810-815.

CANO-LARA, Miroslava, ARMENTA-LOREDO, Miquel, CABAL-YEPEZ, Ernesto y JUÁREZ-RIOS, Higinio. (14 Junio 2016 ). *Diseño y simulación de un sistema de control Smart Home*. *Revista de Aplicación Científica y Técnica*, 2 N0.4, 13-19.

Lajara Vizcaíno, José Rafael/pelegrí Sebastián, José. (2014). *Sistemas Integrados con Arduino*. México: Alfaomega, Marcombo.

Núñez González Gerardo, Velázquez Pérez Domingo, Pelayo Cortes Francisco y Barboza Jiménez Pedro. (Diciembre 2016). *Monitoreo de la temperatura y humedad relativa de un aula de cómputo en la Universidad de Guadalajara*. *Revista de Aplicación Científica y Técnica*, Vol.2 No. 6, 16-21.

Gómez Ramos Marcos Yamir, García Amaro Ernesto y Reyna Ángeles Omar. (Junio 2016). *Aplicación Móvil para Control Escolar*. *Revista de Aplicación Científica y Técnica*, Vol. 2 No. 4, 1-5.

Cano Lara Miroslava, Armenta Loredo Miguel, Cabla Yepez Ernesto y Juárez Rios Higinio.

(Junio 2016). Diseño y simulación de un sistema de control Smart Home. Revista de Aplicación Científica y Técnica, Vol. 2 No. 4, 13-19.

Arroyo Ledesma Jaime, Contreras Aguilar Luis, Jiménez Betancourt Ramón y Venegas Trujillo Tiberio. (Septiembre 2016). Modelado bilineal de un motor de CD. Revista de Investigación y Desarrollo, Vol. 2 No. 5, 61-70.  
Fernando Reyes Cortes. (2015). Arduino: aplicaciones en robótica, mecatrónica e ingenierías. México: Marcombo.

## Comportamiento armónico del conductor neutro para determinación de variables que lo afectan en alimentación monofásica

HERNÁNDEZ-CORONA, José Luis\*† y ALBORES-VELASCO, Francisco Javier

*Universidad Tecnológica de Tlaxcala  
Universidad Autónoma de Tlaxcala*

Recibido 7 de Enero, 2017; Aceptado 15 de Marzo, 2017

### Resumen

Manipulación De Motor Shunt, Monitoreo De El desarrollo de esta investigación se fundamenta en la obtención de las variables por afectaciones provocadas por armónicos en el conductor neutro para un sistema monofásico, siendo de gran utilidad para comprender el comportamiento de los armónicos de corriente en el ciclo de vida de un conductor, así como la pérdida de energía resultante y la sensibilidad que esta tiene bajo condiciones de carga. Las investigaciones desarrolladas para determinar el envejecimiento ocurrido en conductores van creciendo, debido al interés que se genera con el nuevo desarrollo de elementos que provocan las distorsiones. La distorsión armónica estudiada en su forma de ruido eléctrico, temperatura y amplitud armónica nos permite determinar los límites de operación al que están sujetos los conductores y que afectan el funcionamiento. Las cargas no lineales conectadas a las líneas de alimentación, como: focos ahorradores, focos compactos o LED y PC's, cambia la naturaleza de la onda sinusoidal de la corriente y tensión de alimentación, esto produce un flujo de corrientes armónicas que son introducidas al sistema de distribución lo que causa interferencia con circuitos de comunicación y con otros equipos principalmente electrónicos, esta interferencia también se puede producir en grado menor o mayor en instalaciones residencias.

### Harmónica, disturbios, espectros, estándares

**Citación:** HERNÁNDEZ-CORONA, José Luis y ALBORES-VELASCO, Francisco Javier. Comportamiento armónico del conductor neutro para determinación de variables que lo afectan en alimentación monofásica. Revista de Ingeniería Tecnológica 2017. 1-1:39-47

### Abstract

The development of this research is based on the obtaining of the variables by affections caused by harmonics in the neutral conductor for a single-phase system, Being of great utility to understand the behavior of current harmonics in the life cycle of a conductor, as well the resulting energy loss and the sensitivity it has under load conditions. The developed research to determine the aging occurred in conductors they grow, due to the interest generated with the new development of elements that cause distortions. The harmonic distortion studied in its form of electric noise, temperature and harmonic amplitude allows us to determine the operating limits to which the conductors are subject and that affect the operation. Non-linear loads connected to feed lines, such as: saving lamps compact or LED and PC's change the nature of the sine wave of the current and supply voltage, this produces a flow of harmonic currents that are introduced the distribution system which causes interference with communication circuits and other mainly electronic equipment, this interference may also produce on minor or greater grade in residential installations.

### Harmonics, aging, disturbances, spectrum, standards

\*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: coronaluis@uttlaxcala.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor

## Introducción

El desarrollo de esta investigación se fundamenta en la obtención de las variables eléctricas y térmicas que afectan la vida útil de los conductores, provocada por distorsiones de onda de cargas no lineales, siendo de gran utilidad para comprender el comportamiento de los armónicos de tensión y corriente en el ciclo de vida de un conductor y la sensibilidad que este tiene bajo condiciones de carga, para los elementos estudiados.

En la actualidad, ya no es suficiente con conocer el valor eficaz de la señal analizada, sino es necesario otros criterios que caractericen la señal distorsionada, con el fin de evaluar la contaminación y proponer nuevas alternativas para limitar estas perturbaciones. (Castañeda et al 2013)

La distorsión armónica es una forma de ruido eléctrico, que afecta el funcionamiento de equipos eléctricos, electrónicos. Los armónicos son la sobreposición de señales en múltiplos de la frecuencia fundamental de la corriente, tensión y la frecuencia sobre la onda sinusoidal de la misma, conocida como fundamental. (Vlahinic, 2009)

Durante mucho tiempo la falta de planeación en el crecimiento de las redes eléctricas ha generado diversos problemas, siendo el más importante la estabilidad. Cuando la demanda aumenta en los centros de consumo, los problemas de estabilidad son más frecuentes, debido a que no aumenta la capacidad de generación y transmisión en la misma proporción, siendo esta una razón para que los sistemas eléctricos operen cada vez más cerca de sus límites de fabricación. (Spears, 2014)

Existen diversos inconvenientes para los equipos conectados que provengan armónicos, dando lugar a un tipo de tensión y corriente distorsionada en su forma de onda. Estas ondas cuyas frecuencias son los múltiplos enteros y múltiplos no enteros en el caso de sub-armónicos de la corriente fundamental.

La presencia de armónicos resulta en un aumento de pérdidas energía por calentamiento, la reducción de la vida útil e interferencias con las protecciones, control y circuitos de conmutación. (Yongle, 2013)

En los sistemas electrónicos, las tensiones armónicas pueden perturbar a los dispositivos de regulación, provocando una mala operación, inclusive un daño parcial o total, así como un aumento de temperatura. (Ian, 2016)

Las formas de onda distorsionadas de voltaje o corriente periódicas pueden ser representadas por la suma de una serie de términos de múltiplos de la frecuencia con diferentes magnitudes y fases, como se muestra en la siguiente ecuación:

$$f(t) = a_0 + \sum [a_n \cos(nwt + \varphi_n)] \quad (1)$$

Para:  $n = 1, 2, 3, \dots$ ,  $a_0$  = magnitud de la frecuencia armónica de  $n$ th,  $w$  = frecuencia fundamental,  $\varphi_n$  = ángulo de fase de la frecuencia armónica,  $t$  = intervalo de tiempo del ciclo.

Siendo la distorsión armónico individual (HD) y la distorsión armónica total (THD), definidas por:

$$HD_n = \frac{a_n}{a_1} \quad (2)$$

$$THD = \sqrt{\frac{\sum a_n^2}{a_1^2}} \quad (3)$$

Para:  $n = 2, 3, 4, \dots$ ,  $a_n =$  magnitud de la frecuencia armónica,  $a_1 =$  magnitud de la frecuencia fundamental.

Los límites de las corrientes y voltajes armónicos son analizados en el punto de acoplamiento en común, donde los índices armónicos de los componentes de la frecuencia fundamental (PCC), se presentan en forma máxima. Este es el punto donde otros clientes comparten la misma red o donde pueden conectarse nuevos clientes. La norma asigna límites de inyección, basados en el tamaño de la carga con respecto al tamaño del sistema de potencia. Se muestran en la tabla 1 los voltajes y tabla 2 las corrientes especificadas por la norma ANSI/IEEE-519. (Mofty & Youssef, 2001)

Voltaje nominal en el PCC, $V_n$ (KV)	Voltaje de distorsión armónica individual (%)	Voltaje de distorsión total THD ( $V_n$ )
$V_n \leq 69$	3.0	5.0
$69 \leq V_n \leq 161$	1.5	2.5
$V_n \geq 69$	1.0	1.5

**Tabla 1** Límites de distorsión de voltaje en % de la frecuencia

*Fuente norma ANSI/IEEE-519*

Orden de la armónica (n)	Intensidad armónica máxima (A)
Armónicas impares	
3	2.30
5	0.14
7	0.77
9	0.40
11	0.33
13	0.21
$15 \leq n \leq 39$	$0.15/n$
Armónicas pares	
2	1.08
4	0.43
6	0.30

**Tabla 2** Límites de distorsión de corriente

*Fuente norma IEC 555-2*

El fenómeno de los armónicos no se había tomado en cuenta hasta hace unos cuantos años, pues los efectos en las instalaciones eran mínimos, generalmente se les daba poca importancia. (Rios, 2003)

En la actualidad las políticas están encaminadas a fomentar el uso de lámparas de mayor eficiencia, lo que ha provocado una demanda mundial en la última década.

Estas medidas implican que a mediano plazo la iluminación residencial será provista principalmente por lámparas compactas fluorescentes y lámparas led, las cuales proveen el mismo flujo lumínico con menor potencia activa, alrededor de una quinta parte. Esta ventaja se contrapone con el nivel de corrientes armónicas que estas lámparas inyectan a la red, de modo que una alta concentración puede ocasionar una deformación de onda de tensión o corriente, más allá de los límites impuestos por las normas. (Singh, 2009)

Los armónicos en el neutro son conocidos como, armónicos de secuencia cero, denominados también como armónicos triples o triplens, son múltiplos de tres: H3, H6, H9,... tienen la peculiaridad de sumarse en el neutro, por lo que en ciertos casos pueden ocasionar situaciones de riesgo para los seres humanos, pues su presencia en el neutro ofrece la posibilidad de una descarga. (Danton et al, 2013), (Suárez, 2010)

La suma de las corrientes de secuencia cero en el hilo del neutro o en redes con muchas cargas monofásicas no lineales (como computadoras personales) puede ser, inclusive, mayor que la corriente que conduzca la fase. Lo que trae como consecuencia una elevación de la temperatura del neutro, considerándose como un factor de riesgo. (Alves et al, 2014)

## Metodología

### Adquisición de variables armónicas

La metodología aplicada para la detección, adquisición y análisis de la distorsión armónica del suministro de energía eléctrica de tensión y corriente, se fundamenta en la aplica de tecnología de adquisición de señales espectrales de National Instruments NI cRIO-9023 y sus módulos NI 9225 para medición de  $V_{rms}$ , NI 9227 para medición de corrientes  $I_{rms}$  y equipos de análisis de calidad de la energía con capacidad de medición de 0 a 100 armónicos, con su respectivo software para llevar a cabo el tratamiento de las señales obtenidas.

Se estudia la calidad y la eficiencia energética, así como los fenómenos que provocan la energía de distorsión que generan los componentes: lámparas ahorradoras, lámparas led y computadoras de escritorio.

Estos equipos cambian la naturaleza de la onda sinusoidal, lo que produce un flujo armónico que se introduce al sistema de distribución de energía por el neutro y una parte regresa por la línea. (Kampouri, 2008)

En las tablas 3, 4 y 5 se muestran los valores promedio (RMS), el valor cresta (PK), el valor total presente (HM), la cantidad de distorsión armónica como un porcentaje de la forma de onda a la frecuencia fundamental (% THD-F) y la cantidad de distorsión armónica como un porcentaje del valor rms de las formas de onda a todas las frecuencias, "incluyendo la fundamental" (% THD-R), el valor cresta al valor rms de la forma de onda (CF), y el cálculo para clasificar la forma de onda de corriente de carga que clasifica la capacidad de la forma de onda de producir pérdidas por calor relacionadas a las armónicas en transformadores de las fuentes de alimentación de los componentes en estudio.

Variables eléctricas	Lámparas ahorradoras	Lámparas Led	PC
V RMS	126.7	126.7	126.7
V PK	171.1	177.5	188.5
%THD-R	5	5.1	4.9
VHM	6.3	6.3	6.1
CF	1.41	1.41	1.4
%THD-F	4.9	5	4.9

**Tabla 3** Variables de tensión

Variables eléctricas	Lámparas ahorradoras	Lámparas Led	PC
A RMS	3.88	3.93	3.66
HM	0.82	0.81	0.77
KF	4.4	4.2	4.3
%THD-F	21.7	22.3	21.4
APK	5.82	5.85	3.67
%THD-R	21.2	21.1	21.9
CF	1.52	1.52	1.5

**Tabla 4** Variables de corriente



Variables eléctricas	Lámparas ahorradoras	Lámparas Led	PC
KW	0.082	0.97	0.46
KVA	0.48	0.48	0.46
DPF	0.07	0.05	0.04
KVAR	0.46	0.48	0.45

Tabla 5 Variables de potencias

### Comportamiento térmico de conductores de alimentación

La obtención del comportamiento térmico con aplicación de cámara termográfica con resolución térmica de 1.2 MP, para mayor precisión, con esto obtenemos las pérdida de energía por calor, la frecuencia de la tercera, novena, y veintiunava y armónicas, se presentan como múltiplos eléctricos de la fundamental, teniendo secuencia cero. Esto significa el aumento en el valor pico de la corriente al desplazarse por el neutro y elevando la corriente de retorno, como se observa en las figuras 1 y 2, donde se muestra los valores en grados centígrados (°C).

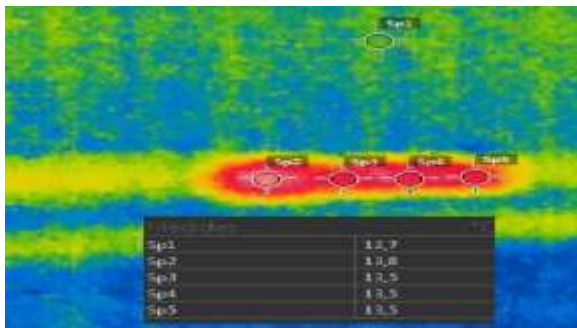


Figura 1 Imagen térmica de la línea en °C

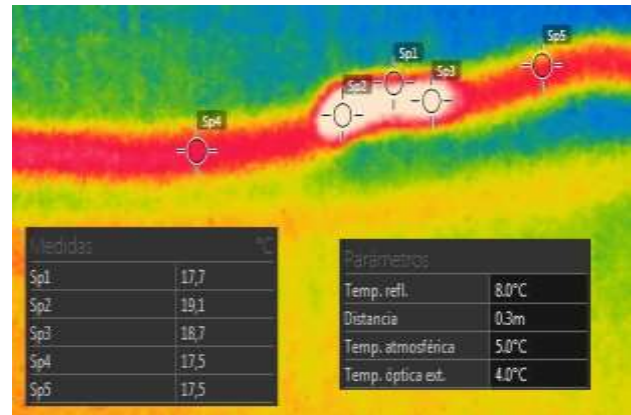


Figura 2 Imagen térmica del neutro EN °C

En la figura 3 se muestra el comportamiento térmico de los conductores de alimentación para una carga lineal, definida por SP1 para la línea y SP2 y SP3 para el neutro, en la tabla de la figura se representan los valores de la temperatura en °C, la temperatura se muestra estable para ambos conductores.

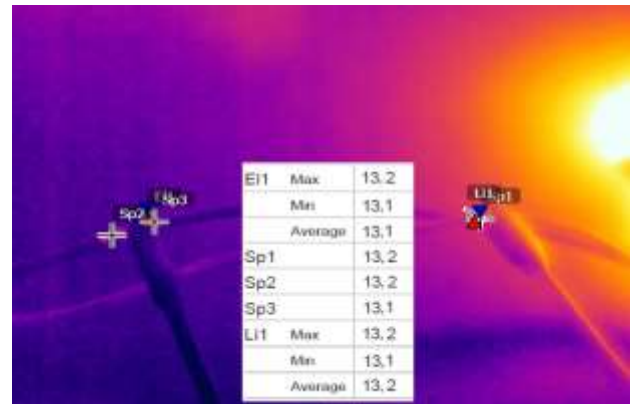


Figura 3 Comportamiento térmico EN °C

### Espectro armónico

Las mediciones de los componentes estudiados se representan en forma gráfica en la figura 4, este espectro obtenido para armónicos de corriente con % de THD-F o distorsión armónica total, como porcentaje de la fundamental, nos muestra la calidad de la energía provocada por los componentes no lineal y los armónicos que generan, lo que pudiera provocar la reducción de la eficiencia energética, disminución de la fiabilidad, desequilibrios de fase ó mediciones energéticas erróneas. Por otro lado, el gráfico de la figura 5, representa los resultados de una carga lineal. Se observa el tipo de contaminación de las cargas no lineales con las lineales.

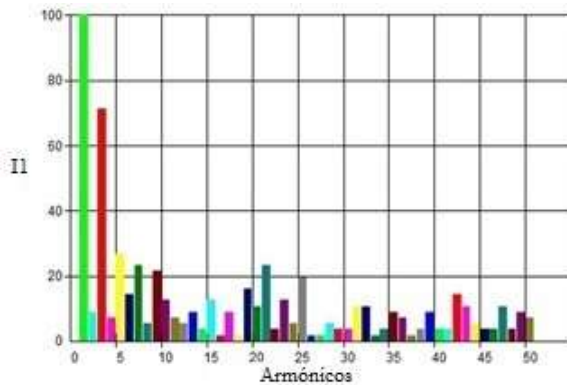


Figura 4 Comportamiento armónico de cargas no lineales estudiadas

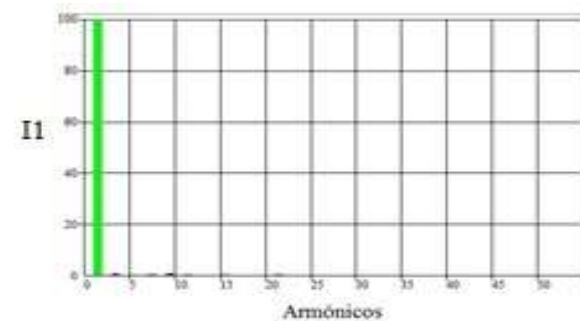


Figura 5 Comportamiento armónico de una carga lineal

### Cálculo del valor K

La norma UNE 25-460-90 especifica, que para las instalaciones eléctricas como edificios, la elección e instalación de los materiales eléctricos en la puesta a tierra, con los conductores de protección tienen que ser los adecuados.

Al desarrollar la evaluación de las constantes eléctricas obtenidas, se calcula el factor K, para determinar la capacidad que tiene el transformador para manejar corrientes no sinusoidales (IEEE, 1998), de tal manera que aplicando la ecuación (4), obtenemos el factor k.

$$k = \sum_{h=1}^{\infty} I_h p u^2 h^2 \tag{4}$$

Donde:

$I_h$  es la corriente RMS para la armónica de orden h (en por unidad)

h es la correspondiente al orden de la componente armónica.

Los principales efectos que provocan las corrientes no sinusoidales así como sus continuas componentes armónicas para transformadores de alimentación, son: pérdidas por corrientes por efecto Joule, pérdidas por corrientes de Eddy, las cuales aumentan proporcionalmente con el cuadrado de las corrientes de carga y el cuadrado de la frecuencia, por pérdidas parásitas, por efecto de corrientes armónicas en el núcleo, lo que da origen a una elevación de la temperatura. (Astorga et al, 2016)

## Resultados

El resultado obtenido en el cálculo del factor  $k$ , para transformadores de alimentación de las lámparas y pc, es:

$k$	4.3
-----	-----

Lo que demuestra que es superior al valor de 1.5 que es la clasificación de la forma de onda de la corriente de carga establecido por la NEMA.

Para la medición de la temperatura, se observa un aumento en el conductor neutro para los puntos más calientes. Las mediciones obtenidas van desde los 12.7 a 13.8° C, para los puntos tomados en la línea y en el conductor neutro va de 17.5° a 19.1°C, como se observa en la figura 6, lo que significa que existe una diferencia de temperatura ocasionada por las corrientes armónicas del 72%.

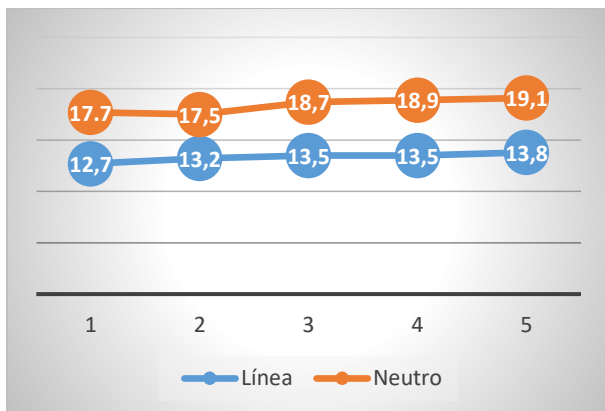


Figura 6 Comportamiento de la temperatura (°C)

## VARIABLES ARMÓNICAS OBTENIDAS

De los elementos del sistema estudiado se obtuvieron los siguientes valores de armónicos mostrados en la tabla 6, para la corriente de consumo, lo ideal sería que no existieran armónicos en las cargas.

Elemento	H1	H3	H5	H7
Lámpara ahorradora	3.8	0.6	0.2	0.1
Lámpara compacta	4.0	0.6	0.2	0.1
Lámpara led	3.9	0.7	0.2	0.1
PC	3.6	0.4	0.1	0.1

Tabla 6 Valores armónicos

Elemento	H9	H11	H15
Lámpara ahorradora	0.5	0.1	0.3
Lámpara compacta	0.5	0.1	0.3
Lámpara led	0.5	0.1	0.3
PC	0.4	0.1	0.2

Tabla 6 Valores armónicos

Para determinar cuáles son los niveles aceptables en un sistema eléctrico monofásico, se aplica la norma IEEE-519. En donde se establecen los límites de distorsión armónica permisible en tensión y corriente.

La norma establece una distorsión individual de tensión de 3% y para la corriente de 4%, tomada a partir del punto de acoplamiento común, siendo este punto el tablero general de distribución. De los resultados obtenidos comparados con la norma los armónicos de corriente están en 1% por arriba de lo establecido.

## Conclusiones

Se presenta un elevado factor  $k$ , lo que ocasionaría cuando se produce un cortocircuito que la intensidad de corriente que circula por los conductores eléctricos sería muy elevada, poniendo en peligro los sistemas de protección a tierra. La elección adecuada de los materiales y sus secciones son indispensables, tanto para evitar daños estructurales en las instalaciones eléctricas como para proteger correctamente a los usuarios.

El conocer la problemática actual que presentan las nuevas tecnologías de iluminación e informática, que aunque ayudan a minimizar el consumo de energía eléctrica por un lado, por otro existe un aumento en la generación de armónicos, tanto los que se encuentran en el neutro, como los que se presentan en la línea, por lo que con estos resultados nos permiten mejorar y actualizar los métodos de mitigación.

### Trabajos futuros

Con los resultados obtenidos se pretende evaluar el impacto de los armónicos de las cargas. Estimar la vida útil de los conductores y el comportamiento térmico.

Estudios de análisis de armónicos son necesarios para analizar los niveles de armónicos de corriente y voltaje, al comprobar si estos niveles cumplen con el contrato o con los límites estándares internacionales. (Sancho et al, 2013), (Lingquan, 2012)

### Referencias

Alves, L. M. A. & Coury, D. V. & Santiago, C. A. & Heloiz, N. V. (2014). A Method Based on Independent Component Analysis for Adaptive Decomposition of Multiple Power Quality Disturbances. *Journal of Control, Automation and Electrical Systems*.

Astorga, G. J. M. & Aróstica, C. R. A. & Iriarte, S. Y. A. (2016). Estimación del factor K en transformadores de distribución usando modelos de regresión lineal. Colombia: *Revista Tecnura*.

Castañeda, O. & Castañeda, W. (2013). Análisis de Calidad de Energía cerca de la Calidad del Producto e Influencia de Armónicos de Corriente dentro del Área de Concesión de CNEL-Milagro.

Danton, D. F. & Nagataa, E. A. & Ferreira, S. C. & Seixas, J. M. & Duqued, C. A. & Guedes, J. D. (2015). Method based on independent component analysis for harmonic extraction from power system signals. *Electric Power Systems Research, ELSEVIER*

Ian, W. (2016). Harmonic Distortion in data centers. *TCI Technical paper*.

Kampouri, Z. D. & Gouramanis, K. (2008). Natural canceling of current harmonics in office loads and its effect upon the transmission capacity of distribution cables. *Actas del IEEE International Symposium on Industrial Electronics*.

Mofty, A. E. & Youssef, K. (2001). Industrial power quality problems electricity distribution. 16<sup>th</sup>. *International Conference and Exhibition on (IEE Conf. Publ No. 482)*.

Rios, C. A. & A. M. & Escobar, A. (2003). Modelamiento de Sistemas Eléctricos en Presencia de Armónicos. *SCIENTIA ET TECHNICA*

Sancho, J. & Pastor, J. J. & Martinez, J. & García, M. A. (2013). Evaluation of Harmonic Variability in Electrical Power Systems through Statistical Control of Quality and Functional Data Analysis. *ScienceDirect, The Manufacturing Engineering Society International Conference*

Singh, G. K. (2009). Power system Harmonics research: a survey. *Electrical Energy Systems*.

Spears, P. M. E. (2014). Mitigating data center harmonics. *Thought Leaders hip White*.

Suárez, J. A., & di Mauro, G. F., & Agüero, C. (2010). Parámetros que afectan la corriente del neutro en presencia de armónicos. *Información Tecnológica*.

Vlahinic, S. & Brnobic, D. & Dubravko, V. (2009). Measurement and analysis of harmonic distortion in power distribution systems. ScienceDirect, Electric Power Systems Research

Yongle, A. I. & Zhang, H. (2013). Harmonic Separation Based on Independent Component Analysis Method. JOURNAL OF COMPUTERS.

Lingquan, Z & Li, X. (2012). Research on Harmonic Suppression in Power System Based on Improved Adaptive Filter. SciVerse ScienceDirect

## Caracterización de perfiles de generación de energía eléctrica en sistemas fotovoltaicos de pequeña escala

VENEGAS-TRUJILLO, Tiberio\*†, CONTRERAS-AGUILAR, Luis, CASTILLO-TOPETE, Víctor y CONCHA-SÁNCHEZ, Antonio

*Universidad de Colima, campus Coquimatlán, Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Km 9 carretera Colima-Coquimatlán, Coquimatlán, Colima, México*

Recibido 11 de Enero, 2017; Aceptado 16 de Marzo, 2017

### Resumen

La incorporación de sistemas fotovoltaicos en los sistemas eléctricos se ha incrementado considerablemente en los últimos años. El impacto económico al reducir la dependencia de combustibles fósiles y lograr ahorros significativos por esta tecnología, se ha vuelto una realidad que sigue avanzando día con día. El comportamiento de tales sistemas, generalmente es monitoreado en tiempo real mediante el registro de la potencia activa de salida a lo largo del día. La variabilidad que presentan estos sistemas con respecto de un día a otro, principalmente se debe a factores como la radiación, nubosidad, temperatura, etc. En este artículo se presenta una metodología para la caracterización de perfiles de potencia activa en sistemas fotovoltaicos de pequeña escala con el fin de identificar la relación que tienen aspectos como la cantidad de nubes, duración de la nubosidad, época del año en la producción de energía eléctrica. Datos históricos de perfiles de generación de energía eléctrica con paso de muestreo cada cinco minutos, han sido tomados de dos sistemas fotovoltaicos de 1 y 2 kWp para realizar la caracterización de sus perfiles de potencia activa. El impacto de la nubosidad en estos sistemas es presentado mediante factores de nubosidad propuestos.

### Perfiles de generación, sistemas fotovoltaicos, factores de nubosidad

**Citación:** VENEGAS-TRUJILLO, Tiberio, CONTRERAS-AGUILAR, Luis, CASTILLO-TOPETE, Víctor y CONCHA-SÁNCHEZ, Antonio. Caracterización de perfiles de generación de energía eléctrica en sistemas fotovoltaicos de pequeña escala. *Revista de Ingeniería Tecnológica* 2017. 1-1:48-56

### Abstract

The incorporation of photovoltaic systems in electrical systems has increased considerably in recent years. The economic impact of reducing dependence on fossil fuels by achieving significant savings from this technology has become a reality that continues to advance day by day. The behavior of such systems is generally monitored in real time by recording the active output power throughout the day. The variability that these systems present with respect to one day to another mainly is due to factors like the radiation, cloudiness, temperature, etc. This article presents a methodology for the characterization of active power profiles in small scale photovoltaic systems in order to identify the relationship that has aspects such as the number of clouds, duration of cloudiness, time of year in the production of energy Electric. Historical data of photovoltaic generation profiles with sampling step of every five minutes have been taken from two photovoltaic systems of 1 and 2 kWp to perform the characterization of their active power profiles. The impact of cloud cover on these systems is presented by proposed cloudiness factors.

### Output profiles, photovoltaic systems, cloudiness factors

\*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: tvenegas@uclm.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor

## Introducción

El aprovechamiento de fuentes renovables para la producción de energía eléctrica ha incrementado la incorporación de sistemas fotovoltaicos interconectados a los sistemas eléctricos. En este tenor, México ha fijado metas a corto y mediano plazo para la generación de energía eléctrica a partir de fuente renovables. Se pretende la participación mínima de energías limpias en la generación de energía eléctrica del 25% para el año 2018, 30% para el año 2021 y 35% para el año 2024. Con las reformas implementadas en el sector energético se han comenzado a visualizar resultados en diversificación de fuentes de generación. En 2016, el 20.31% de la energía eléctrica fue generada con fuentes limpias. Las tecnologías que mostraron mayor crecimiento fueron la eólica, la fotovoltaica y cogeneración eficiente. Con respecto a la energía fotovoltaica, esta tuvo una evolución importante en capacidad instalada, al pasar de 170 MW en 2015 a 389 MW en 2016, lo que representa un adición de 128% a la capacidad existente. Mientras que el crecimiento en generación fotovoltaica paso de 190.26 GWh en 2015 a 214.79 Gwh, lo que representa un incremento de 12.89% (Reporte SENER 2016).

Además, la adición de capacidad fotovoltaica instalada ha sido en pequeña y mediana escala para usuarios residenciales y comerciales con servicios en media y baja tensión. No obstante, la generación fotovoltaica presenta importantes retos en sistemas de gran escala al ser interconectados a la red eléctrica, razón por la cual operan bajo esquemas aislados de la red eléctrica, ofreciendo energía en comunidades lejanas donde no se cuenta con el servicio de energía eléctrica.

La búsqueda de soluciones técnicas y operativas de los sistemas fotovoltaicos con la red eléctrica brinda la oportunidad de buscar soluciones que permitan su incorporación al despacho de energía del sistema eléctrico nacional. Por lo que impulsar estudios que caractericen el desempeño de los sistemas fotovoltaicos podría contribuir a una pronta incorporación que esta tecnología promete.

Diversos factores meteorológicos tales como nubosidad, hora del día, radiación solar, temperatura entre otros, provocan que la potencia generada por estos sistemas fluctúe a lo largo del tiempo efectivo de generación (shi, et al 2011, Chicco, et al 2014). Por ende

Con la incorporación de técnicas de monitoreo a través de esquemas de comunicación y almacenamiento vía internet, los registros del comportamiento respecto a la generación de energía eléctrica han dado lugar a una gran cantidad de datos históricos de sistemas fotovoltaicos. Estos datos generalmente representan mediciones secuenciales en el tiempo. Con el empleo de la minería de datos en series de tiempo, los registros de perfiles de generación fotovoltaica se convierten en una oportunidad para extraer la mayor cantidad de información significativa (Esling y Agon, 2012).

El manejo de la información registrada como perfiles de generación fotovoltaica requiere un análisis exhaustivo que permita extraer parámetros que representen el comportamiento de dichos sistemas. En este artículo se propone una metodología para identificar la cantidad de nubes, la energía producida, la potencia máxima alcanzada durante el tiempo de operación, así como la duración de las nubes presentes.

Mediante el desarrollo de un programa computacional en Matlab®, se han analizado perfiles de generación con intervalos de monitoreo de 5 minutos. El método de agrupamiento k-medias ha sido usado con el fin de administrar en grupos los perfiles de generación a partir de un criterio específico (Hartigan y Wong, 1979). También, cuatro tipos de día han sido propuestos para cuantificar el potencial de los sistemas fotovoltaicos.

### Monitoreo de sistemas fotovoltaicos

Los sistemas fotovoltaicos interconectados de pequeña escala han comenzado a tener una importante presencia en los sectores residenciales y comerciales. Con la aprobación de la Ley y Reglamento para el Aprovechamiento de Fuentes de Energía Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética (LAERFTE (2012), LAERFTE (2012)), aunado al incremento en los costos de energía eléctrica, los usuarios han puesto la mirada en emplar la energía solar para producir energía eléctrica y reducir sus costos asociados al recurso energético. La principal ventaja que tienen estos sistemas es su poco mantenimiento y su expectativa de vida que oscila entre 25 y 30 años, resultando una opción atractiva y viable que permite que los costos nivelados de energía sean competitivos con los ofrecidos por la compañía suministradora (Aldo et al, 2014, Venegas et al, 2016).

Existen empresas dedicadas a la puesta en operación de sistemas fotovoltaicos de pequeña escala, las cuales ofrecen el monitoreo de diversos parámetros eléctricos en intervalos de tiempo que son visualizados mediante una plataforma computacional. El sistema empleado para el monitoreo de parámetros en este estudio es el programa Enlighten (Enphase 2017).

Estas bases de datos administradas por compañías suministradoras de sistemas fotovoltaicos, ofrecen registros que son almacenados y pueden descargarse, lo cual permiten contar con información de los perfiles de generación para una ubicación geográfica específica donde fue instalado el sistema fotovoltaico.

A partir de dos sistemas fotovoltaicos de 1 y 2 kWp puestos en operación en mayo y julio de 2014, la Universidad de Colima cuenta con información de producción de energía eléctrica y de perfiles de generación a lo largo del día en intervalos de 5 minutos por un período de tres años de operación. Las características de estos sistemas fotovoltaicos interconectados son mostradas en la Tabla I.

Componente	Capacidad del Sistema Fotovoltaico Interconectado	
	1 kWp	2 kWp
Microinversor Enphase M215, L1741/IEEE1547, FCC Part 15 Class B	4	8
Módulos fotovoltaicos Monocristalinos Solartec S60MC 250 W.	4	8
Equipo de monitoreo Envoy R-NA. No. Serie:	121343014526	121343014413
Latitud	19°15'6.56"N	19°16'36.11"N
Longitud	103°41'40.56"O	103°42'35.20"O

**Tabla 1** Especificaciones de los sistemas fotovoltaicos



La tabla 2 muestra el esquema de generación de energía eléctrica del sistema fotovoltaico de 1 kWp para el año 2015.

Día	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1	4.30	1.74	5.11	5.20	4.97	4.65	4.80	4.92	3.97	3.36	5.10	3.57
2	3.93	2.10	5.00	5.17	4.64	4.30	4.30	3.64	4.36	5.00	3.76	3.48
3	3.26	3.35	5.10	3.62	4.61	4.02	3.94	4.54	3.10	3.84	4.18	3.65
4	2.01	4.94	4.40	4.85	4.94	3.84	3.48	3.93	2.59	1.68	4.70	3.98
5	2.07	3.22	4.28	4.82	4.87	2.58	4.93	4.01	4.52	4.89	4.58	4.16
6	4.25	4.35	4.79	5.01	4.47	4.67	3.29	3.71	3.41	4.05	3.62	3.94
7	4.26	4.60	4.47	4.66	4.63	4.79	2.32	3.65	3.59	3.96	3.95	3.37
8	3.22	4.79	4.48	4.62	4.15	4.55	3.12	3.49	4.05	4.29	4.09	2.58
9	3.88	4.77	3.48	5.07	4.44	3.50	4.08	4.77	4.43	4.47	4.49	1.89
10	4.07	4.21	2.65	4.65	4.67	3.90	4.68	4.09	4.38	3.56	4.26	3.16
11	4.58	4.26	3.00	4.37	4.69	3.27	2.68	4.42	4.85	4.88	4.31	2.39
12	4.31	4.43	5.64	4.47	4.48	3.15	3.21	4.23	5.15	4.43	3.77	1.80
13	2.57	1.64	4.97	4.45	4.32	3.73	2.28	3.06	4.91	4.24	3.51	3.05
14	3.52	1.69	1.45	5.06	4.03	3.59	3.16	4.04	4.62	3.78	4.40	4.71
15	4.45	1.54	1.39	4.65	3.71	2.39	3.10	4.82	3.56	4.21	4.52	4.22
16	4.38	2.48	0.62	4.69	4.78	3.19	4.79	3.40	3.61	4.01	3.60	4.54
17	4.13	4.27	2.62	4.43	4.29	2.84	4.44	2.85	4.60	4.61	2.91	4.49
18	3.92	5.20	4.68	4.82	4.08	4.27	4.71	4.33	4.18	4.60	4.01	3.79
19	3.88	5.07	5.48	4.97	4.38	2.97	2.37	4.68	3.60	4.05	3.26	3.87
20	3.72	4.77	3.90	5.11	4.47	2.38	4.06	4.54	4.57	4.69	3.46	3.53
21	4.01	5.05	5.00	4.98	4.46	4.94	4.44	4.63	4.31	3.91	3.45	3.37
22	3.81	4.56	5.35	4.84	3.74	4.37	3.87	2.86	4.81	2.03	3.26	3.19
23	4.42	4.73	5.07	4.66	4.36	3.75	4.53	4.08	4.41	0.25	4.12	3.71
24	3.46	4.85	5.29	4.24	4.62	4.15	4.41	4.91	4.68	3.17	3.83	4.26
25	1.73	5.13	4.64	4.76	4.64	3.27	4.63	4.96	2.78	4.56	2.51	3.99
26	2.58	5.27	5.45	4.54	4.80	4.22	3.89	3.85	3.79	3.21	1.15	4.26
27	4.10	5.31	4.72	4.17	4.16	3.73	4.80	3.96	4.19	3.78	1.67	3.67
28	4.07	5.33	5.02	4.03	3.66	2.87	3.73	4.50	4.16	3.52	4.40	3.93
29	3.95		5.38	2.75	2.68	4.19	4.88	4.19	4.29	2.88	4.01	2.75
30	2.73		4.90	4.53	2.69	4.36	2.71	3.82	4.16	1.05	3.46	3.79
31	3.16		4.90		3.26		4.06	3.85		2.79		3.20

Tabla 2 Mapa de generación diaria del sistema fotovoltaico de 1 kWp

**Metodología propuesta**

Con el fin de analizar los datos registrados del monitoreo de sistemas fotovoltaicos de pequeña escala en esta sección se propone identificar información relevante diaria que permita cuantificar los parámetros referentes a la cantidad de nubes, duración del paso de las nubes, potencia máxima generada, energía producida, tiempo de inicio y de término de generación, tiempo en que se presenta la potencia máxima.

La metodología propuesta se basa en la información registrada tanto para perfiles de generación en los que se cuenta con una gran cantidad de nubes y en los que es escasa, identificándose como días nublados y soleados, respectivamente.

Los gráficos 1 y 2 muestran los perfiles de generación para los días señalados anteriormente. En la figura 2 se puede observar que el cambio de pendiente en la curva de potencia se presenta después de alcanzar el valor máximo de generación, para después continuar su descenso hasta la ausencia de rayos de sol sobre el sistema. Este comportamiento puede considerarse a partir de un día soleado sin nubes presentes sobre el sistema fotovoltaico. Por otro lado, la figura 3 muestra un perfil de generación con depresiones o cambios de pendiente antes de alcanzar la generación máxima, y lo mismo ocurre durante el periodo de disminución en la producción de energía eléctrica. En este caso, el comportamiento registrado en el perfil de generación es considerado como día nublado. Notese que el paso de nubes provoca el cambio de pendiente en la curva de generación y donde  $m_i$  representa el cambio de pendiente en un tiempo  $t_i$ .

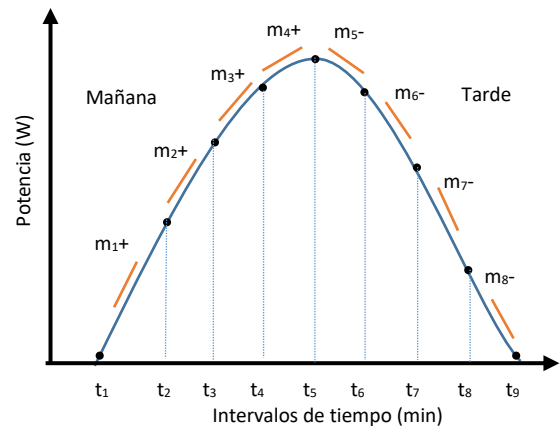


Gráfico 1 Perfil de generación de un día soleado

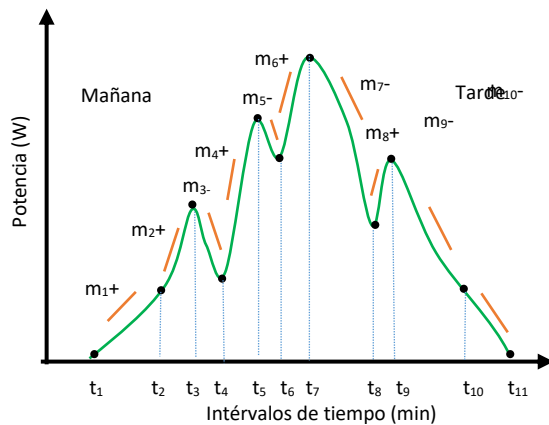


Gráfico 2 Perfil de generación de un día nublado

### Parámetros relevantes

A partir del monitoreo de sistemas fotovoltaicos interconectados es posible identificar una serie de parámetros eléctricos que permiten agrupar los perfiles de generación a partir de criterios tales como cantidad de nubes, duración de nubes, energía producida, potencia máxima de generación, etc. Las ecuaciones (1) a (4) son de dominio público.

### Cantidad de nubes

La identificación de cantidad de nubes presentes en un perfil cualquiera puede determinarse mediante la cuantificación de cambios de pendiente que se presentan a lo largo del día mediante la siguiente expresión:

$$m_i = \frac{P_{i+1} - P_i}{t_{i+1} - t_i} \quad i=1, 2 \dots i_{max-1} \quad (1)$$

Donde  $P_i$  representa la potencia generada.

### Energía generada

La energía generada puede determinarse mediante la integral definida de la curva del perfil de generación desde un tiempo de inicio hasta un tiempo de término.

$$E = \int_{t_{inicial}}^{t_{final}} P(t) dt \quad \text{en (kWh)} \quad (2)$$

### Potencia máxima de generación

La potencia máxima de generación se determina mediante el valor máximo presentado del perfil de generación.

$$P_{max} = \max(P(t)) \quad \text{en (kW)} \quad (3)$$

### Duración de la cantidad de nubes

En la determinación de la cantidad de nubes presentes, es posible también cuantificar su duración, esto puede llevarse a cabo con una variable adicional que permita registrar los intervalos de tiempo una vez presentado el cambio de pendiente.

$$t_d = \sum_{t_{inicial}}^{t_{final}} \Delta t_m \quad \text{para } (m_{t_{i+1}} = m_{t_i}) \quad (4)$$

### Tiempo de inicio de generación

$T_{inicial}$  Este tiempo es determinado inmediatamente después de que el sistema comienza a registrar el primer valor de potencia diferente de cero cada día.

### Tiempo de término de generación

$T_{final}$  Este tiempo es determinado como el último valor registrado distinto de cero al término del día.

### Tiempo en el que se presenta la potencia máxima

$T_{max}$  es este se relaciona directamente cuando se presenta la potencia máxima  $P_{max}$ .

Con el objeto de aplicar la metodología a un conjunto de perfiles de generación registrados de los sistemas fotovoltaicos interconectados, han sido considerados los registros del año 2015 para el sistema de 1 kWp. La figura 1 muestra los perfiles de generación agrupados mensualmente.

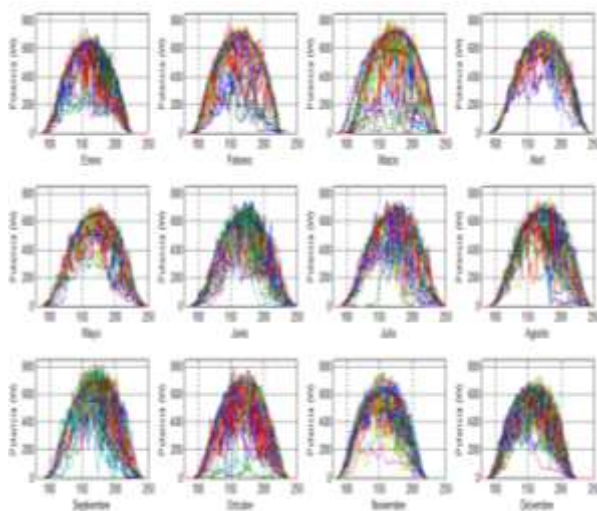


Figura 1 Perfiles de generación mensuales

De la figura 1 se observa que los perfiles de generación presentan características diferentes cada mes. Es posible mediante el empleo de la metodología propuesta identificar el tiempo de generación, la cantidad de nubes y su duración, la energía producida día con día, la potencia máxima de generación, etc. La Tabla II muestra los parámetros obtenidos de los perfiles de generación de la figura 4. Con referencia a la cantidad de nubes los meses de junio y septiembre son los que presentan el mayor número de estas, mientras que febrero y mayo los que menor cantidad de nubes registran. Dado que la región donde se encuentra el sistema fotovoltaico presenta el temporal de lluvias de junio a octubre y el de estiaje de noviembre a mayo, los resultados encontrados corresponden al comportamiento climatológico de la región.

Así mismo, el tiempo de duración del paso de las nubes tienen el mismo comportamiento para los meses con mayor cantidad de nubes, mientras que febrero y abril presentan el menor tiempo de duración del paso de las nubes.

Para el caso de la energía producida, los meses de marzo a mayo alcanzaron las mayores producciones energéticas, mientras que enero y diciembre las menores aportaciones de energía. Lo anterior puede correlacionarse con las horas de generación de energía, ya que los meses de otoño e invierno cuentan con menor aportación de luz solar, mientras que los meses de primavera y verano cuentan con mayor cantidad de luz solar, esto puede verificarse en los tiempos inicial y final de producción.

Parámetros	Energía	$P_{max}$	$T_{Pmax}$	$T_{inicial}$	$T_{final}$	Nubes	$T_{duración}$
	(kWh)	(W)	(Hrs)	(Hrs)	(Hrs)	(Cant)	(Hrs)
Enero	112.91	744	13.77	7.61	18.76	531	80.08
Febrero	113.74	776	13.54	7.50	19.04	432	69.92
Marzo	133.53	817	14.16	7.93	19.89	533	81.83
Abril	138.62	799	14.43	7.73	20.34	490	68.50
Mayo	132.73	726	14.35	7.53	20.46	462	77.08
Junio	112.56	746	14.18	7.50	20.33	609	100.33
Julio	120.28	746	14.49	7.67	20.53	498	91.50
Agosto	127.20	778	14.62	7.72	20.17	531	84.75
Septiembre	124.17	827	14.33	7.84	19.88	608	93.92
Octubre	113.95	794	13.91	8.03	19.61	555	93.08
Noviembre	112.50	760	12.96	7.16	18.39	471	72.92
Diciembre	110.33	731	12.93	7.47	18.45	552	87.42

Tabla 3 Especificaciones de los sistemas fotovoltaicos

**Agrupamiento**

Con los parámetros obtenidos de los perfiles de generación fotovoltaica, se pueden agrupar dichos perfiles a partir de criterios de agrupación.

Para este fin es empleado el método de agrupamiento k-medias, el cual se basa en particionar un grupo de  $n$  observaciones en  $k$  grupos en el que cada observación pertenece al grupo cuyo valor medio es más cercano (Hartigan y Wong, 1979). Para el caso que se presenta se han propuesto dos tipos de agrupamientos mensual y anual. El agrupamiento mensual considera la integración de grupos a partir únicamente de los perfiles correspondientes a cada mes. El agrupamiento anual toma en cuenta la cantidad total de días del año y los integra a partir de un criterio específico. En la aplicación del método de k-medias se han considerado cuatro grupos ( $k=4$ ) para agrupar los perfiles de generación a partir de la cantidad de nubes registradas con la metodología propuesta. Los cuatro grupos se identificaron como Soleado, Semi-soleado, Semi-nublado y Nublado. A partir de un programa desarrollado en Matlab con la metodología implementada, se realizaron las simulaciones hasta alcanzar la convergencia del método k-medias. Las figuras 5 a 8 muestran los agrupamientos del tipo de día y su comparación entre mensual y anual.

**Tipo de día: Soleado**



Gráfico 3 Comparación de agrupamiento en día soleado

**Tipo de día: Semi-Soleado**

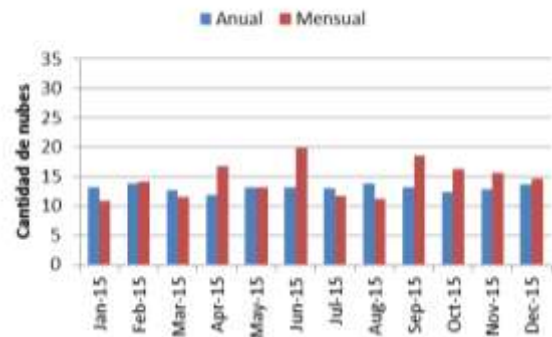


Gráfico 4 Comparación de agrupamiento en día Semi-soleado

**Tipo de día: Semi-Nublado**



Gráfico 5 Comparación de agrupamiento en día Semi-nublado

**Tipo de día: Nublado**

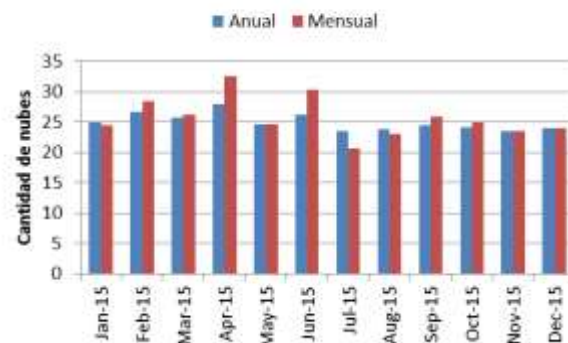


Gráfico 6 Comparación de agrupamiento en día nublado

Los gráficos 3 a 6 muestran información comparativa entre los agrupamientos mensual y anual bajo el criterio de cantidad de nubes. Para el tipo de día soleado del gráfico 3, se puede observar que el mes de septiembre no aporta días soleados cuando el agrupamiento anual se realiza. Esto se debe a que en este mes en particular la cantidad mínima de nubes por día es mayor de 14, por lo que se agrupan en el como tipo de día Semi-soleado.

Existe una diferencia entre el agrupamiento anual y mensual, tal que los días considerados como soleados contabilizan en 55 y 87, respectivamente. Esto indica que el porcentaje de días soleados depende del tipo de agrupamiento empleado, siendo 15.07% días soleados para agrupamiento anual y de 23.84% para agrupamiento mensual.

La tabla 4 muestra los resultados de los esquemas de agrupamiento mensual y anual, siendo los días Semi-nublados y nublados los que predominan en la región. Esta información obtenida de los registros de perfiles de generación fotovoltaica, permiten identificar posibles impactos de la generación fotovoltaica que sean instalados en la región.

Tipo de día	Agrupamiento			
	Mensual		Anual	
	Días	(%)	Días	(%)
Soleado	87	23.84	55	15.07
Semi-soleado	80	21.92	95	26.03
Semi-nublado	109	29.86	116	31.78
Nublado	89	24.38	99	27.12
Total	365	100.00	365	100.00

**Tabla 4** Especificaciones de los sistemas fotovoltaicos

## Conclusiones

En este artículo fue presentada una metodología para la obtención de parámetros de sistemas fotovoltaicos a partir del registro de perfiles de generación fotovoltaica. Los parámetros obtenidos permiten mediante el método de agrupamiento k-medias identificar cuatro tipos de días: Soleados, Semi-soleados, Semi-nublados y Nublados. Para el caso de agrupamiento anual solo el 15.07% de los días se consideró Soleado, el 26.03 como Semi-soleado, el 31.78% fue Semi-nublado y el 27.12% como nublado. Por lo anterior, se puede determinar que la metodología de obtención de parámetros de perfiles de generación fotovoltaica y la aplicación del método de k-medias permite indentificar el potencial que pueden tener los sistemas fotovoltaicos interconectados al sistema eléctrico.

Por otro lado, es necesario extender el estudio aquí presentado en un artículo adicional para correlacionar otros parámetros tales como energía generada, potencia máxima alcanzada y tiempo efectivo de operación de sistemas fotovoltaicos.

## Referencias

- Reporte de avance de energías limpias, (2016). Secretaria de Energía, México.
- Chicco, G., Cocina, V., & Spertino, F. (2014, September). Characterization of solar irradiance profiles for photovoltaic system studies through data rescaling in time and amplitude. In Power Engineering Conference (UPEC), 2014 49th International Universities (pp. 1-6). IEEE.
- Esling, P., & Agon, C. (2012). Time-series data mining. ACM Computing Surveys (CSUR), 45(1), 12.

Shi, J., Lee, W. J., Liu, Y., Yang, Y., & Wang, P. (2012). Forecasting power output of photovoltaic systems based on weather classification and support vector machines. *IEEE Transactions on Industry Applications*, 48(3), 1064-1069.

J. A. Hartigan and M. A. Wong. *Journal of the Royal Statistical Society. Series C (Applied Statistics)* Vol. 28, No. 1 (1979), pp. 100-108

LEY PARA EL APROVECHAMIENTO DE ENERGÍAS RENOVABLES Y EL FINANCIAMIENTO DE LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA. DOF 12-01-2012. México.

REGLAMENTO DE LA LEY PARA EL APROVECHAMIENTO DE ENERGÍAS RENOVABLES Y EL FINANCIAMIENTO DE LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA. DOF 30-11-2012. México.

Aldo De Sabata, Ioan Luminosu, Dan Mărgineanu, Simona Ilie, Dejan Jovanović, Dejan Krstić (2014). Economics of a Small-Scale, Grid-Connected PV System in Western Romania: an LCoE Analysis. *IEEE*.

T. Venegas, L. Contreras-Aguilar, J. Arroyo-Ledesma, R. J. Betancourt, E. Guerrero-Solis, F. Torres-Romero. (2016) "Times Series Power Flow Studies in Electric Networks with PV interconnected Systems". Reunión Internacional de Verano de Potencia y Aplicaciones Industriales. RVP-AI/2016-EDU-20. *IEEE Sección México*.

<https://enlighten.enphaseenergy.com/> (2017)

## Instrucciones para autores

---

### [Título en Times New Roman y Negritas No.14]

Apellidos en Mayúsculas -1er Nombre de Autor †, Apellidos en Mayúsculas -2do Nombre de Autor  
*Correo institucional en Times New Roman No.10 y Cursiva*

(Indicar Fecha de Envío: Mes, Día, Año); Aceptado (Indicar Fecha de Aceptación: Uso Exclusivo de ECORFAN)

---

#### **Resumen**

Título

Objetivos, metodología

Contribución

(150-200 palabras)

#### **Abstract**

Title

Objectives, methodology

Contribution

(150-200 words)

#### **Keywords**

**Indicar (3-5) palabras clave en Times New Roman y Negritas No.11**

---

**Cita:** Apellidos en Mayúsculas -1er Nombre de Autor †, Apellidos en Mayúsculas -2do Nombre de Autor. Título del Artículo. Título de la Revista. 2017, 1-1: 1-11 – [Todo en Times New Roman No.10]

---

---

† Investigador contribuyendo como primer autor.



# Instrucciones para autores

## Introducción

Texto redactado en Times New Roman No.12, espacio sencillo.

Explicación del tema en general y explicar porque es importante.

¿Cuál es su valor agregado respecto de las demás técnicas?

Enfocar claramente cada una de sus características

Explicar con claridad el problema a solucionar y la hipótesis central.

Explicación de las secciones del artículo

## Desarrollo de Secciones y Apartados del Artículo con numeración subsecuente

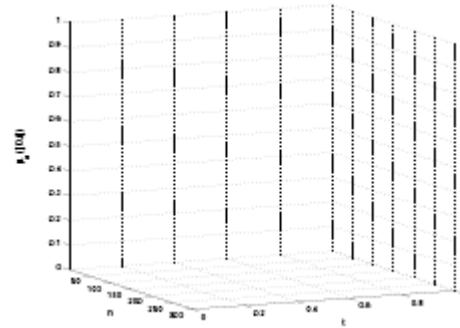
[Título en Times New Roman No.12, espacio sencillo y Negrita]

Desarrollo de Artículos en Times New Roman No.12, espacio sencillo.

## Inclusión de Gráficos, Figuras y Tablas-Editables

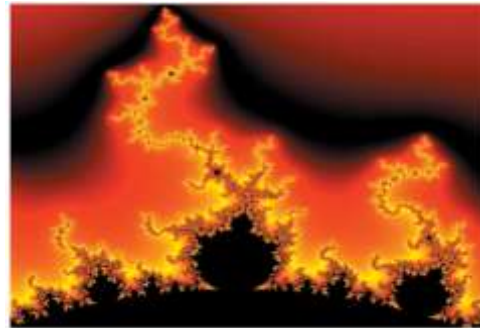
En el *contenido del artículo* todo gráfico, tabla y figura debe ser editable en formatos que permitan modificar tamaño, tipo y número de letra, a efectos de edición, estas deberán estar en alta calidad, no pixeladas y deben ser notables aun reduciendo la imagen a escala.

[Indicando el título en la parte inferior con Times New Roman No.10 y Negrita]



**Grafico 1** Titulo y Fuente (en cursiva).

No deberán ser imágenes- todo debe ser editable.



**Figura 1** Titulo y Fuente (en cursiva).

No deberán ser imágenes- todo debe ser editable.


**Tabla 1** Titulo y Fuente (en cursiva).

No deberán ser imágenes- todo debe ser editable.

Cada artículo deberá presentar de manera separada en **3 Carpetas**: a) Figuras, b) Gráficos y c) Tablas en formato .JPG, indicando el número en Negrita y el Título secuencial.



## Instrucciones para autores

---

**Para el uso de Ecuaciones, señalar de la siguiente forma:**

$$Y_{ij} = \alpha + \sum_{h=1}^r \beta_h X_{hij} + u_j + e_{ij} \quad (1)$$

Deberán ser editables y con numeración alineada en el extremo derecho.

### **Metodología a desarrollar**

Dar el significado de las variables en redacción lineal y es importante la comparación de los criterios usados

### **Resultados**

Los resultados deberán ser por sección del artículo.

### **Anexos**

Tablas y fuentes adecuadas.

### **Agradecimiento**

Indicar si fueron financiados por alguna Institución, Universidad o Empresa.

### **Conclusiones**

Explicar con claridad los resultados obtenidos y las posibilidades de mejora.

### **Referencias**

Utilizar sistema APA. **No** deben estar numerados, tampoco con viñetas, sin embargo en caso necesario de numerar será porque se hace referencia o mención en alguna parte del artículo.

### **Ficha Técnica**

Cada artículo deberá presentar un documento Word (.docx):

Nombre de la Revista

Título del Artículo

Abstract

Keywords

Secciones del Artículo, por ejemplo:

1. *Introducción*
2. *Descripción del método*
3. *Análisis a partir de la regresión por curva de demanda*
4. *Resultados*
5. *Agradecimiento*
6. *Conclusiones*
7. *Referencias*

Nombre de Autor (es)

Correo Electrónico de Correspondencia al Autor

Referencias

**Formato de Originalidad**



**Taipei-Taiwan a \_\_\_\_ de \_\_\_\_ del 20 \_\_\_\_**

Entiendo y acepto que los resultados de la dictaminación son inapelables por lo que deberán firmar los autores antes de iniciar el proceso de revisión por pares con la reivindicación de ORIGINALIDAD de la siguiente Obra.

Artículo (Article):

---

Firma (Signature):

---

Nombre (Name)

**Formato de Autorización**



**Taipei-Taiwan a \_\_\_\_ de \_\_\_\_ del 20\_\_\_\_**

Entiendo y acepto que los resultados de la dictaminación son inapelables. En caso de ser aceptado para su publicación, autorizo a ECORFAN- Taiwan a difundir mi trabajo en las redes electrónicas, reimpresiones, colecciones de artículos, antologías y cualquier otro medio utilizado por él para alcanzar un mayor auditorio.

I understand and accept that the results of evaluation are inappealable. If my article is accepted for publication, I authorize ECORFAN- Taiwan to reproduce it in electronic data bases, reprints, anthologies or any other media in order to reach a wider audience.

Artículo (Article):

\_\_\_\_\_  
Firma (Signature)

\_\_\_\_\_  
Nombre (Name)

# Revista de Ingeniería Tecnológica

“Caracterización energética de un sistema fotovoltaico interconectado a red nivel residencial”

**OVANDO-SIERRA, Juan, CASTILLO-TELLEZ, Margarita, HUCHINMISS, Mauricio y QUEJ-COSGALL, Héctor**

*Universidad Autónoma De Campeche*

“Sistema de control para posicionamiento angular en un motor a pasos”

**GUTIERREZ-GRANADOS, Cuitláhuac, ESPINOSA-AHUMADA, Elías y HERNÁNDEZ-DIEGO, Pablo César**

*Universidad Tecnológica de San Juan del Río*

“Diseño de un equipo termosolar para el tratamiento de lactosuero”

**OLGUÍN-CAMACHO, Juan, ROJO-PEÑA, Daniel, VENTURA-CRUZ, Ignacio y JIMÉNEZ-ISALS, Donaji**

*Instituto Tecnológico Superior De Huichapan*

“Manipulación de motor Shunt, monitoreo de temperatura y vibración mecánica mediante App Virtuino y módulo Esp8266 vía wifi”

**LÓPEZ-TOLEDO, Eliut**

“Comportamiento armónico del conductor neutro para determinación de variables que lo afectan en alimentación monofásica”

**HERNÁNDEZ-CORONA, José Luis y ALBORES-VELASCO, Francisco Javier**

*Universidad Tecnológica de Tlaxcala*

*Universidad Autónoma de Tlaxcala*

“Caracterización de perfiles de generación de energía eléctrica en sistemas fotovoltaicos de pequeña escala”

**VENEGAS-TRUJILLO, Tiberio, CONTRERAS-AGUILAR, Luis, CASTILLO-TOPETE, Víctor y CONCHA-SÁNCHEZ, Antonio**

*Universidad de Colima*

