

## Generador de energía eléctrica a través de energía limpia

### Generator of electric power through clean energy

PÉREZ-GALINDO, Liliana Eloisa†\*, HERNÁNDEZ-BORJA, Carlos, ALVARADO-GONZÁLEZ, Ángel y LÓPEZ-VICENTE, Jade

*Universidad Tecnológica Fidel Velázquez*

ID 1<sup>er</sup> Autor: *Liliana Eloisa, Pérez-Galindo* / ORC ID: 0000-0001-6016-2595

ID 1<sup>er</sup> Coautor: *Carlos, Hernández-Borja* / ORC ID: 0000-0002-8138-9016

ID 2<sup>do</sup> Coautor: *Ángel, Alvarado-González* / ORC ID: 0000-0003-1102-1192

ID 3<sup>er</sup> Coautor: *Jade, López-Vicente* / ORC ID: 0000-0002-6075-4723

Recibido Septiembre 27, 2018; Aceptado Diciembre 30, 2018

#### Resumen

En este artículo se presenta el desarrollo y estudio de un prototipo del cual se obtiene energía eléctrica, utilizando tecnologías no contaminantes. El prototipo propuesto, es una tabla creada a partir de madera y plástico que se utiliza para la generación de energía eléctrica el cual proviene de la deformación o tensión mecánica de los materiales piezoeléctricos colocados sobre este. La energía eléctrica se almacena en baterías, durante los lapsos a los que son sometidos a tensión mecánica los materiales piezoeléctricos. A mayor tensión mecánica aplicada sobre los materiales piezoeléctricos, mayor es la energía eléctrica generada, por lo que resulta conveniente aplicarlo en lugares donde se transita mayormente, como en caminos y carreteras, centros comerciales, o lugares por donde la gente camine de manera habitual. Los principales elementos que constituyen el prototipo son los materiales piezoeléctricos, un circuito electrónico utilizado para convertir la energía eléctrica de corriente alterna a corriente directa, además de filtrar, almacenar y regular el voltaje generado. Se utilizaron otros materiales para su construcción, como cable, madera, baterías y etilvinilacetato. Para las pruebas experimentales, se utiliza una plataforma modular, NI ELVIS II de National Instruments, que integra los instrumentos utilizados como el osciloscopio y multímetro.

**Piezoeléctricos, Tecnologías no Contaminantes, Plataforma Modular**

#### Abstract

In this article we present the development and study of a prototype from which electrical energy is obtained. Using clean technology. The proposed prototype is a table made from wood and plastic that is used for the generation of electrical energy which comes from the deformation or mechanical stress of the piezoelectric materials placed on it. The electrical energy is stored in batteries, during the periods to which the piezoelectric materials are subjected to mechanical stress. The higher mechanical stress applied to piezoelectric materials, the greater electrical energy generated, so it is convenient to apply it in places where it is mostly traveled, such as roads and highways, shopping centers, or places where people walk in a habitual way. The main elements that make up the prototype are piezoelectric materials, an electronic circuit used to convert electrical energy from alternating current to direct current, as well as filtering, storing and regulating the generated voltage. Other materials are used for its construction, such as wire, wood, batteries and ethyl vinyl acetate. For the experimental tests is used a modular platform, NI ELVIS II of National Instruments which integrates the instruments used as the oscilloscope and multimeter.

**Piezoelectrics, Clean Technology, Modular Platform**

**Citación:** PÉREZ-GALINDO, Liliana Eloisa, HERNÁNDEZ-BORJA, Carlos, ALVARADO-GONZÁLEZ, Ángel y LÓPEZ-VICENTE, Jade. Generador de energía eléctrica a través de energía limpia. Revista de Ingeniería Eléctrica. 2018. 2-7: 36-41.

† Investigador contribuyendo como primer autor.

\*Correspondencia al Autor Correo Electrónico: (lipega74@hotmail.com)

## 1. Introducción

Con la creación y colocación de las baldosas en las principales avenidas de la ciudad con mayor afluencia, se pretende reducir el consumo de energía eléctrica de las lámparas utilizadas para la iluminación de estas, la cual será generada por el tránsito de las personas en los caminos concurridos. Se aprovechará la energía mecánica generada por los pasos de los peatones al pisar las baldosas colocadas en las calles y caminos con mayor afluencia, esta energía es transformada en corriente alterna por medio de piezoeléctricos que se encuentran en las baldosas.

Las baldosas funcionan con el principio básico de la inducción eléctrica la cual es mencionada en: “La ley de Faraday inducción electromagnética”, la cual dice - En el caso que nos ocupa, provocamos variaciones en el flujo magnético que provoca una fuerza electromotriz, manteniendo una diferencia de potencial entre dos puntos de un circuito abierto (Marimar, 2018).

### 1.1 Problemática

De acuerdo a un comunicado de la Secretaría de Energía (Sener), entre 1997 y 2007 el consumo de electricidad para iluminación en México creció a un ritmo del 3.9% anual, y al cierre del 2009 dicho consumo representó el 18% del total de la energía eléctrica consumida en el país, a través de un parque estimado en 290 millones de lámparas (tubos fluorescentes, focos incandescentes y lámparas fluorescentes compactas) (Iluminet, 2010).

Para la producción de energía eléctrica se hace uso de los recursos naturales, lo que conlleva a generar emisiones a la atmósfera ocasionando una gran contaminación y daño al medio ambiente. Es por esto por lo que, surge la necesidad de producir energía eléctrica a través de tecnologías no contaminantes para el medio ambiente y esta puede ser mediante el uso de ciertos cristales, los cuales al ser sometidos a una fuerza mecánica generan una cantidad de energía, a esta propiedad se le llama piezoelectricidad, la cual no genera contaminación alguna y es muy fácil de obtener.

## 1.2 Hipótesis

Los piezoeléctricos transforman las vibraciones a una fuerza electromotriz, tomando esta característica, se piensa que la fuerza aplicada por el peso de las personas convertirá la energía mecánica liberada al caminar a un voltaje de corriente alterna, la cual por medio de diodos será rectificadas transformándola en voltaje de corriente directa para su almacenamiento en baterías de ion de litio de 1.5 volts.

Se cree que la energía almacenada en la batería no realimentará el circuito debido a las características eléctricas de los diodos.

## 2. Objetivos

### 2.1 Objetivo General

Generar energía eléctrica por medio de la transformación de energía mecánica mediante el paso continuo de las personas a través de un dispositivo compuesto por sensores piezoeléctricos.

## 3. Marco Teórico

### 3.1 Concepto de Energías Limpias

Existen en la actualidad la producción de energía eléctrica a través de energía limpia obtenida de cuatro elementos básicos: agua, luz, aire y la misma tierra. Pero es de suma importancia mencionar que también se puede obtener de ciertos cristales que a través de estar sometidos a una fuerza mecánica generan energía, a esta propiedad se le conoce como piezoelectricidad.

### 3.2 Transducción piezoeléctrica

Los materiales piezoeléctricos tienen la propiedad de convertir una tensión mecánica aplicada en ellos en energía eléctrica, lo que se denomina como efecto piezoeléctrico directo. A su vez, de forma contraria, se deforman bajo la acción de fuerzas internas al ser sometidos a un campo eléctrico, fenómeno denominado como efecto piezoeléctrico inverso.

El fenómeno piezoeléctrico se basa en la estructura fundamental de una red cristalina. Ciertas estructuras cristalinas tienen un balance de carga con polarización positiva y negativa, que se neutralizan a lo largo del eje polar imaginario.

Cuando este balance de carga es perturbado con un estrés externo sobre la malla cristalina, la energía es transferida por portadores de carga eléctrica creando una corriente en el cristal, induciendo un campo eléctrico (efecto piezoeléctrico directo). A la inversa, cuando se le aplica una diferencia de potencial, esta creará un desequilibrio en el estado de carga neutral causando un estrés mecánico (efecto piezoeléctrico inverso).

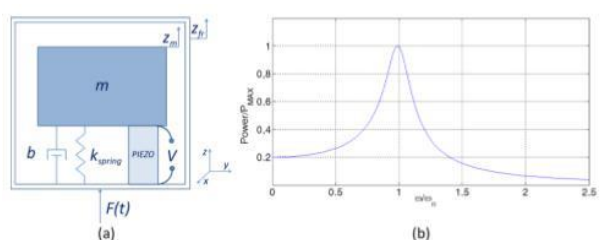
Existe una estrecha relación entre el efecto piezoeléctrico y la simetría de una red cristalina, dado que solo se puede observar el efecto piezoeléctrico en cristales que carezcan de simetría. Dicha relación se puede detallar con las estructuras basadas en monocristales y policristales.

Con la notación de la figura 1, donde se han dispuesto dos placas metálicas de manera que se constituye un condensador, se tiene, para un material dioeléctrico no pizoeléctrico, que al aplicarle una fuerza  $F$ , según la ley de Hooke (apartado 1), en el margen elástico aparece una deformación.

$$\bar{D} = \varepsilon \bar{E} = \varepsilon_0 \bar{E} + \bar{P} \quad (1)$$

Donde  $\bar{D}$  es el vector de desplazamiento,  $\varepsilon$  es la constante dieléctrica,  $\varepsilon_0=8.85\text{pF/m}$  es la permitividad el vacío y  $\bar{P}$  es el vector polarización resorte (Areny, R. P., 2004).

### 3.3 Conversión de energía mecánica a eléctrica con fórmulas



**Figura 1** Modelo equivalente de los PEH y su comportamiento resonante

Fuente: Francesco Cottone, "Introduction to Vibration Energy Harvesting", ESIEE Paris, Agosto, 2011

Representa el modelo equivalente de los cosechadores de energía eléctrica a partir de vibraciones y su comportamiento resonante.

$$(t)m+'(t)b+zm(t)k=F(t) \quad (2)$$

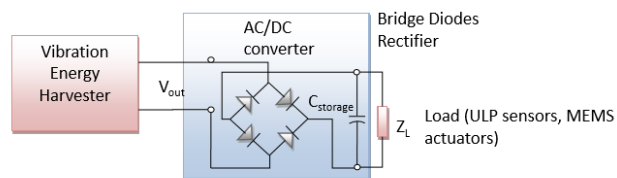
Donde "m" representa la masa, "b" el coeficiente de amortiguamiento, que se divide en la suma de las pérdidas mecánicas "bp" y el coeficiente basado en la conversión de energía "be", y "k" la rigidez del resorte (Areny, R. P., 2004).

### 3.3.1 Modo de Operación

El efecto piezoeléctrico consiste en la aparición de una polarización eléctrica en un material al deformarse bajo la acción de un esfuerzo. Es un efecto reversible de modo que al aplicar una diferencia de potencial eléctrico entre dos caras de un material piezoeléctrico (Gabriela, 2008).

### 3.4 Circuito de Acondicionamiento

El último paso para alimentar dispositivos electrónicos o cargar sus baterías es el diseño del circuito de acondicionamiento que permita transformar la señal AC que se obtiene a partir del transductor piezoeléctrico en una señal DC útil que pueda ser almacenada o aprovechada directamente. Una estructura típica y básica de la circuitería de conversión se representa con el esquemático de la figura 2 (Cottone, F., 2011).



**Figura 2** Circuito de conversión de energía de CA a CD  
Fuente: Francesco Cottone, "Introduction to Vibration Energy Harvesting", ESIEE Paris, Agosto, 2011

Los generadores piezoeléctricos son fuentes AC por lo que, su salida tiene que ser rectificadas y reguladas antes de alimentar a los dispositivos electrónicos o ser almacenada.

Para rectificar esta señal AC se hace uso de un puente rectificador de diodos de onda completa. Una vez rectificadas, esta se almacena en un condensador. Esta estructura de convertidor AC-DC suele ser continuada por otro convertidor DC-DC para regular el voltaje y para una optimización energética, haciendo que la transferencia de potencia sea máxima mediante adaptación de impedancias.

### 4. Metodología de Investigación

#### 4.1 Diseño

Dadas las características de los piezoeléctricos se procedió a diseñar una estructura que aplicará una fuerza proporcional a toda su área, esto con el fin de distribuir la presión sobre dicha estructura, en la cual estarán repartidos los piezoeléctricos, ya que son componentes delgados y frágiles se colocará una sección amortiguante fabricada de etilvinilacetato que es un plástico blando, el cual absorberá parte de la presión ejercida al caminar. Los discos piezoeléctricos serán conectados en serie para sumar las cargas generadas por cada uno.

De ahí se continuó con el diseño del circuito el cual transformará la energía alterna a corriente directa, almacenándola en un capacitor electrolítico para controlar la descarga de la energía de este a una batería.

#### 4.2 Experimentación

A continuación, se muestra el diagrama a bloques general del circuito utilizado para almacenar la energía:



Figura 3 Diagrama a bloques general Fuente: Elaboración Propia

En primera instancia se midió el voltaje acumulado en la batería recargable de litio como se muestra en la siguiente figura.

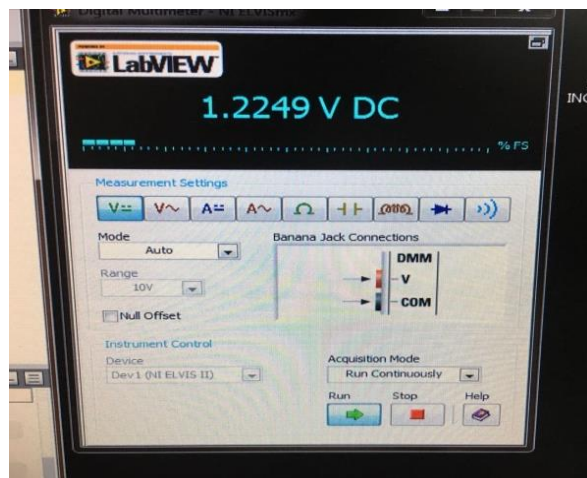


Figura 4 Medición inicial de voltaje Fuente: Elaboración Propia

Posteriormente se montó el circuito rectificador y regulador de voltaje como se muestra en la figura 5.

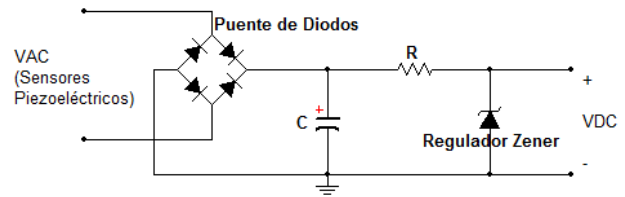


Figura 5 Circuito rectificador con filtro y regulador de voltaje Fuente: Elaboración Propia

El circuito antes mostrado se armó en la plataforma de pruebas NI ELVIS II de National Instruments, la cual integra los instrumentos utilizados como el osciloscopio y multímetro, en ella se conectó el circuito con la batería a cargar, como se muestra a continuación.



Figura 6 Plataforma de pruebas NI ELVIS II de National Instruments Fuente: Elaboración Propia

Se procedió a la aplicación de fuerza a través de pisadas en el prototipo (baldosa) para observar el comportamiento de esta, teniendo como resultado el aumento de energía la cual será almacenada en la batería (figura 7).

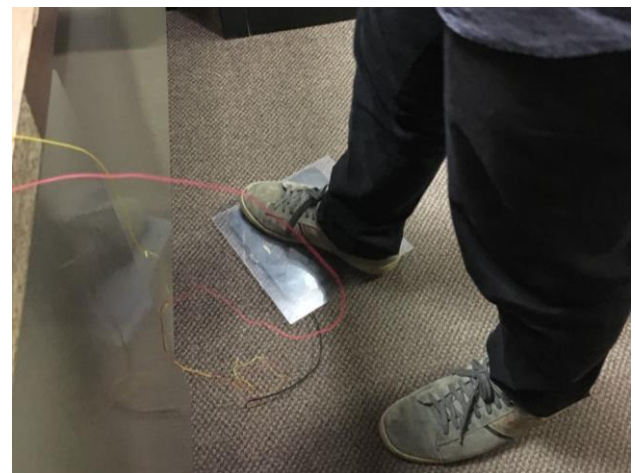
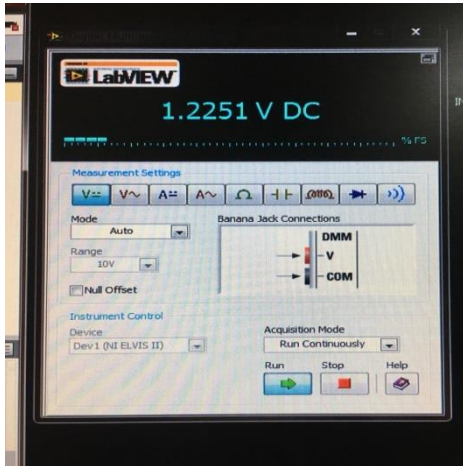


Figura 7 Baldosa Fuente: Elaboración Propia



Después de esta acción se pudo observar un incremento de voltaje, el cual quedaba almacenado como lo muestra la medición realizada en la siguiente figura.



**Figura 8** Medición de voltaje incrementado  
Fuente: Elaboración Propia

Una vez que se observó un incremento en el voltaje se dejó de aplicar fuerza sobre la baldosa dejando el circuito y prototipo conectados durante 30 min. Observando un aumento de voltaje ocasionado por las mismas vibraciones cercanas al prototipo.



**Figura 9** Medición de voltaje  
Fuente: Elaboración Propia

## 5. Resultados

Se logró obtener energía eléctrica a través de energía limpia, generada mediante el uso de materiales piezoeléctricos empleados en la construcción de una baldosa, la cual al ser expuesta a una fuerza por medio de las pisadas de las personas libera energía mecánica que es transformada a energía eléctrica.

Así como también se pudo comprobar que una vez que es cargada la batería, esta no realimenta el circuito debido a las características eléctricas de los diodos.

## Referencias

Areny, R. P. (2004). *Sensores y acondicionadores de señal*. Marcombo.

CONICYT. (2013) *¿Qué es la ferroelectricidad? Acercando la Ciencia y la Tecnología a la comunidad*. Santiago, Chile. Explora: un programa de CONICYT. Recuperado de <https://www.explora.cl/455-sabias-que/sabias-fisica/1245-que-es-la-ferroelectricidad-1#>

Cottone, F. (2011). *Introduction to vibration energy harvesting*. NiPS Energy Harvesting Summer School, 1-5.

Desconocido. (2016). *Energía química*. Energía Nuclear. Recuperado de <https://energia-nuclear.net/definiciones/energia-quimica.html>

Gabriela. (2008). *SENSORES PIEZOELECTRICOS*. Mediciones. España. WordPress.com. Recuperado de <http://gabrielamorales.wordpress.com/sensores-piezoelectricos/>

Hernández, José. (2011) *¿Como funcionan los Piezoeléctricos? Teoría General. Piezoelectricidad*. Electrónica. Recuperado de <http://smdelectronicayalgomas.blogspot.com/2011/08/como-funcionan-los-piezoelectricos.html#.W6vldXszbct>

Iluminet. (2010). En Mexico 18% de la energía eléctrica se destina a iluminación. D.F., México. Revista de Iluminación ON LINE. Recuperado de <https://www.iluminet.com/en-mexico-18-de-la-energia-electrica-se-destina-a-iluminacion/>

Marimar. (2018). *LEY DE FARADAY / INDUCCIÓN ELECTROMAGNETICA*. ESPACIOCIENCIA.COM. Madrid, España.: Tendencias Media S.L. Recuperado de <https://espaciociencia.com/ley-de-faraday-induccion-electromagnetica/>

Pavegen Systems. (2018). Pavegen. London, England. Recuperado de <http://www.pavegen.com/>

Pérez Flores, Martina., Olmo Carrasco, Satur., Sánchez Carretero, Ana. (2014). *DIPOLOS Y POLARIZACIÓN*. Universidad de Castilla – La Mancha. España. Departamento de Física Aplicada de la UCLM. Recuperado de <https://previa.uclm.es/profesorado/maarranz/Documentos/alumnosmateriales0506/G1-ppt1111.pdf>