



# Pisando y Generando

## Piezoelectricidad

### Introducción

#### **Planteamiento del problema**

Desde el descubrimiento de la energía eléctrica el hombre ha buscado varias formas de producirla, ya que en esta nueva era de avances tecnológicos y científicos esta energía es esencial para el funcionamiento de muchos de los aparatos que utilizamos diariamente.

La producción de esta energía ha ido avanzando con los años pero aun dependemos mucho de los combustibles fósiles para obtenerla y ello conlleva a la contaminación del planeta, aunque en los últimos años se han desarrollado tecnologías no contaminantes para la producción de energía eléctrica, como ejemplos tenemos la utilización de la fuerza del viento o del calor del sol.

Existen algunos cristales que tienen la capacidad de generar energía a partir de ser sometidos a una fuerza mecánica, la aplicación de esta propiedad es llamada piezoelectricidad.

La piezoelectricidad es aplicada a varios productos como sensores, actuadores, entre otros.

¿Cómo podríamos crear una plataforma que al ser sometida a una fuerza mecánica, en este caso el peso de una persona, genere una diferencia de potencial?

#### **Marco Teórico**

En 1880, Jacques y Pierre Curie descubrieron una inusual característica en ciertos cristales minerales, ya que cuando estos cristales eran sometidos a una fuerza mecánica, estos cristales se polarizaban, ya que la tensión y la compresión generan voltaje de polaridad opuesta. Este descubrimiento dio paso a la tecnología que conocemos actualmente llamada piezoelectricidad.

La evolución tecnológica de los materiales cerámicos suplantó a los materiales piezoeléctricos naturales, y expandieron en variedad la siguiente generación de materiales piezoeléctricos, usados en aplicaciones para la acústica, óptica, medicina y comunicación inalámbrica.

Los elementos piezoeléctricos son fabricados de simples cristales de niobato de litio, cuarzo sintético, y otros materiales que pueden exhibir propiedades piezoeléctricas significativamente superiores, relativo a los elementos poli cristalinos. Relativa insensibilidad a la temperatura, factores elevados de conversión de energía eléctrica y energía mecánica, entre otros atributos, hacen que ha estos materiales se les pueda dar un gran uso.

#### **Hipótesis**

Considerando un sistema de condensadores e ignitores piezoeléctricos colocados en paralelo se puede producir un voltaje, después de someterse a una fuerza mecánica que producirá una presión sobre todo el sistema, lo cual nos permitirá generar una corriente eléctrica que podrá ser almacenada en un conjunto de capacitores para su utilización futura.

#### **Propósito**

Construiremos una plataforma de forma cuadrangular la cual tendrá en su superficie una serie de discos piezoeléctricos así como una serie de ignitores piezoeléctricos los cuales estarán conectados en paralelo, a su vez estos materiales piezoeléctricos estarán conectados hacia un circuito de varios capacitores los cuales almacenaran la energía que se produzca cuando estos materiales se sometan a un fuerza mecánica que en este caso será el peso de la persona. Sobre la superficie ira una lamina de acrílico flexible la cual se utilizara para proteger a los discos e ignitores piezoeléctricos. También, en la superficie de la plataforma se colocaran una serie de LEDs de pastilla que irán conectados a los capacitores para que la energía almacenada pase a los diodos emisores de luz y así estos puedan prender por la diferencia de potencial generada a partir de los discos e ignitores.

#### **Material**

- 1 Placa de madera de 2cm de grosor de 60 x 60 cm. 4 rectángulos de madera de 6 cm de grosor de 60x20 cm.

- 1 Placa de Acrílico flexible de 60x60 cm. 17 Discos piezoeléctricos de 0.5 cm de radio.
- 20 Discos piezoeléctricos de 1 cm de radio. 5 ignitores piezoeléctricos con salida frontal.
- 5 LEDs de pastilla que trabajan con 2.0 V. color rojo. 5 LEDs de pastilla que trabajan con 2.0 V. color azul.
- 5 LEDs de pastilla que trabajan con 2.0 V. color verde. 5 LEDs de pastilla que trabajan con 2.0 V. color blanco.
- 3 metros de cable de 1mm de diámetro calibre 18 AWG con conducción de hasta 16 A\*, color blanco.
- 3 metros de cable de 1mm de diámetro calibre 18 AWG con conducción de hasta 16 A\*, color rojo.
- 6 Capacitores de 10 $\mu$ F\*\* a 12 V. Plastilina epóxica para pegar en madera

### Costos

Los costos son dados en peso mexicano (\$).

- Placa de madera: \$ 40 de 60x60 cm. Rectángulos de madera: \$ 10 c/u. Placa de acrílico de 60x60: \$ 70.
- Discos Piezoeléctricos de 0.5 cm de radio: \$ 6 c/u. Discos Piezoeléctricos de 1 cm de radio: \$ 15 c/u.
- Ignitores Piezoeléctricos: \$ 10 c/u. LEDs de pastillas: \$ 5 c/u. Metro de cable: \$ 3.0
- Capacitores de 10 $\mu$ F a 12 V.: \$10 c/u. Plastilina epóxica para madera: \$ 25 c/u.

### Procedimiento

1. Primero se construirá una plataforma de 60x60 con una altura de 20 cm de tal forma que esta quedara hueca, ya que en la parte inferior se hará la conexión de todos los cables y capacitores.
2. Se delimitara el área en donde se colocaran los discos e ignitores piezoeléctricos de tal manera que el área en que se encuentren los materiales piezoeléctricos será el área en donde la persona va a apoyar su peso, en donde va a pisar.
3. Se colocaran los discos piezoeléctricos en un área cuadrada, después de ser colocados se harán una serie de agujeros mediante el taladro, estos agujeros tendrán un diámetro no mayor a 5 mm, para que el cable quede ajustado.



agujeros  
lado de



4. Los  
quedaran a cada  
los discos

piezoeléctricos y se van a hacer dos por lado ya que estos estarán conectados en paralelo.

5. Los discos piezoeléctricos irán conectados por debajo de la plataforma.
6. Los ignitores piezoeléctricos estarán colocados en cada lado del área cuadrada formada por los discos piezoeléctricos, se colocaran 2 por lado dejando un espacio entre ellos.
7. Los LEDs de pastilla irán colocados en el área externa a la parte de discos piezoeléctricos y se le colocara un capacitor para que los LEDs hagan una serie y no se apaguen inmediatamente después de pisar.
8. Se colocaran 5 LEDs por lado y sumando nos quedaran 20 LEDs en total.
9. Para que los LEDs puedan prender se conectaran a los ignitores piezoeléctricos que al tener una presión generara una corriente que se almacenara en los capacitores y hará que los LEDs enciendan.



los

10. En la parte inferior de la plataforma se conectarán los cables resultantes de la conexión en paralelo de los discos, a un circuito el cual tendrá 6 capacitores los cuales servirán para almacenar la energía producida por materiales piezoeléctricos para su utilización futura.
11. Una alternativa a los capacitores utilizados en circuitos sería una pila recargable de 12 V para que pueda almacenarse la energía.
12. El acrílico será colocado al final, este irá en la parte superior de la plataforma, su función principal será la de proteger a los materiales piezoeléctricos para que cuando la persona apoye su peso estos no se rompan.
13. El acrílico deberá ser flexible ya que este tiene la capacidad de deformarse bastante aunque el espacio entre el acrílico y los materiales piezoeléctricos no sea mucho.

### **Resultados y Análisis**

Se generó un voltaje de 10 V con una corriente de 100  $\mu$ A, con la presión que ejerce una persona sobre el material piezoeléctrico. Si esto lo multiplicamos por un número de personas considerable que camine sobre una ciudad muy poblada o sobre una región específica este número tomaría sentido ya que el voltaje que podríamos producir sería 3000 V y 0.3 dA\*\*\* aproximadamente si consideramos que en un día pasen por una sola plataforma 300 personas.

\*\*\* Deciamperio =  $10^{-1}$  A = dA

El voltaje real que se puede producir lo podemos ver en la siguiente fórmula:

$$V = - (g33hT)$$

Donde:

V = voltaje

g33 = constante de voltaje del piezoeléctrico

h = altura (grosor) del elemento cerámico

T = presión sobre el elemento

La presión sobre el elemento será la de una persona promedio al caminar:

Si una persona promedio pesa 70 kg entonces la fuerza con la que pisaría estaría dada por:

$$F = mg \text{ (gravedad)}$$

Entonces:

$$F = (70 \text{ kg}) \cdot (10 \text{ m/s}^2)$$

$$F = 700 \text{ N}$$

La presión sobre el área de los cristales estaría dada por:

$$P = F/A$$

\* A = área total

\* F = la fuerza ejercida.

Entonces:

$$P = 700 \text{ N} / 0.012 \text{ m}^2$$

$$P = 58333.3 \text{ p}$$

La altura o grosor del elemento cerámico, en este caso de los discos piezoeléctricos, es un dato que ya se conoce que sería de:

$$h = 0.14 \text{ mm}$$

$$h = 0.00014 \text{ m}$$

Entonces, para el voltaje real que se produciría en el material piezoeléctrico tendríamos que:

$$V = - (g33hT)$$

$$V = - (+/- 2) \cdot (0.00014) \cdot (58333.3)$$

$$V = - (+/- 2) \cdot (8.166662)$$

$$V_r = 16.333324$$

$V_r = 16.3 \text{ v}$

Este voltaje sería el total que se produciría con la constante de voltaje piezoeléctrico de los discos.

Para almacenar la corriente eléctrica que se produzca utilizaremos 6 capacitores de  $10\mu\text{F}$  a 12 V los cuales se recargarán cada vez que el material piezoeléctrico sea sometido a una fuerza mecánica, a su vez estos también servirán para proporcionar parte de su carga a los LEDs de pastilla.

Considerando que cada disco piezoeléctrico tiene un costo de alrededor de 15 pesos podríamos construir una plataforma con alrededor de 50 discos lo cuales producirían una cantidad de corriente y voltaje considerable.

El costo por plataforma sería relativamente económico ya que cada plataforma con todos los elementos antes mencionados tendría un costo aproximado de 800 pesos lo cual beneficiaría tanto a la economía como al medio ambiente ya que es un producto totalmente no contaminante.

Esta plataforma puede estar a su vez conectada a otra plataforma y así sucesivamente para que la corriente sea mayor y en vez de ser almacenada en capacitores pequeños se podría almacenar en baterías.

### **Conclusiones**

Como vimos anteriormente hay diversas aplicaciones de los materiales piezoeléctricos en diferentes campos.

La idea de generar energía eléctrica a partir de discos e ignitores piezoeléctricos es viable y es una fuente limpia y económica sobre todo en países con una población densa o en regiones donde haya una concentración considerable de personas.

Comprobamos que podemos obtener aproximadamente entre 10 y 16 V con una corriente de  $100\ \mu\text{A}$ . Estos datos se obtienen de la presión que ejerce una persona sobre los discos piezoeléctricos.

Económicamente este tipo de plataformas serían relativamente baratas y podrían tener muchos usos como:

- En discotecas, para que estas puedan ser autosuficientes, (generar su propia electricidad a partir del baile de las personas ya que esto hace que se presione el material piezoeléctrico).
- En calles o avenidas donde transite mucha gente. Con las plataformas podríamos generar energía para proveer de corriente al alumbrado público o para la zona habitacional cercana al lugar.
- En carreteras o zonas muy transitadas por los autos, ya que no solo se puede generar presión con el peso de una persona sino también con el auto, ya que este al estar sobre una trayectoria podría generar esa presión sobre varias plataformas para generar una diferencia de potencial.
- Al igual que en carreteras también se podría aplicar en vías del tren, aunque el medio de transporte más usado es el automóvil.

Podríamos tener a la mano una nueva fuente de energía la cual sería renovable, tomando en cuenta la vida media de los discos piezoeléctricos.

Sin duda el hombre seguirá buscando nuevas formas de producir energía eléctrica, que no contaminen y que sean fuentes renovables.

La piezoelectricidad seguirá avanzando y sus aplicaciones se extenderán aun más, tanto diseñadores como ingenieros seguirán fabricando nuevos productos que le darán más vida a este material incluso más resistencia y quizá en un futuro sea la principal fuente de energía eléctrica.

### **Bibliografía**

1. Jaffe, B., W. Cook, and H. Jaffe *Piezoelectric Ceramics*, Academic Press, London (1971).
2. Tressler, J.F. and K. Uchino, *Piezoelectric Composite Sensors*, Vol II / Appendix 37 (Junio 2000)
3. Cady, W.G. *Piezoelectricity*, McGraw-Hill, Nueva York (1946).
4. *American National Standard on Piezoelectricity*, ANSI /IEEE Standard 176 (1987)
5. Park, S.-E., S. Wada, L.E. Cross, and T.R. Shrotr, *Crystallographically Engineered BaTiO<sub>3</sub> Single Crystals for High-Performance Piezoelectric*. Vol. II / Appendix 29 (Diciembre 1999)