



Evaluación Preliminar del Uso del Efecto Piezoeléctrico para Generación de Energía

Nobel Castellanos¹

Recibido: Junio 16 de 2013 *Aprobado:* Octubre 16 de 2013

Resumen:

Diseñar sistemas apropiados de generación de energía a partir del efecto piezoeléctrico para ser implementados en un entorno urbano, genera grandes retos para la investigación aplicada. Es posible utilizar cerámicas piezoeléctricas como una fuente de energía que se activa mediante la deformación del material, producida por una fuerza de compresión.

Este trabajo surgió a partir de la iniciativa que planteó el Dr. Jorge Reynolds Pombo, y desde entonces el programa de Tecnología en Electrónica de UNIMINUTO Sede Principal, se propuso desarrollar un sistema de generación de energía a partir del efecto piezoeléctrico.

La investigación exploratoria incluyó desarrollos de cerámicas piezoeléctricas junto con el diseño de mecanismos para su disposición en espacios públicos o en artefactos en donde se pudiera aprovechar el efecto de compresión y descompresión.

Palabras Clave: Energía, efecto piezoeléctrico, titanato de bario, almacenamiento de energía, voltaje, corriente.

Abstract:

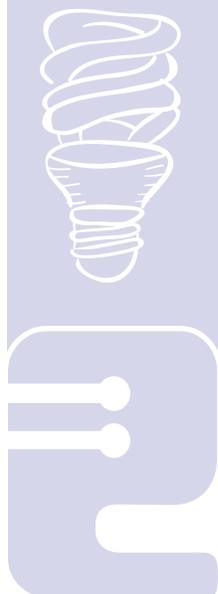
Design appropriate systems for generating energy from the piezoelectric effect to be implemented in an urban environment, creates great challenges for applied research. We can use piezoelectric ceramics electromechanical as an energy source that is activated by the deformation of the material produced by a compressive force.

This work grew out of the initiative said Dr. Jorge Reynolds Pombo, and then the UNIMINUTO program Electronic Technology set out to develop a system for generating energy from the piezoelectric effect.

Exploratory research has included developments of piezoelectric ceramics along with the design of mechanisms for disposal in public spaces or in devices where it could take advantage of the effect of compression and decompression.

Keywords: Energy, piezoelectric effect , barium titanate , energy storage , voltage, current.

¹ Ingeniero electrónico de la Universidad de San Buenaventura; especialista en Gerencia técnica de proyectos de ingeniería electrónica de la Universidad Santo Tomás; especialista en Gerencia en proyectos de ingeniería en telecomunicaciones de la Universidad de Santo Tomás; especialista en Docencia universitaria de la Universidad La Gran Colombia; especialista en Gerencia de proyectos de desarrollo de la Universidad La Gran Colombia; docente del programa de Tecnología en Electrónica de la Corporación Universitaria Minuto de Dios.



I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad las energías alternativas son tanto una necesidad como una realidad, debido a que se conciben como un recurso alternativo a la generación de energía producida a partir de los combustibles fósiles, reduciendo su dependencia y buscando un impacto positivo en el ya avanzado cambio climático.

Las energías alternativas se han venido presentando como un aspecto del desarrollo de las sociedades actuales, especialmente en los centros urbanos en donde se busca reducir el impacto asociado al consumo energético a través de las redes eléctricas metropolitanas, siendo este último el indicador del grado de desarrollo de los grandes centros urbanos.

Para la generación de energía a partir del efecto piezoeléctrico en cantidades adecuadas, se hace necesario contar con una cierta frecuencia y continuidad en la activación de los mecanismos de presión y descompresión de la cerámica, como se puede dar en los senderos peatonales y las calles para el tránsito de vehículos en las grandes ciudades. Si la presión que se ejerce directamente sobre el piso se transfiere a los mecanismos que contienen los dispositivos piezoeléctricos (celdas), se puede generar energía para su uso en esos mismos espacios urbanos.

El diseño, los materiales, la estructura y la ubicación de los mecanismos necesarios dispuestos en estos espacios públicos, deben ser tales que logren soportar las condiciones propias de vías públicas y senderos peatonales.

La forma como sean desarrollados los diferentes elementos respecto a las condiciones ya mencionadas determinarán las características del sistema como su confiabilidad, tiempo, condiciones de mantenimiento y vida útil, entre otros. Por ejemplo las características electroquímicas y mecánicas de los piezoeléctricos deben permitir una vida útil adecuada para el dispositivo.

En este caso la generación de energía a partir del efecto piezoeléctrico se produce por el aprovechamiento de la energía captada debido al tránsito de los vehículos y personas, lo cual es abundante en centros urbanos donde se presenta gran cantidad de tránsito vehicular y flujo de personas. Este tipo de energía estaría disponible por muchas horas al día, dada la dinámica propia de las ciudades.

Otras fuentes renovables de energía están sometidas a ciclos que se mantienen de forma más o menos constante dentro de la naturaleza, tales como la energía mareomotriz (mareas), la energía hidráulica (embalses), la energía eólica (viento), la energía solar (Sol) y la energía de la biomasa (vegetación).

II. MARCO REFERENCIAL

La piezoelectricidad fue descubierta por Jacques y Pierre Curie en el año de 1880, y se refiere al fenómeno en el cual se genera electricidad en ciertos materiales que son sometidos a un esfuerzo mecánico.

Los hermanos Curie observaron que en determinadas caras de ciertos cristales aparecían cargas eléctricas si sobre las mismas se ejercían presiones o tracciones, a este fenómeno se le llamó efecto piezoeléctrico. La cuantía de las cargas acumuladas en las caras del cristal depende en una relación directa del grado de presión o de tracción que se ejerza. Se vio además que si la presión movilizaba las cargas positivas, una tracción interior cambiaba el signo de las cargas en las caras del cristal. Esto se observó en muchos cristales como el cuarzo, la turmalita, la blenda, el ácido tartárico, el azúcar de caña, la sal de Rochelle y en otros cristales, todos ellos con una propiedad común: ninguno poseía centro de simetría, aunque sí su eje.

No obstante los descubrimientos acerca de esta propiedad de los materiales, la investigación no terminó ahí: el efecto piezoeléctrico es reversible. Esta reversibilidad fue descubierta por Lippman basándose en consideraciones teóricas, pero fueron los hermanos Curie quienes dieron la demostración práctica. El efecto piezoeléctrico inverso consiste en la deformación mecánica que sufre un cristal piezoeléctrico al que se le aplica un campo eléctrico². Se puede decir que este sistema se comporta como un condensador donde el dieléctrico es el material piezoeléctrico. La Figura 1 que se presenta a continuación muestra el esquema del efecto piezoeléctrico inverso. En ella se puede apreciar cómo al someter el cristal a un campo

² Paul Allen Tipler, Gene Mosca, Física para la ciencia y la tecnología, Volumen 2A, Editorial Reverté, 5° edición, 2006, Pág. 720.

eléctrico aparecen unas fuerzas de compresión en las caras del cristal sobre las que se ha aplicado la diferencia de potencial.

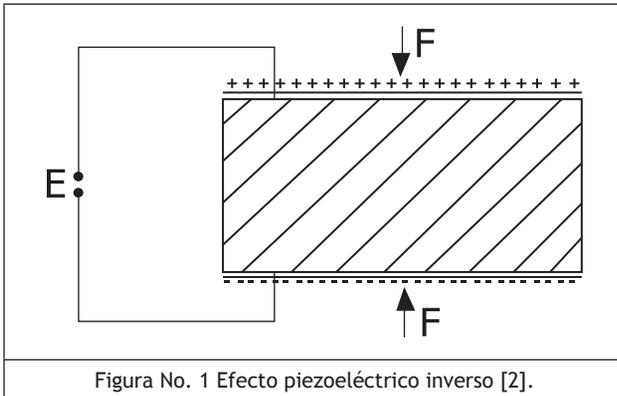


Figura No. 1 Efecto piezoeléctrico inverso [2].

Anteriormente han aparecido los términos de centro y eje de simetría. Veamos qué significan:

Centro de simetría Punto interior de un cristal que divide en dos partes iguales a todo segmento rectilíneo que pase por él y esté limitado por la superficie del cristal.

Eje de simetría: Es toda línea que, tomada como eje de rotación, hace que el cristal coincida consigo mismo dos o más veces en una vuelta. Según el número de coincidencias los ejes pueden ser binarios, ternarios, cuaternarios o senarios.

Ejes polares: Son aquellos ejes de simetría que terminan en elementos geométricos de distinta categoría. (Ej.: ejes ternarios del tetraedro que van de un vértice al centro de la cara opuesta).

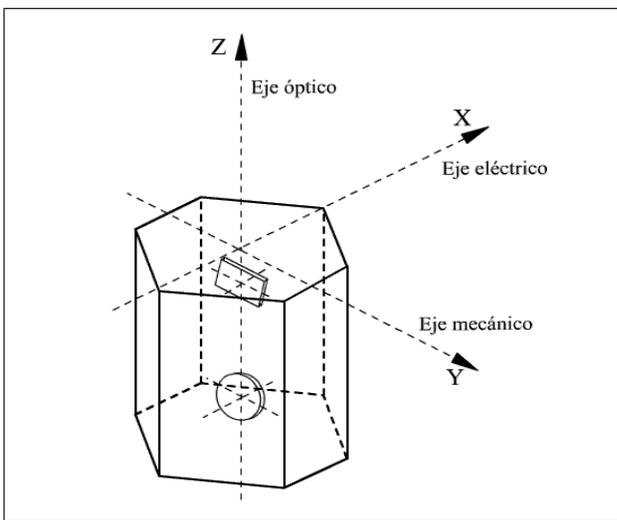


Figura No. 2 Ejes cristalográficos de un cristal de cuarzo. Corte en el eje X.

En la Figura 2 se ilustran los ejes de referencia típicos para un material piezoeléctrico como son el eje óptico, el eje eléctrico, el eje mecánico. De los cuales para el desarrollo se tienen en cuenta el eje mecánico y eléctrico.

El efecto piezoeléctrico se presenta en cristales que tienen uno o varios ejes polares, que a su vez no tienen centro de simetría. Existe una relación entre el esfuerzo mecánico y la carga resultante, siendo máxima la carga según el eje polar del cristal. Es por ello que una vez obtenidas las placas o láminas de estos cristales, éstas se cortarán según las direcciones adecuadas.

Si el campo eléctrico aplicado es variable con el tiempo, los cambios de forma y de dimensiones del material son también una función del tiempo. Por tanto, aplicando una excitación eléctrica a una determinada frecuencia, se obtienen variaciones mecánicas a la misma frecuencia, es decir: el cristal vibra a la frecuencia a la que varía la excitación eléctrica. Gracias al principio de equivalencia de frecuencias se puede asegurar que las partículas de aire que envuelven al cristal están vibrando a la misma frecuencia.

III. DISEÑO METODOLÓGICO

Esta iniciativa de investigación se caracterizó por ser esencialmente experimental de carácter exploratorio, enfocada en el desarrollo de un prototipo de cerámica piezoeléctrica que pudiera ser utilizada como parte de un mecanismo para generación de energía, en éste caso aprovechando el paso de los vehículos sobre la vía.

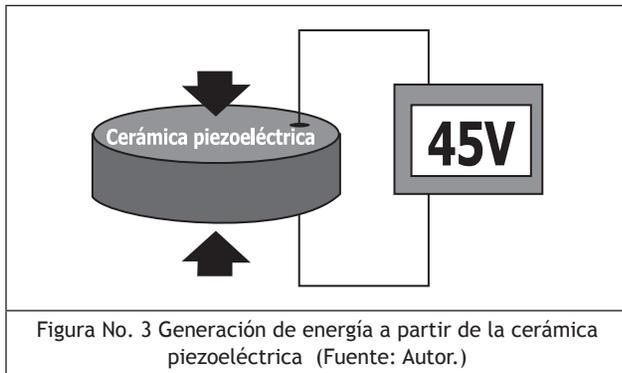
En la investigación se llevaron a cabo las siguientes etapas:

- Búsqueda de fuentes de información relacionada con la descripción del efecto piezoeléctrico y los materiales que poseen las características requeridas.
- Desarrollo de un prototipo de cerámica piezoeléctrica.
- Diseño, construcción y montaje de un reductor de velocidad como dispositivo de prueba.
- Diseño, ensamble e implementación de un sistema de monitoreo del dispositivo de prueba.

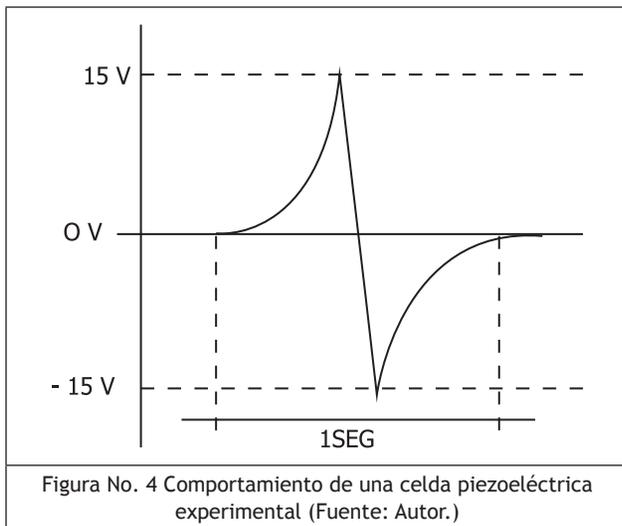
IV. RESULTADOS

El proyecto se comenzó a desarrollar desde el mes de marzo de 2012, identificando los diferentes materiales piezoeléctricos y aquellos que tienen mejores propiedades piezoeléctricas, encontrando que el Titanato de Bario (BaTiO₃) presenta mejor comportamiento en cuanto a sus características como generador eléctrico.

Se realizaron pruebas comprobando con diversos materiales, métodos de homogeneización de la mezcla, espesor de lámina y variaciones en la temperatura del secado, hasta obtener una pieza de cerámica que soportó una fuerza máxima de 10 kgf, con un voltaje de 45v y una corriente de 10 mA, en un tiempo de segundo, como se ilustra en la Figura No. 3.



En la gráfica siguiente se observa el comportamiento de una celda piezoeléctrica con un pulso alterno que tiene como componentes una parte negativa de -14v y otra positiva de 10v.

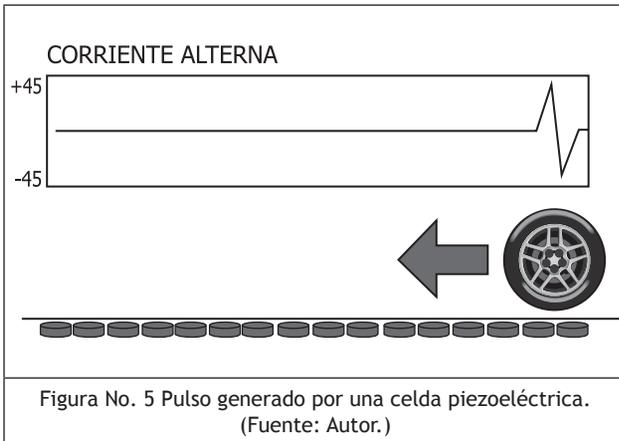


Se realizaron otras pruebas sometiendo la celda piezoeléctrica a diferentes fuerzas con una duración de medio segundo. En la tabla siguiente se presentan los datos obtenidos, en donde se observa que es considerable el aumento tanto en voltaje como en corriente, ofreciendo un corto tiempo de generación.

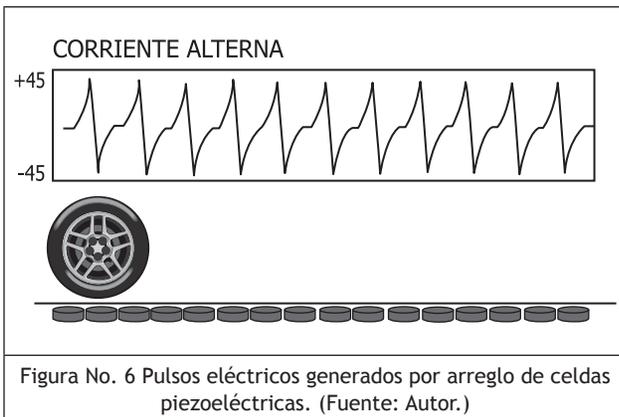
Tabla No. 1 Resultados del sometimiento de la celda piezoeléctrica experimental a diversas fuerzas. (Fuente: Autor.)

FUERZA Kgf	TIEMPO 0,5 SEG.	
	VOLTAJE V	CORRIENTE mA
1	0,6048	24,192
10	5,67	226,8
20	13,4568	538,272
30	19,4292	777,168
40	24,3432	973,728
50	31,1472	1245,888
60	36,4392	1457,568
70	42,9408	1717,632
80	49,2912	1971,648
90	56,8512	2274,048
100	68,1912	2727,648

La utilidad del sistema se puso a prueba en un montaje dispuesto dentro de un reductor de velocidad, con lo que se establecieron algunos aspectos que mejorarían la cantidad de voltaje y corriente disponible para ser acumulada. Con los resultados obtenidos se determinó que es posible lograr, mediante la implementación de varios generadores piezoeléctricos en la vía, una mayor generación debida al aporte energético de cada uno de los generadores piezoeléctricos en una distribución en la cual el vehículo pueda activar de manera secuencial los diferentes dispositivos piezoeléctricos instalados en la vía a su paso sobre éstos. Como se aprecia en las siguientes Figuras 5 y 6, la señal resultante correspondería a una secuencia de pulsos de voltaje, en donde cada pulso representaría la activación en secuencia de cada uno de los generadores piezoeléctricos, lo cual resulta en un aumento de la energía disponible, pudiendo ser parte de un sistema de carga más eficiente.



En el primer experimento, cuando se sometió una celda de generación una presión generada por el paso de un automóvil se generó un pulso eléctrico de tipo alterno.



Después de pasar por cierta cantidad de generadores, como se ilustra en la Figura 6, se podría obtener una secuencia de pulsos con mayor aporte energético debido al efecto combinado de sumar los aportes individuales de los elementos piezoeléctricos dispuestos en el arreglo. Tomando esto en cuenta y con las características que se encontraron en la generación de energía de este prototipo, se estableció que con un mayor número de celdas se podría disponer de una mayor energía para su posterior aprovechamiento.

La generación de las diferentes celdas en un patrón lineal podrá determinar una autonomía en carga, la cual dependerá de la frecuencia en que estos se activan; en dicho caso es determinante un flujo continuo de automóviles sobre estos para obtener suficiente energía para ser acumulada en una batería o acumulador para un fin específico.

Si se instala en una vía de mayor flujo o autopista se podrían obtener mejores resultados de generación y

un sistema de carga para mayor cantidad de lámparas de iluminación exterior para la vía o los semáforos.

En la Figura siguiente se aprecia la disposición del mecanismo reductor de velocidad que contiene los dispositivos piezoeléctricos, ubicado a la entrada del parqueadero en el sótano de los edificios centrales de la sede principal de UNIMINUTO en Bogotá.



V. CONCLUSIONES

Es determinante la velocidad en que sucede el cambio de presión y descompresión de la cerámica piezoeléctrica para obtener un voltaje mayor.

La resistencia de la celda de generación es dependiente de la estructura física del pistón y cómo esta distribuye la presión que se ejerce sobre las caras de las cerámicas.

En el desarrollo del prototipo se pudo experimentar la exposición a un entorno real, y cómo las variables externas de humedad y temperatura afectan al sistema. Se logró notar que el dispositivo no ha alcanzado un desarrollo total; solo brinda la posibilidad de establecer los parámetros básicos experimentales de un generador de tipo piezoeléctrico en un entorno real.

Es prescindible como la presión que se genera, si es total o indirecta sobre la celda, ésta tendrá variaciones en la entrega de energía así como del tiempo en el cual se da el cambio de tipo eléctrico en la presión y descompresión del material que la compone.

En la resistencia de la cerámica se observa la importancia de direccionar correctamente la fuerza

que se ejerce en las dos caras de la misma, ya que esto impedirá la desintegración de la ella al pasar un automóvil sobre la misma.

VI. BIBLIOGRAFIA

1. *Ciencia e Investigación*, Vol. 1 (1998), p.2.
2. Raymond A. Serway, John W. Jewett, *Electricidad y magnetismo*, Ed. Thomson, 6° edición, Pag. 427.
3. Paul Allen Tipler, Gene Mosca, *Física para la ciencia y la tecnología*, Volumen 2A, Editorial Reverté, 5° edición, 2006, Pág. 720.
4. http://www.lpi.tel.uva.es/~nacho/docencia/ing_ond_1/trabajos_05_06/io1/public_html/em.html
5. S. Roberts, "Dielectric and Piezoelectric Properties Barium Titanate"; *Physical Review*, Vol. 71 (1947), p.890-895. (paper)
6. <http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/7671/tobam.pdf;jsessionid=E96120EC332015330EC11634135877D6.tdx2?sequence=3>
7. http://www.lpi.tel.uva.es/~nacho/docencia/ing_ond_1/trabajos_05_06/io1/public_html/em.html