

**STUDY FOR ELECTRIC GENERATION THROUGH A PIEZOELECTRIC
PROTOTYPE POSITIONED AT THE
PRINCIPAL HEADQUARTERS OF THE UNIDADES TECNOLÓGICAS DE
SANTANDER**

**ESTUDIO PARA LA GENERACIÓN ELÉCTRICA A TRAVÉS DE UN
PROTOTIPO PIEZOELECTRICO POSICIONADO EN LA SEDE CENTRAL DE
LAS UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER SEDE BUCARAMANGA.**

**M.Sc. Camilo Leonardo Sandoval Rodriguez, M.Sc. Brayan Eduardo Tarazona,
M.Sc. Javier Ascanio Villabona , M.Sc. Jairo Gomez Tápias, M.Sc. Oscar Arnulfo
Acosta Cárdenas, Ph.D. Daniel Alexander Velasco Capacho, M.Sc. Carlos Gerardo
Cárdenas**

Unidades Tecnológicas de Santander

Grupo de Investigación en Sistemas de Energía, Automatización y Control. GISEAC /
Grupo de Investigación en Control Avanzado GICAV, Ciudadela Real de Minas.
Bucaramanga, Santander, Colombia. Tel.: 57-7-6917700 ext. 1103, Fax: 57-7- 6917691
E-mail: csandoval@correo.uts.edu.co, btarazona@correo.uts.edu.co,
jascanio@correo.uts.edu.co, jtapias@correo.uts.edu.co, oacosta@correo.uts.edu.co,
dvelazco@correo.uts.edu.co, ccardenas@correo.uts.edu.co

Abstract: This research carries out the quantitative study for the evaluation of the energy potential taking advantage of the piezoelectric phenomenon. Taking into account that currently there are different varieties of energy generation that are commonly used, to learn more about clean energy, in this case, the one obtained from the piezoelectric phenomenon, it was decided to build 2 prototypes (one of electric generation and another for remote measurements) that will allow continuous real-time monitoring of electricity generation based on piezoelectric technology. In this sense, the use of the energy potential produced by the passage of people in the circulation areas that will be chosen as part of the development of the work is sought.

Keywords: Self-generation, Energy, Piezoelectric, Prototype.

Resumen: Este proyecto de investigación realiza el estudio cuantitativo para la evaluación del potencial energético aprovechando el fenómeno piezoeléctrico. Tomando en cuenta que en la actualidad existen diferentes variedades de generación energética que comúnmente se utilizan, con el fin de conocer más sobre las energías limpias en este caso la obtenida a partir del fenómeno piezoeléctrico, se decide construir 2 prototipos (uno de generación eléctrica y otro para las mediciones de forma remota) que permitirán hacer un continuo monitoreo en tiempo real sobre la generación eléctrica basada en la tecnología piezoeléctrica. En este sentido, se busca el aprovechamiento del potencial energético producido por el paso de las personas en las zonas de circulación que se elegirán como parte del desarrollo del trabajo.

Palabras clave: Autogeneración, Energía, Piezoeléctrico, Prototipo.

1. INTRODUCCION

Entre las diversas tecnologías de captación de energía, la vibración piezoeléctrica ha surgido como un método para recolectar desde la escala

macro a micro (J. D. Ortiz García, 2014) (Chew, Loo, Bohari, Hamid, & Sukri, 2017) Los materiales piezoeléctricos se pueden diseñar para manejar una amplia gama de frecuencias de entrada y fuerzas que permiten que se produzca

la recolección de energía. Aunque los estudios sobre sistemas de captación de energía piezoeléctricos se han realizado de manera extensa en los últimos años (Hwang, y otros, 2016) (Joo Hwang, y otros, 2015), esta aplicación aún está en desarrollo y, por lo tanto, su potencial aún no se ha explotado por completo. Los estudios basados en la recolección de energía piezoeléctrica de la fuerza humana incluyen la energía obtenida de la flexión de las articulaciones del codo o el dedo, los implantes en las articulaciones de la rodilla, los módulos piezoeléctricos insertados debajo de las plantas de los zapatos o el movimiento de las extremidades humanas. (Kim, y otros, 2018) (Maghsoudi Nia, Wan Abdullah Zawawi, & Mahinder Singh, 2018)

Sin embargo, estos casos no se pueden considerar como macro-fuentes debido a su área de instalación limitada, pero se pueden plantar unidades independientes como baldosas piezoeléctricas sobre un área más amplia; por lo tanto, se pueden utilizar como fuentes de energía macro. Los aspectos clave del uso de baldosas piezoeléctricas a gran escala son la reducción de costos y la calidad de los sistemas de cosecha (Kumar, Chaturvedi , & Jejurikar , 2014) (Joo Hwang, y otros, 2015). El primer aspecto depende principalmente del uso eficiente del sistema, la integración de varias tecnologías piezoeléctricas, la reducción de los tiempos de interrupción del dispositivo mediante la búsqueda de nuevos materiales y el diseño de instalaciones de transferencia de energía adecuadas (Cascetta, Lo Schiavo, Minardo, & Musto, 2018) .Este trabajo de investigación muestra como el uso de los materiales piezoeléctricos ayudan a contribuir en el desarrollo de tecnologías ambientalmente sostenibles y dejar la dependencia de los combustibles fósiles los cuales emiten gases tóxicos contaminantes a la atmósfera terrestre. Los cuales generan efectos adversos conocidos como por ejemplo el “Efecto invernadero” (Maslin, 2004).

2. MATERIALES Y METODOS

2.1. Construcción del prototipo piezoeléctrico

Para la selección del elemento principal de la plataforma (sensores piezoeléctricos), se utiliza una matriz de priorización en la cual se enmarcan tres criterios, la accesibilidad en el mercado que hace referencia al costo y si este debe ser exportado o se encuentra en el mercado local. El otro criterio a evaluar es la eficiencia energética, que se debe tener en cuenta por la finalidad de la plataforma que se utiliza con el objetivo de la generación de energía. Para finalizar se analiza la

durabilidad del elemento que hace referencia a su fragilidad o capacidad para soportar golpes y deformarse.

2.2. Construcción del prototipo de medición de tensión

Para la realización de las pruebas se establece que la comunicación en la toma de datos debe ser de tipo remota, para ello se plantean dos tecnologías existentes en el mercado llamadas módulos Rf y Xbee Pro.

Con el propósito de seleccionar el dispositivo adecuado para este tipo de comunicación se realiza una tabla comparativa (Tabla N°1), donde se exponen sus características.

Tabla 1: CARACTERÍSTICAS DE LOS MÓDULOS INALÁMBRICOS

| Dispositivos | Características |
|-------------------|---|
| Módulos Rf | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Módulos de bajo costo y fácil uso ➤ Comunicación simple ➤ Baja velocidad de comunicación(433Mhz) ➤ Utilización para operaciones básicas ➤ Corto alcance |
| Xbee Pro | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Módulos de costo elevado ➤ Manejo avanzado ➤ Comunicación compleja y alta velocidad (2.4Ghz) ➤ Largo alcance |

3. RESULTADOS

3.1 Prueba del material de contacto

Para conocer el material indicado para el prototipo, se dispone de tres materiales los cuales aportan estabilidad y amortiguamiento. Se estudiaron dos factores (Gutierrez P.Humberto y De La Vara .S. Roman, 2008), (Montgomery, Douglas.C., 2004). En la tabla 2 se observan los resultados obtenidos al ensayar con estos materiales en función de la generación eléctrica de los piezoeléctricos. Como segunda variable de estudio en esta prueba se ejerce presión con la mano y con el pie, como la presión es directamente proporcional a la fuerza ejercida sobre el área es por ello que la presión con el pie es superior a la ejercida con la mano.

Tabla 2: PRUEBA DEL MATERIAL DE CONTACTO

| Pruebas con tres materiales (1 piezoeléctrico) | | |
|--|---------|---------------------|
| Material | Voltaje | Tipo de prueba |
| Material Dura Mat | 44,2 | Presión con la mano |
| Madera de Balso | 21,6 | |
| Foamy | 23,8 | |
| Material Dura Mat | 30 | Presión con el pie |
| Madera de Balso | 30 | |
| Foamy | 32,2 | |

En la Fig 1, se muestran los resultados para el material EVA. En la Fig 2, se muestran los resultados para los datos con resorte.

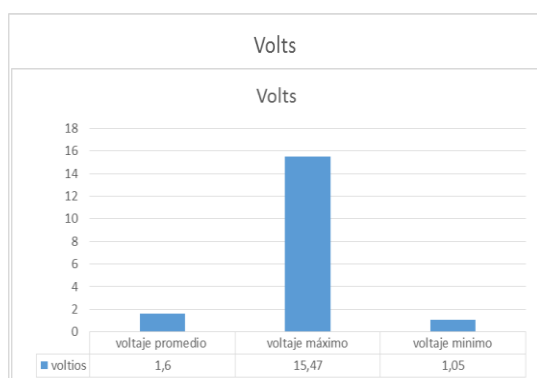


Fig. 1. Amortiguamiento con la goma EVA



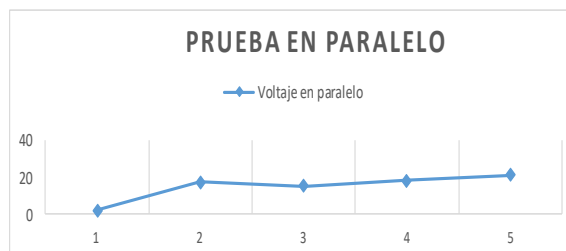
Fig. 2. Amortiguamiento con resortes

Las pruebas hechas con el diseño de láminas de goma Eva muestran que esta opción tiene un



comportamiento simple y eficaz, el funcionamiento de los generadores perdura a medida que aumenta la cantidad de pasos y mantiene los rangos de voltaje

3.2. Prueba de Conexión eléctrica

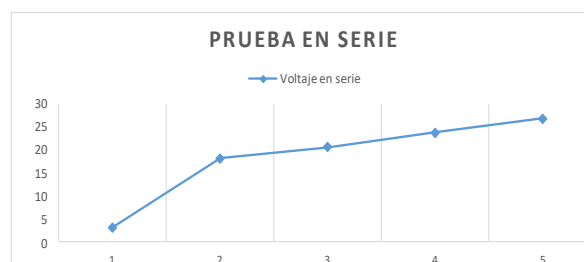


Teniendo en cuenta (Cortes Hernandez & Pineda Florez , 2015), se plantea realizar las pruebas se conexión (paralelo y serie) como se evidencia en las figuras 3 y 4, respectivamente.

Fig. 3. Prueba conexión paralelo.

Fig. 4. Prueba conexión serie

Como resultado de las pruebas se observa que la conexión en serie genera un rango superior de voltaje en comparación a la conexión en paralelo. Como la diferencia entre los rangos de voltaje de las dos conexiones es reducido se decide evaluar un segundo parámetro, en este caso la seguridad de la conexión. Por lo cual es evidente que la



conexión en paralelo garantiza la continuidad en la generación así haya un piezoeléctrico dañado o con una desconexión.

3.3. Pruebas con el modelo funcional.

Siguiendo el modelo experimental (Montgomery, Douglas.C., 2004), se plantea realizar dos pruebas para conocer la afluencia de personas sobre el prototipo. Prueba realizada a las 6:00 a.m Fig 5, y prueba realizada a las 6:00 a.m Fig 6.

Fig. 5. Prueba 6:00 am

Fig. 6 Prueba 8:00 a.m

Como resultado de las pruebas se observa que la prueba N° 1 realizada en el intercambio de clase registra un valor de voltaje promedio superior en comparación a la segunda prueba, la cual fue realizada en un horario de clase habitual. Para la ejecución de las pruebas se plantea estudiar la variable en los cinco intercambios de clase que existen en la institución y en periodo de cuatro días, la variable depende únicamente de la afluencia de personas y no del comportamiento de los días de la semana comprendidos de lunes a viernes. Teniendo en cuenta lo anterior, se desarrollaron 24 pruebas en diferentes días de la semana, el comportamiento se muestra en un ejemplo el día 6 en la Fig 7. (ver anexo evidencia del montaje)

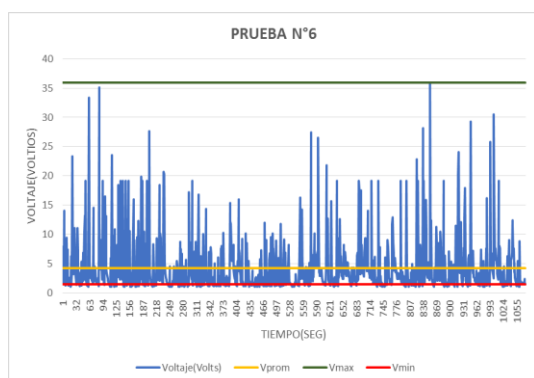


Fig. 7 Ejemplo día 6 registro de 1055 seg

Como se puede observar, de la Fig. 7 existe mucha variabilidad en los datos, esto implica que la generación no es constante. Es claro que todas las fuentes de energías renovables tienen este inconveniente (Tapías J G, Sandoval C L & Sanchez JJ C, 2018) , las basadas en principios piezo eléctricos no son la excepción. Finalmente, se observa un promedio de tensión generada de 4,24 V con una desviación estándar de 4,79 V, lo cual implica una dispersión demasiado elevada y con esto la imposibilidad de uso directo a la red eléctrica convencional. No obstante, la posibilidad de regular y almacenar esta energía puede ser un tema de interés a futuro.

4. CONCLUSIONES

Se logró identificar el comportamiento de los elementos piezoeléctricos como generadores, al usarse dentro de una plataforma debidamente diseñada, la cual permite captar los pasos de las personas y transmitir la fuerza de impacto a los piezoeléctricos. La conexión ideal para la

elaboración del tapete es en paralelo. Es eficiente y segura en comparación a la conexión en serie. En relación a lo antes expuesto se evidencio que los piezoeléctricos son completamente funcionales, ya que durante la totalidad de las pruebas no se presentaron fallas en el prototipo. Demostrando así que los generadores y los materiales de amortiguamiento son los indicados para la construcción de estos prototipos.

Finalmente se observa que el estudio realizado permite evaluar el potencial energético de una organización, basándose en el principio piezoeléctrico al tener la disponibilidad de los datos de generación en el momento que se requiera. Si bien, las pruebas demuestran un promedio bajo de tensión con una potencia que de 40 m W aproximadamente para una corriente teorica de 8mA, abre también una variedad de posibilidades y retos en relación al uso de energía propia de actividades cotidianas realizadas al interior de cualquier organización y su posible aprovechamiento.

REFERENCIAS

- Joo Hwang, S., Jun Jung, H., Hun Kim, J., Hwan Ahn, J., Song, D., & Song, Y. (2015). Designing and manufacturing a piezoelectric tile for harvesting energy from footsteps. *Current Applied Physics*, 669-674.
- Acoltzi, H., & Pérez, H. (2011). ISO 50001 Gestion de La energia, Boletín IIE 114. ISO.
- Cascetta, F., Lo Schiavo, A., Minardo, A., & Musto, M. (2018). Analysis of the energy extracted by a harvester based on a piezoelectric tile. *Current Applied Physics*, 905-911.
- cataluña, U. d. (2005). curso fuentes de energia renovable. cataluña: universidad de cataluña.
- Cortes Hernandez, A., & Pineda Florez , M. (2015). Propuesta de diseño de un piso generador de energía eléctrica. Mexico: Instituto Politecnico Nacional.
- Chew, B. C., Loo, H. S., Bohari, I. A., Hamid, S. R., & Sukri, F. H. (2017). Feasibility of piezoelectric tiles adoption: A case study at Kuala Lumpur International Airport (KLIA) Malaysia. *AIP Conference Proceedings*.
- Escuela Técnica Superior De Ingenieros Industriales, P. D. (mayo de 2017). escuela de ingenieria . Obtenido de Recuperado http://www.eis.uva.es/energias-renovables/trabajos_05/SanzMartinez.pdf

- Gutiérrez Cifuentes, Jorge Andrés . (2013). Diseño de una baldosa piezoeléctrica. Medellín: Escuela de Ingeniería de Antioquia.
- Gutierrez P.Humberto y De La Vara .S. Roman. (2008). Analisis y diseño de Experimentos. Mexico: McGraw-Hill Interamericana.
- Hwang, S. J., Jung, H. J., Kim, H. J., Ahn, H. J., Song, D., Song, Y., & Lee, H. L. (2016). Designing and manufacturing a piezoelectric tile for harvesting energy from footsteps. *Current Applied Physics*, 669-674.
- J. D. Ortiz García, E. L. (2014). Propuesta de plan de accion para la implementacion de un sistema de gestion de energia,. *Vis. Electron. Mas Que Un Estado Solido*, 8(2), 95-105.
- Kim, K.-B., Cho, J., Jabbar, H., Ahn, J., Hong, S., & Woo, S. (2018). Optimized composite piezoelectric energy harvesting floor tile for smart home energy management. *Energy Conversion and Management*.
- Kumar, D., Chaturvedi , P., & Jejurikar , N. (2014). Piezoelectric energy harvester design and power conditioning. Samrat Ashok Technological Institute.
- Maghsoudi Nia, E., Wan Abdullah Zawawi, N. A., & Mahinder Singh, B. S. (2018). Design of a pavement using piezoelectric materials. *Materialwissenschaft und Werkstofftechnik banner*.
- Maslin, M. (2004). LENNTECH. Obtenido de LENNTECH: <https://www.lennotech.es/efecto-invernadero/historia-calentamiento-global.htm>
- Montgomery, Douglas.C. (2004). Diseño y analisis de experimentos . Arizona: Limusa Wiley.
- PlastiTek. (2018). Obtenido de <https://plastitek.com.co/producto/yumbo-lon-espuma-de-polietileno-negra-1-mm/>
- Rao, S. S. (2012). Vibraciones Mecánicas . Pearson Educación.
- Tapias J G, Sandoval C L & Sanchez JJ C. (2018). Análisis de prospectiva del sector energético de Colombia, para la integración de fuentes fotovoltaicas en los sistemas de distribución de energía eléctrica aplicando una revisión en bases de datos científicas. *REVISTA COLOMBIANA DE TECNOLOGIAS DE AVANZADA (RCTA)*, 109-119.
- Top cable. <http://www.topcable.com/blog-electric-cable/la-biomasa-fuente-de-energia-renovable-de-gran-potencial/>. (s.f.).
- Velásquez, R. L. (2015). Desarrollo de un sistema de generación eléctrica eficiente a partir de propulsión humana con base en una bicicleta estática . Pererira-Colombia: Doctoral dissertation, Universidad Tecnológica de Pereira. Escuela de Tecnologías. Tecnología Mecánica.

ANEXOS

