

Energía verde desde el movimiento humano

Categoría: STEM

Eje temático: Energías renovables

Nombre de los participantes:

Deborath Cruz Porras

Alejandra Ruiz Noguera

Caleb Suárez Fallas

Docente tutor: Mario Mesen Murillo

Centro educativo: Colegio Técnico Profesional Roberto Gamboa Valverde

Unidos por la excelencia

209150768@est.mep.go.cr

120480204@est.mep.go.cr

120690804@est.mep.go.cr

I. RESUMEN

El proyecto desarrolla un sistema híbrido de microgeneración eléctrica que aprovecha la energía mecánica producida por el tránsito peatonal y la complementa con energía solar. La investigación surge ante la necesidad de diversificar las fuentes de energía renovable y promover alternativas sostenibles para la generación eléctrica. Para ello, se diseña y construye una baldosa equipada con discos piezoeléctricos capaces de transformar la presión ejercida por el tránsito peatonal en energía eléctrica mediante el efecto piezoeléctrico. Además, se integra un panel solar, un sistema de almacenamiento conformado por un banco de capacitores y baterías recargables. Se concluye que la combinación de energía cinética y solar constituye una alternativa prometedora para complementar la generación de energía renovable en espacios urbanos.

I.1 ABSTRAC

This project develops a hybrid microgeneration system that harnesses mechanical energy produced by pedestrian traffic and complements it with solar energy. The research arises from the need to diversify renewable energy sources and promote sustainable alternatives for electricity generation. To achieve this, a tile equipped with piezoelectric discs was designed and constructed to convert mechanical pressure into electrical energy through the piezoelectric effect. In addition, a solar panel and an energy storage system consisting of a capacitor bank and a rechargeable battery were integrated into the prototype. The results demonstrated that the system is capable of generating, storing, and supplying electrical energy from renewable sources. It is concluded that the combination of piezoelectric and solar energy represents a promising alternative for complementing renewable energy generation in urban environments.

II. INTRODUCCIÓN

En Costa Rica, los cortes de energía y la dependencia de la hidroelectricidad siguen siendo un reto para garantizar un suministro estable y sostenible. Aunque el país es líder en energías renovables, fenómenos como sequías o eventos climáticos extremos afectan la producción y ponen en evidencia la necesidad de diversificar la matriz energética (Ministerio de Ambiente y Energía [MINAE], 2025).

En el período 2021–2026, Costa Rica ha enfrentado una creciente inestabilidad energética derivada de fenómenos naturales. La matriz eléctrica nacional depende en más de un 70% de la hidroelectricidad, lo que la hace altamente vulnerable a la variabilidad climática (CONARE, 2022). Sequías prolongadas, asociadas a fenómenos como El Niño, han reducido los caudales de ríos y embalses, disminuyendo la capacidad de generación hidroeléctrica y obligando al país a recurrir a fuentes térmicas o a la importación de energía, con el consecuente aumento de costos (MINAE, 2025). Además, diversos estudios advierten que la disminución de lluvias afectará la producción de las plantas hidroeléctricas del país en el futuro (Semanario Universidad, 2023).

Por otro lado, tormentas tropicales e inundaciones han ocasionado daños en infraestructura eléctrica y cortes de suministro en distintas regiones, mientras que incendios forestales vinculados a sequías extremas han afectado zonas de recarga hídrica, reduciendo aún más la disponibilidad de recursos para la producción energética (Tico Times, 2023).

La problemática central radica en que la seguridad energética del país depende de un recurso climático variable: el agua. Esta condición genera riesgos de desabastecimiento, incrementa los costos de generación y compromete la continuidad del suministro eléctrico en hogares, industrias y servicios. Los antecedentes muestran que, aunque Costa Rica es líder en energías renovables, la falta de diversificación suficiente en la matriz energética limita su capacidad de respuesta ante emergencias climáticas (CONARE, 2022).

II.1 JUSTIFICACIÓN

En el contexto actual, se evidencia la necesidad de diversificar la matriz energética nacional mediante la implementación de tecnologías sostenibles e innovadoras que fortalezcan la estabilidad del suministro eléctrico. A partir de esta problemática surge el presente proyecto, cuyo propósito es contribuir al desarrollo de alternativas renovables mediante el aprovechamiento de la energía mecánica producida por el movimiento humano.

La propuesta pretende demostrar que acciones cotidianas, como el desplazamiento peatonal, pueden transformarse en una fuente complementaria de producción eléctrica. De esta manera, se promueve el aprovechamiento eficiente de energía residual, así como la investigación y aplicación de modelos energéticos sostenibles en entornos urbanos e institucionales.

III. MARCO TEÓRICO

Boyle como se cita en Twidell & Weir (2015), dice que el incremento sostenido de la demanda energética a nivel mundial y la necesidad de reducir el impacto ambiental generado por los combustibles fósiles han impulsado el desarrollo de tecnologías basadas en fuentes de energía renovable. Estas fuentes energéticas se caracterizan por provenir de recursos naturales con capacidad de regeneración continua, tales como la radiación solar, el viento, el agua y la energía mecánica derivada del movimiento humano. A diferencia de los sistemas convencionales de generación eléctrica, las energías renovables contribuyen significativamente a la disminución de emisiones contaminantes y al fortalecimiento del desarrollo sostenible, permitiendo satisfacer las necesidades energéticas actuales sin comprometer los recursos disponibles para futuras generaciones. Dentro de este contexto, la implementación de sistemas híbridos de generación eléctrica representa una estrategia tecnológica innovadora orientada a maximizar el aprovechamiento de múltiples fuentes energéticas y optimizar la eficiencia del suministro eléctrico.

Uno de los principios fundamentales desarrollados en este proyecto corresponde a la conversión de energía mecánica en energía eléctrica mediante materiales piezoeléctricos. La

piezoelectricidad es la propiedad que poseen ciertos materiales de generar una diferencia de potencial eléctrico cuando son sometidos a una fuerza mecánica, como presión, vibración o deformación. Este fenómeno fue descubierto por Pierre y Jacques Curie en 1880 durante sus investigaciones sobre las propiedades eléctricas de los cristales (Curie & Curie, 1880).

Los materiales piezoeléctricos más comunes incluyen cristales naturales como el cuarzo y materiales cerámicos avanzados como el titanato de bario (BaTiO_3) y el zirconato titanato de plomo (PZT). Estos materiales presentan una estructura cristalina asimétrica que les permite transformar directamente la energía mecánica en energía eléctrica y viceversa, característica que ha favorecido su utilización en sensores, actuadores y sistemas de recolección de energía (Safari & Akdoğan, 2008).

El funcionamiento de los materiales piezoeléctricos se basa en el desplazamiento de cargas eléctricas dentro de su estructura cristalina cuando se les aplica una fuerza externa. Cuando el material es comprimido o deformado, los centros de carga positiva y negativa se desplazan, generando una polarización eléctrica y una diferencia de potencial entre sus superficies. Esta diferencia de potencial puede aprovecharse para alimentar dispositivos electrónicos o almacenarse para su posterior utilización (Curie & Curie, 1880).

La cantidad de energía producida por un sistema piezoeléctrico depende de diversos factores, entre ellos la magnitud de la fuerza aplicada, la frecuencia de las deformaciones mecánicas, el área activa del material y sus propiedades físicas. Debido a que la energía generada por una sola placa suele ser reducida, es común utilizar múltiples elementos piezoeléctricos conectados entre sí para aumentar la producción energética total del sistema (Priya & Inman, 2009).

Actualmente, la tecnología piezoeléctrica ha adquirido gran relevancia en el desarrollo de sistemas de generación energética autosuficientes. Diversas investigaciones han demostrado su potencial para alimentar dispositivos electrónicos de bajo consumo, sensores inalámbricos e infraestructuras inteligentes capaces de aprovechar la energía presente en el entorno (Wang, 2012). Estas aplicaciones permiten recuperar energía que normalmente se desperdicia y transformarla en una fuente complementaria de electricidad.

En el presente proyecto, los discos piezoeléctricos son integradas en una baldosa diseñada para aprovechar la presión ejercida por el tránsito peatonal. Cada vez que una persona pisa la superficie, las placas experimentan una deformación mecánica que produce energía eléctrica mediante el efecto piezoeléctrico. Posteriormente, esta energía puede ser acondicionada, almacenada y complementada con la energía generada por el panel solar, conformando un sistema híbrido de generación renovable orientado al aprovechamiento eficiente de recursos energéticos sostenibles.

Adicionalmente, la energía solar constituye una de las fuentes renovables de mayor utilización a nivel mundial debido a la abundancia de radiación solar disponible en el planeta (Duffie & Beckman, 2013). La energía solar fotovoltaica se obtiene

mediante la conversión directa de la luz solar en electricidad utilizando materiales semiconductores capaces de transformar la energía lumínica en corriente eléctrica. Este proceso ocurre gracias al efecto fotovoltaico, descubierto por Alexandre Edmond Becquerel en 1839, mediante el cual los fotones provenientes de la radiación solar excitan electrones dentro de las celdas fotovoltaicas, produciendo flujo eléctrico continuo (Nelson, 2003).

La eficiencia de conversión energética de los paneles fotovoltaicos depende de factores como la intensidad de radiación solar, la orientación del sistema, la temperatura ambiental y la calidad de los materiales semiconductores empleados (Kalogirou, 2014).

Los paneles solares están compuestos por múltiples celdas fotovoltaicas interconectadas, generalmente fabricadas con silicio monocristalino o policristalino debido a sus propiedades semiconductoras (Nelson, 2003). En sistemas híbridos de generación energética, los paneles solares permiten complementar otras formas de producción eléctrica, garantizando mayor estabilidad en el suministro energético durante períodos de exposición solar (Duffie & Beckman, 2013). Además, representan una solución tecnológica fundamental para la transición hacia modelos energéticos sostenibles, descentralizados y de baja emisión contaminante (Kalogirou, 2014).

La integración de distintas fuentes renovables da origen a los sistemas híbridos de generación energética. Un sistema híbrido combina dos o más tecnologías de producción eléctrica con el propósito de incrementar la eficiencia operativa, la estabilidad del suministro y la continuidad energética (Twidell & Weir, 2015). En el caso de un sistema conformado por discos piezoeléctricos y paneles solares, ambas tecnologías se complementan debido a que la generación electromecánica depende del movimiento mecánico, mientras que la generación fotovoltaica depende de la disponibilidad de radiación solar. Esta combinación permite optimizar el aprovechamiento energético bajo diferentes condiciones ambientales y operativas, disminuyendo la dependencia de redes eléctricas convencionales y favoreciendo la autonomía energética en espacios urbanos o institucionales.

Para garantizar el aprovechamiento eficiente de la energía producida, resulta indispensable implementar sistemas de almacenamiento energético. Una de las alternativas más utilizadas en proyectos experimentales consiste en el empleo de bancos de capacitores. Un banco de capacitores corresponde a un conjunto de capacitores conectados entre sí con el objetivo de almacenar carga eléctrica temporalmente y liberarla cuando el sistema lo requiera (Serway & Jewett, 2018). Este método presenta ventajas como tiempos reducidos de carga y descarga, estabilidad eléctrica y alta eficiencia en aplicaciones de corta duración.

El capacitor es un componente electrónico diseñado para almacenar energía eléctrica en forma de campo eléctrico entre dos placas conductoras separadas por un material dieléctrico. Su funcionamiento se basa en la acumulación de cargas eléctricas opuestas cuando se conecta a una fuente de voltaje (Serway &

Jewett, 2018). Los capacitores son ampliamente utilizados en circuitos eléctricos debido a su capacidad para estabilizar voltajes, filtrar señales y suministrar energía instantánea. En sistemas híbridos de generación renovable, cumplen un papel fundamental en la regulación y almacenamiento temporal de energía proveniente de fuentes variables e intermitentes.

Finalmente, la evaluación del impacto ambiental asociado a las energías renovables representa uno de los aspectos más relevantes dentro de la investigación y desarrollo de nuevas tecnologías energéticas. A diferencia de los combustibles fósiles, las fuentes renovables producen menores emisiones de gases de efecto invernadero y reducen significativamente la contaminación atmosférica (Boyle, 2012). Asimismo, contribuyen a disminuir el calentamiento global y favorecen la conservación de recursos naturales no renovables (Twidell & Weir, 2015).

Tecnologías como los paneles solares y los sistemas de generación por medio de la piezoelectricidad permiten recuperar energía residual y aprovechar recursos naturales sin generar procesos de combustión contaminantes. Aunque algunas tecnologías renovables pueden presentar impactos asociados a la fabricación de componentes electrónicos y disposición de materiales, diversos estudios científicos concluyen que su impacto ambiental total es considerablemente menor en comparación con los sistemas energéticos convencionales (Kalogirou, 2014). Por esta razón, la implementación de sistemas híbridos basados en energías renovables representa una estrategia tecnológica sostenible con alto potencial de aplicación en modelos modernos de generación distribuida, eficiencia energética e infraestructura urbana inteligente.

IV.1 Objetivo General:

Desarrollar un sistema híbrido de microgeneración eléctrica basado en baldosas equipadas con placas piezoeléctricas y paneles solares, capaz de transformar la energía mecánica producida por el tránsito peatonal en energía eléctrica aprovechable, con el propósito de contribuir al desarrollo de alternativas energéticas sostenibles e integrables en espacios urbanos.

IV.2 Específicos:

- 1. Diseñar una baldosa equipada con discos piezoeléctricos capaces de transformar la presión ejercida por el tránsito peatonal en energía eléctrica.
- 2. Implementar un sistema híbrido compuesto por discos piezoeléctricos y paneles solares con el propósito de complementar la generación de energía eléctrica utilizando fuentes renovables y sostenibles
- 3. Evaluar el rendimiento energético del prototipo mediante la medición de variables eléctricas como voltaje, corriente y capacidad de almacenamiento de la energía generada.

V. METODOLOGÍA

V.1 INVESTIGACIÓN

La investigación tuvo un enfoque experimental debido a que se construyó y evaluó un prototipo diseñado para generar energía eléctrica a partir de la presión ejercida por el tránsito peatonal sobre una baldosa equipada con placas piezoeléctricas. Además, se integró energía solar como fuente complementaria con el propósito de determinar la viabilidad técnica de combinar ambas fuentes renovables en un sistema híbrido de microgeneración eléctrica.

La investigación se desarrolló en tres etapas principales. En la primera etapa se estudiaron los conceptos teóricos necesarios para comprender los fundamentos físicos, eléctricos y energéticos involucrados en el proyecto. Se investigaron temas relacionados con la piezoelectricidad, la energía solar fotovoltaica, los sistemas de almacenamiento energético, estableciendo así las bases para el desarrollo de la propuesta.

En la segunda etapa se analizaron diferentes tecnologías capaces de transformar la presión mecánica en energía eléctrica. Como resultado de esta evaluación, se seleccionaron placas piezoeléctricas debido a su capacidad para convertir directamente la energía producida por la presión ejercida sobre la baldosa en energía eléctrica. Asimismo, se investigaron alternativas para complementar la generación energética y reducir las variaciones propias de este tipo de sistemas, concluyéndose que la incorporación de paneles solares permitiría mejorar la estabilidad y disponibilidad de energía.

La tercera etapa se centró en la selección de los materiales y componentes necesarios para la construcción del prototipo. Se investigaron los elementos electrónicos requeridos para el acondicionamiento y almacenamiento de la energía generada, incluyendo diodos rectificadores para adaptar la señal eléctrica producida por los discos piezoeléctricos y evitar corrientes inversas dentro del sistema. También se evaluaron diferentes métodos de almacenamiento energético, seleccionándose un banco de capacitores para reducir fluctuaciones y mejorar la estabilidad eléctrica.

V.2 FASE DE PLANEAMIENTO

Una vez concluida la etapa de investigación y definidos los fundamentos teóricos del proyecto así como su identidad, se procedió a la fase de planeamiento. En esta etapa se estableció la organización general de las actividades necesarias para el desarrollo del prototipo, definiendo los tiempos de ejecución, la secuencia de trabajo y los recursos requeridos.

Actividad a realizar	Días programado	Tiempo estimado
Investigación de conceptos	6/5/26	8 horas
Diseño de la estructura mecánica	13/5/26	3 horas
Diseño del circuito electrónico	18/5/26	2 horas

Selección de materiales y componentes electrónicos.	21/5/26	3 horas
Construcción de la base y sistema de presión de las baldosas.	30/5/26	4 horas
Instalación y conexión de las placas piezoeléctricas.	3/6/26	3 horas
Montaje del circuito eléctrico en las placas de cobre perforadas.	13/6/26	2 horas
Integración del panel solar y controlador de carga.	15/6/26	2 horas
Realización de pruebas de funcionamiento del sistema.	17/6/26	2 horas
Medición y registro de voltaje, corriente y potencia generada.	18/6/26	2 horas
Análisis de resultados y evaluación de la eficiencia del prototipo.	20/6/26	4 horas

Los materiales y herramientas que se utilizarán para el desarrollo del proyecto son los siguientes:

Materiales

- Batería recargable
- Cable multifilar calibre 22 y 24 AWG.
- Cable UTP.
- Capacitores electrolíticos de 470 μ F y 1000 μ F.
- Diodos 1n4007
- Discos piezoeléctricas (Cerámica sintética 35 mn)
- Estaño para soldadura.
- Panel solar.
- Placas de cobre perforadas.
- Pliego de madera.
- Puente rectificador de diodos.
- Resistencias de 10 k Ω .
- Resortes de compresión.
- Tornillos para madera de punta fina de 1/2 pulgada.

Herramientas

- Alicata universal.
- Cautín.

- Cinta métrica.
- Destornilladores tipo plano y Phillips.
- Lija.
- Multímetro.
- Segueta.

V.3 DESCRIPCIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS

La primera acción realizada fue la creación de nuestro logo ya que este debía de representarnos y ser memorable para los que lo vieran.



Figura 1. Logo : Elaboración propia

Tras concluir la etapa de planeamiento, se procedió a construir la estructura base del prototipo. Esta consiste en una caja elaborada con pliegos de madera, con dimensiones aproximadas de 22,5 cm de largo por lado y una altura de 8 cm. A la estructura se le añadió un soporte lateral destinado a la instalación del panel solar. El diseño fue concebido para proteger el circuito electrónico interno y garantizar la resistencia suficiente para soportar pisadas.

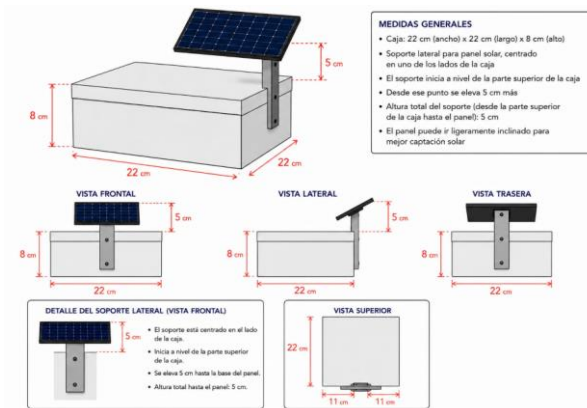
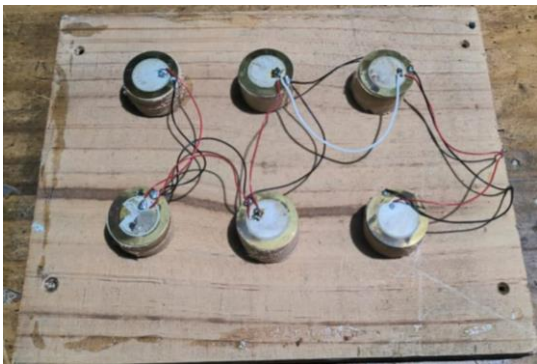


Figura 2. Planos de la estructura base: Elaborado por ChatGPT.



Figura 3. Proceso de construcción de la base: Elaboración propia.

Una vez construida la base nos dedicamos al acoplamiento de la parte electrónica. Como principal parte teniendo en cuenta los discos piezoeléctricos que estarían conectadas entre si de manera paralela para permitir mantener un mismo voltaje de salida que un solo disco, pero sumando las corrientes generadas por cada disco así logrando una fuente más estable y con mayor potencia utilizable. Además, este tipo de configuración ayuda a proteger el



circuito de picos de voltaje y asegura que, si un disco falla los demás sigan aportando energía.

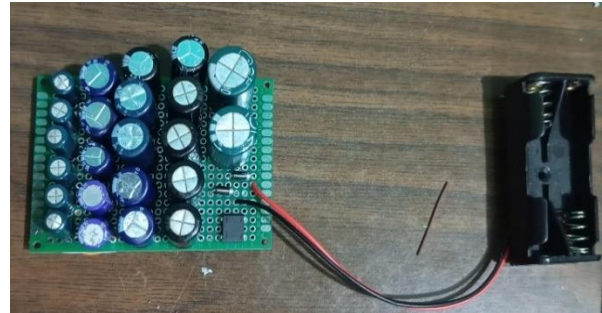
Figura 4. Proceso de ensamble de piezoeléctricos : Elaboración propia

Con los discos piezoeléctricos ya integrados, se inició la construcción del circuito moderador. Este se conformó por un puente rectificador de diodos, acompañado de dos diodos adicionales que evitan la descarga de la batería hacia el banco de capacitores. Finalmente, se realizó la conexión con la batería

recargable, destinada a ser el sistema de almacenamiento de energía del proyecto.

Figura 6. Banco de capacitores y circuito moderador: Elaboración propia

Con el propósito de reducir costos y promover el



aprovechamiento responsable de recursos, varios componentes electrónicos fueron recuperados de placas electrónicas en desuso y posteriormente reutilizados en la construcción del sistema de banco de capacitores, que tiene como fin regular el pulso de energía que llega a la batería.



Figura 7. Demostración del proceso de recolección de capacitores: Elaboración propia.

Una vez ensamblada la parte interna del circuito electrónico, esta se instaló dentro de la base de la estructura. Posteriormente, se incorporó el mecanismo de retracción de la baldosa, conformado por resortes de compresión. Este sistema permite que, al aplicar presión sobre la superficie, la baldosa descienda y, al retirar dicha presión, regrese a su estado original de forma automática.

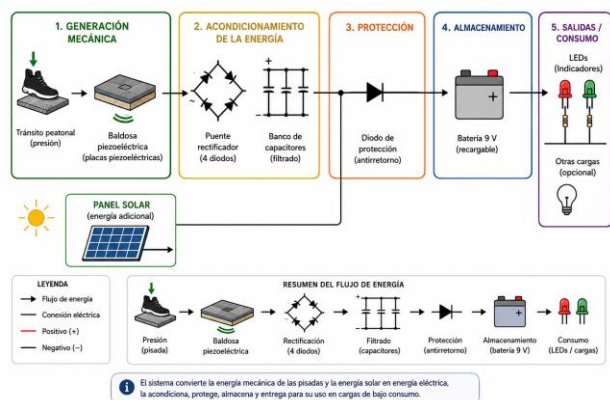


Figura 8. Esquema de cómo están ensambladas cada parte del proyecto. Elaborado por ChatGPT.

VIII. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Finalmente, una vez concluido el ensamblaje completo del sistema, se realizaron pruebas de funcionamiento aplicando presión sobre la baldosa en diferentes condiciones de uso. Durante estas pruebas se registraron valores de voltaje y se verificó el comportamiento del sistema de almacenamiento, la integración del panel solar y el funcionamiento de la plataforma de monitoreo. Los datos obtenidos permitieron evaluar la eficiencia general del prototipo e identificar oportunidades de mejora para futuras versiones del proyecto.

La primera prueba realizada consistió en aplicar presión sobre la baldosa con el fin de activar los discos piezoeléctricos. Para ello, se ejerció presión sobre la superficie un total de diez veces. Estas presiones fueron monitoreadas mediante un multímetro universal, el cual permitió medir el voltaje generado en cada ocasión antes de que la señal pasara por el puente rectificador. Los resultados obtenidos mostraron una producción de energía que se mantuvo entre 2 y 5 voltios durante las pruebas realizadas. Asimismo, se observaron picos momentáneos de voltaje de entre 1 y 2 voltios con una duración aproximada de un segundo, producto de las variaciones generadas al aplicar la presión sobre la baldosa. Estos resultados evidencian la capacidad de los discos piezoeléctricos para transformar la energía mecánica en energía eléctrica.

“Pisadas”	Voltaje producido
1	2,4 V
2	4,3 V
3	2 V
4	5 V
5	4 V
6	3,2 V
7	2,4 V
8	3 V
9	5 V
10	3 V

La segunda prueba realizada consistió en evaluar el funcionamiento del panel solar. Esta se llevó a cabo a las 12:00 del mediodía con el propósito de analizar su producción máxima de energía bajo condiciones de iluminación favorables. Las mediciones fueron realizadas mediante un multímetro universal, permitiendo verificar el voltaje de salida del panel. Los resultados obtenidos mostraron una producción de 5 voltios de corriente continua (DC), valor que coincide con las especificaciones proporcionadas por el fabricante. Asimismo, durante la prueba no se detectó ningún comportamiento anómalo, por lo que se concluye que el panel solar opera correctamente y cumple con los parámetros esperados para el proyecto.

La tercera prueba consistió en evaluar el mecanismo de retracción de la baldosa. Para ello, se aplicó presión sobre la superficie en repetidas ocasiones con el fin de comprobar su correcto funcionamiento. Tras realizar las pruebas correspondientes, se determinó que el mecanismo basado en resortes de compresión funciona adecuadamente, permitiendo que la baldosa regrese a su posición original de manera eficiente después de cada aplicación de presión. Estos resultados confirman la efectividad del sistema de retracción implementado en el prototipo.

La cuarta y última prueba consistió en evaluar el rendimiento de la batería recargable con el fin de verificar que el sistema fuera capaz de cargarla correctamente y que la energía almacenada fuera apta para su utilización. Para ello, se conectó la batería a un conjunto de diodos LED, permitiendo observar su funcionamiento bajo una carga sencilla. Durante la prueba, los LED permanecieron encendidos de manera estable, lo que evidenció que la batería había almacenado energía correctamente y era capaz de suministrarla de forma adecuada al sistema. Estos resultados confirman la viabilidad de la batería como medio de almacenamiento energético para el proyecto.

IX. CONCLUSIONES

Se logró desarrollar un sistema híbrido de microgeneración eléctrica basado en una baldosa equipada con discos piezoeléctricos y un panel solar complementario. Las pruebas realizadas demostraron que el prototipo es capaz de transformar la energía mecánica producida por la presión ejercida sobre la baldosa en energía eléctrica aprovechable, así como complementar dicha generación mediante energía solar. Además, se comprobó el correcto funcionamiento de los sistemas de almacenamiento y del mecanismo de retracción, permitiendo concluir que la propuesta cumple con el objetivo planteado y representa una alternativa viable para el aprovechamiento de fuentes de energía renovable en espacios urbanos.

Los resultados obtenidos durante las pruebas realizadas permitieron comprobar la viabilidad del sistema propuesto. La baldosa equipada con discos piezoeléctricos logró generar energía eléctrica a partir de la presión aplicada sobre su superficie, demostrando la capacidad de transformar energía mecánica en energía eléctrica aprovechable.

Asimismo, el panel solar utilizado como fuente de energía secundaria presentó un funcionamiento adecuado, generando el voltaje esperado según las especificaciones del fabricante y complementando el suministro energético del sistema.

Por otra parte, las pruebas realizadas al mecanismo de retracción confirmaron que los resortes de compresión permiten que la baldosa regrese a su posición original después de cada aplicación de presión, garantizando el correcto funcionamiento mecánico del prototipo.

Finalmente, la batería recargable demostró ser capaz de almacenar y suministrar energía de manera eficiente, evidenciando que el sistema no solo genera energía, sino que también puede almacenarla para su posterior utilización. En conjunto, los resultados obtenidos indican que el prototipo cumple satisfactoriamente con los objetivos planteados para el proyecto.

X. BIBLIOGRAFÍA

Boyle, G. (2012). *Renewable energy: Power for a sustainable future* (3rd ed.). Oxford University Press. <https://global.oup.com/academic/product/renewable-energy-9780199545331>

Consejo Nacional de Rectores (CONARE). Programa Estado de la Nación. (2022). *Estado de la Nación 2022* (Informe Estado de la Nación No. 28). <https://hdl.handle.net/20.500.12337/8405>

Curie, P., & Curie, J. (1880). Développement par compression de l'électricité polaire dans les cristaux hémihédres à faces inclinées. *Comptes*

Rendus de l'Académie des Sciences, 91, 294–295. <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k30737/f294.item>

Duffie, J. A., & Beckman, W. A. (2013). *Solar engineering of thermal processes* (4th ed.). Wiley. <https://www.wiley.com/en-us/Solar+Engineering+of+Thermal+Processes%2C+4th+Edition-p-9780470873665>

Kalogirou, S. A. (2014). *Solar energy engineering: Processes and systems* (2nd ed.). Academic Press. <https://www.elsevier.com/books/solar-energy-engineering/kalogirou/978-0-12-397270-7>

Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE). (2025). *Balance Energético Nacional Costa Rica, informe anual 2022* (1.ª ed.). Gobierno de Costa Rica. <https://minae.go.cr/energia/ben/Informe%20Balance%20de%20Energia%202022.pdf>

Nelson, J. (2003). *The physics of solar cells*. Imperial College Press. <https://www.worldscientific.com/worldscibooks/10.1142/5269>

Priya, S., & Inman, D. J. (Eds.). (2009). *Energy harvesting technologies*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-76464-1>.

Safari, A., & Akdoğan, E. K. (Eds.). (2008). *Piezoelectric and acoustic materials for transducer applications*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-76540-2>

Semanario Universidad. (2023). *Disminución de lluvias afectará producción de plantas hidroeléctricas del país en el futuro*. <https://semanariouniversidad.com/pais/disminucion-de-lluvias-afectara-produccion-de-plantas-hidroelectricas-del-pais-en-el-futuro/>

Serway, R. A., & Jewett, J. W. (2018). *Physics for scientists and engineers* (10th ed.). Cengage Learning. <https://www.cengage.com/c/physics-for-scientists-and-engineers-10e-serway>

The Tico Times. (2023, October 2). *Can Costa Rica maintain its renewable energy leadership?* <https://ticotimes.net/2023/10/02/can-costa-rica-maintain-its-renewable-energy-leadership>

Twidell, J., & Weir, T. (2015). *Renewable energy resources* (3rd ed.). Routledge. <https://www.routledge.com/Renewable-Energy-Resources/Twidell-Weir/p/book/9780415584380>

Wang, Z. L. (2012). Towards self-powered nanosystems: From nanogenerators to nanopiezotronics. *Advanced Functional Materials*, 22(13), 280–285. <https://doi.org/10.1002/adfm.201102952>



CTP Roberto Gamboa Valverde

Unidos por la excelencia



Energía verde desde el movimiento humano

STEAM

Participantes

Alejandra Ruiz Noguera
Caleb Suárez Fallas
Deborath Cruz Porras

Tutor

Mario Mesen Murillo

2026



Modelo de Bitácora

CTP Roberto Gamboa Valverde

Unidos por la excelencia

BITÁCORA PARA LOS PROYECTOS DE EXPOTÉCNICA



Bitácora N°1

Fecha: 06/05/2026

Caleb Suárez Fallas

Alejandra Ruiz Noguera

Deborath Cruz Porras.

Hora inicio: 12:20p.m

Hora finalización: 4:00p.m

Materiales utilizados: Computadora e Internet.

Lugar: Centro Educativo.

1. Actividades realizadas:
 - 1.1 Planteamiento del problema a resolver.
 - 1.2 Determinar la solución.
2. Producto de la actividad:
 - 2.1 Se determino el problema y sus causas directas.
 - 2.2 Se determino la solución que podría ayudar a esta problemática.
3. Análisis de los productos recopilados:
 - 3.1 Se obtiene el eje central del proyecto.
4. Acciones requeridas:
 - 4.1 Investigación de la problemática, discusión de la problemática y búsqueda de posibles soluciones.

Acción	Responsable	Fecha de entrega	Estado
Investigación de la problemática	Alejandra Ruiz Noguera Caleb Suárez Fallas Deborath Cruz Porras	06/05/2026	En proceso
Discusión de la problemática	Alejandra Ruiz Noguera Caleb Suárez Fallas Deborath Cruz Porras	06/05/2026	Concluido
Búsqueda de posibles soluciones	Alejandra Ruiz Noguera Caleb Suárez Fallas Deborath Cruz Porras	06/05/2026	En proceso

Observaciones:



Firma (s) del estudiante (s):

Alejandra Ruiz Noguera

Caleb Suárez Fallas

Deborath Cruz Porras

Firma del tutor (esté o no presente):

Modelo de Bitácora

CTP Roberto Gamboa Valverde

Unidos por la excelencia

BITÁCORA PARA LOS PROYECTOS DE EXPOTÉCNICA



Bitácora N°2

Fecha: 13/05/2026

Caleb Suárez Fallas

Alejandra Ruiz Noguera

Deborath Cruz Porras.

Hora inicio: 12:20p.m

Hora finalización: 4:00p.m

Materiales utilizados: Computadora e Internet.

Lugar: Centro Educativo.

1. Actividades realizadas:
 - 1.1 investigación de antecedentes de la problemática.
 - 1.2 se inicia a estructurar el trabajo escrito.
2. Producto de la actividad:
 - 2.1 Se determinan las causas directas a lo largo del tiempo, que afectan la problemática.
 - 2.2 Se obtiene la base del documento a trabajar.
3. Análisis de los productos recopilados:
 - 3.1 Se encuentran las razones de agravo de la problemática.
 - 3.2 Queda listo el documento base en el que se va a trabajar.
4. Acciones requeridas:
 - 4.1 investigación de fuentes científicamente aprobadas sobre la problemática, revisar



detalladamente los lineamientos sobre el documento escrito.

Acción	Responsable	Fecha de entrega	Estado
Investigación de antecedentes	Alejandra Ruiz Noguera	13/05/2026	Concluido
Estructura del documento escrito	Caleb Suárez Fallas Deborath Cruz Porras	13/05/2026	Concluido

Observaciones:

Firma (s) del estudiante (s):

Alejandra Ruiz Noguera

Caleb Suárez Fallas

Deborath Cruz Porras

Firma del tutor (esté o no presente):

Modelo de Bitácora

CTP Roberto Gamboa Valverde

Unidos por la excelencia

BITÁCORA PARA LOS PROYECTOS DE EXPOTÉCNICA



Bitácora N°3

Fecha: 14/05/2026

Caleb Suárez Fallas

Alejandra Ruiz Noguera

Deborath Cruz Porras.

Hora inicio: 1:00p.m

Hora finalización: 4:00p.m

Materiales utilizados: Computadora, internet, papel y lápiz.

Lugar: Centro Educativo.



1. Actividades realizadas:
 - 1.1 Definición de una solución directa por medio de investigación.
 - 1.2 Se diseña una posible estructura de prototipo.
 - 1.3 Se investigan los materiales necesarios para la estructura.
2. Producto de la actividad:
 - 2.1 Se propone el uso de piezoeléctricos.
 - 2.2 Se obtiene la estructura del prototipo.
 - 2.3 Se obtiene lista de materiales para la estructura.
3. Análisis de los productos recopilados:
 - 3.1 Se presenta una posible solución a la problemática.
 - 3.2 Se define la estructura del prototipo
 - 3.3 Se definen los materiales necesarios para esta parte del prototipo.
4. Acciones requeridas:
 - 4.1 Investigación de piezoeléctricos, se discute como podría ser el diseño del prototipo, se definen los materiales necesarios y se realizan los planos.

Acción	Responsable	Fecha de entrega	Estado
Definir una solución	Alejandra Ruiz Noguera	14/05/2026	Concluido
Diseño de estructura del prototipo	Caleb Suárez Fallas	14/05/2026	Concluido
Se definen materiales necesarios para la estructura	Deborath Cruz Porras	14/05/2026	Concluido

Observaciones:

Firma (s) del estudiante (s):

Alejandra Ruiz Noguera

Caleb Suárez Fallas

Deborath Cruz Porras

Firma del tutor (esté o no presente):

Modelo de Bitácora

CTP Roberto Gamboa Valverde

Unidos por la excelencia

BITÁCORA PARA LOS PROYECTOS DE EXPOTÉCNICA





Bitácora N°4

Fecha: 21/05/2026

Caleb Suárez Fallas

Alejandra Ruiz Noguera

Deborath Cruz Porras.

Hora inicio: 2:20p.m

Hora finalización: 4:00p.m

Materiales utilizados: Computadora, internet, papel y lápiz.

Lugar: Centro Educativo.

1. Actividades realizadas:
 - 1.1 Diseño de el circuito electrónico
 - 1.2 Definición de componentes necesarios.
2. Producto de la actividad:
 - 2.1 Se define el diagrama electrónico de el prototipo.
 - 2.2 Se obtiene lista de materiales para el circuito electrónico.
3. Análisis de los productos recopilados:
 - 3.1 Un diagrama esquemático de la parte eléctrica del prototipo.
 - 3.2 Una lista clara de los componentes necesarios para la eléctrica.
4. Acciones requeridas:
 - 4.1 Investigación de la problemática, discusión de la problemática y búsqueda de posibles soluciones.

Acción	Responsable	Fecha de entrega	Estado
Diseño del circuito electrónico	Alejandra Ruiz Noguera	21/05/2026	Concluido
Lista de componentes necesarios	Caleb Suárez Fallas Deborath Cruz Porras	21/05/2026	Concluido

Observaciones:

Firma (s) del estudiante (s):

Alejandra Ruiz Noguera

Caleb Suárez Fallas

Deborath Cruz Porras



Firma del tutor (esté o no presente):

Modelo de Bitácora

CTP Roberto Gamboa Valverde

Unidos por la excelencia

BITÁCORA PARA LOS PROYECTOS DE EXPOTÉCNICA



Bitácora N°5

Fecha: 28/05/2026

Caleb Suárez Fallas

Alejandra Ruiz Noguera

Deborath Cruz Porras.

Hora inicio: 12:20p.m

Hora finalización: 4:00p.m

Materiales utilizados: Cautín, extractor de estaño, alicate, desarmador Philips, desarmador plano, multímetro.

Lugar: Centro Educativo.

1. Actividades realizadas:
 - 1.1 Se recolectan placas electrónicas y pedazos de plywood de antiguos proyectos.
2. Producto de la actividad:
 - 2.1 Se obtienen los materiales para la construcción del prototipo
3. Análisis de los productos recopilados:
 - 3.1 Se obtienen los materiales por medio de cosas que originalmente iban a ser desechadas.
4. Acciones requeridas:
 - 4.1 Desoldar componentes de placas electrónicas, probarlos por medio de multímetro, desarmar las cajas hechas de plywood.

Acción	Responsable	Fecha de entrega	Estado
Recolección de placas y pedazos de plywood ya inutilizados.	Alejandra Ruiz Noguera Caleb Suárez Fallas Deborath Cruz Porras	28/05/2026	Concluido
Desoldar los componentes de las placas electrónicas.	Deborath Cruz Porras	28/05/2026	Concluido
Comprobar que los componentes son utilizables.	Alejandra Ruiz Noguera	28/05/2026	Concluido



Observaciones:

Firma (s) del estudiante (s):

Alejandra Ruiz Noguera

Caleb Suárez Fallas

Deborath Cruz Porras

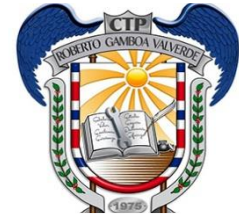
Firma del tutor (esté o no presente):

Modelo de Bitácora

CTP Roberto Gamboa Valverde

Unidos por la excelencia

BITÁCORA PARA LOS PROYECTOS DE EXPOTÉCNICA



Bitácora N°6

Fecha: 30/05/2026

Caleb Suárez Fallas

Alejandra Ruiz Noguera

Hora inicio: 10:20a.m

Hora finalización: 2:00p.m

Materiales utilizados: Capacitores electrolíticos de entre 470 y 1100 micro faradios, diodos rectificadores 1N4007, puente de diodos de 1 amperio, porta baterías de 1.5V, cable UTP, cautín, estaño, flux, alicate, martillo, clavos, serrucho, lija para madera.

Lugar: Domicilio de los estudiantes.

1. Actividades realizadas:
 - 1.1 Realizar el sistema de producción y almacenamiento de energía.
 - 1.2 Construcción de la base del prototipo.
2. Producto de la actividad:
 - 2.1 El sistema eléctrico del prototipo queda correctamente soldado.
 - 2.2 La base del prototipo queda correctamente construida.
3. Análisis de los productos recopilados:



3.1 Se puede decir que el sistema de producción y almacenamiento funcionan correctamente.

3.2 Se observa la correcta construcción de la base del prototipo.

4. Acciones requeridas:

4.1 Soldar componentes en una placa, cortar y soldar cable UTP, hacer medidas y cortar plywood, lijar el plywood cortado, unir los pedazos de plywood por medio de clavos.

Acción	Responsable	Fecha de entrega	Estado
Realizar el sistema eléctrico del prototipo.	Alejandra Ruiz Noguera	30/05/2026	Concluido
Construcción de la base del prototipo.	Caleb Suárez Fallas	30/05/2026	En proceso

Observaciones:

Firma (s) del estudiante (s):

Alejandra Ruiz Noguera

Caleb Suárez Fallas

Deborath Cruz Porras

Firma del tutor (esté o no presente):

Modelo de Bitácora

CTP Roberto Gamboa Valverde

Unidos por la excelencia

BITÁCORA PARA LOS PROYECTOS DE EXPOTÉCNICA



Bitácora N°7

Fecha: 1/06/2026

Caleb Suárez Fallas

Alejandra Ruiz Noguera

Hora inicio: 12:20p.m

Hora finalización: 4:00p.m

Materiales utilizados: Computadora e Internet.

Lugar: Domicilio de los estudiantes.





1. Actividades realizadas:
 - 1.1 Terminar la estructura base del prototipo.
 - 1.2 instalar el sistema de producción en la base del prototipo.
 - 1.3 Comprobar el correcto funcionamiento del prototipo.
2. Producto de la actividad:
 - 2.1 Se completa la estructura del prototipo
 - 2.2 Se instala el sistema de producción.
 - 2.3 Se comprueba su funcionamiento.
3. Análisis de los productos recopilados:
 - 3.1 se puede observar la estructura del prototipo.
 - 3.2 Se comprueba el sistema de producción ya instalado
 - 3.3 Se comprueba el funcionamiento del prototipo.
4. Acciones requeridas:
 - 4.1 lijado de esquinas de la base hecha de plywood, instalación del sistema de producción y almacenamiento y se realiza presión a la baldosa.

Acción	Responsable	Fecha de entrega	Estado
Instalación del sistema dentro de la estructura.	Alejandra Ruiz Noguera	1/06/2026	Concluido
Realizar la estructura base del prototipo.	Caleb Suárez Fallas	1/06/2026	Concluido
Comprobación del funcionamiento del prototipo.	Alejandra Ruiz Noguera Caleb Suárez Fallas	1/06/2026	Concluido

Observaciones:

Firma (s) del estudiante (s):

Alejandra Ruiz Noguera

Caleb Suárez Fallas

Deborath Cruz Porras

Firma del tutor (esté o no presente): _____

Modelo de Bitácora



CTP Roberto Gamboa Valverde

Unidos por la excelencia

BITÁCORA PARA LOS PROYECTOS DE EXPOTÉCNICA

Bitácora N°8

Fecha: 10/06/2026

Alejandra Ruiz Noguera

Hora inicio: 12:20p.m

Hora finalización: 4:00p.m

Materiales utilizados: Computadora e Internet.

Lugar: Centro Educativo.

1. Actividades realizadas:
 - 1.1 Desarrollo del trabajo escrito en su totalidad.
2. Producto de la actividad:
 - 2.1 Se completan varias partes del trabajo escrito
3. Análisis de los productos recopilados:
 - 3.1 Se redacta toda la información utilizada para el proyecto y a su vez todo el conocimiento que este mismo nos proporcionó.
4. Acciones requeridas:
 - 4.1 Redactar.

Acción	Responsable	Fecha de entrega	Estado
Desarrollar el planteamiento del problema.	Alejandra Ruiz Noguera	10/06/2026	Concluido
Desarrollar la introducción.	Alejandra Ruiz Noguera	10/06/2026	Concluido
Desarrollar el marco teorico.	Alejandra Ruiz Noguera	10/06/2026	Concluido

Observaciones:

Firma (s) del estudiante (s):

Alejandra Ruiz Noguera

Caleb Suárez Fallas

Deborath Cruz Porras



Firma del tutor (esté o no presente):

Modelo de Bitácora

CTP Roberto Gamboa Valverde

Unidos por la excelencia

BITÁCORA PARA LOS PROYECTOS DE EXPOTÉCNICA



Bitácora N°9

Fecha: 11/06/2026

Alejandra Ruiz Noguera.

Hora inicio: 10:00a.m

Hora finalización: 4:00p.m

Materiales utilizados: Computadora e Internet.

Lugar: Centro Educativo.

1. Actividades realizadas:
 - 1.1 Finalizar el trabajo escrito.
2. Producto de la actividad:
 - 2.1 Se completa el trabajo escrito.
3. Análisis de los productos recopilados:
 - 3.1 Se termina el trabajo escrito
4. Acciones requeridas:
 - 4.1 Redactar.

Acción	Responsable	Fecha de entrega	Estado
Desarrollo de la metodología.	Alejandra Ruiz Noguera	11/06/2026	Concluido
Desarrollo del análisis de resultados.	Alejandra Ruiz Noguera	11/06/2026	Concluido
Desarrollo de la conclusión.	Alejandra Ruiz Noguera	11/06/2026	Concluido
Desarrollo de bibliografía.	Alejandra Ruiz Noguera	11/06/2026	Concluido
Revisión y corrección.	Alejandra Ruiz Noguera	11/06/2026	Concluido

Observaciones:



Firma (s) del estudiante (s):

Alejandra Ruiz Noguera

Caleb Suárez Fallas

Deborath Cruz Porras

Firma del tutor (esté o no presente):
