

# U = energía interna

Alicia María Esponda Cascajares. Facultad de Ingeniería, UNAM. alicia@esponda.org  
Minerva Hernández Trejo. Miembro del Sistema Nacional de Creadores.

- RESUMEN

Instalación orgánico-sonora interactiva cuyo funcionamiento se basa en la obtención de energía interna de guayabas formando un fuente electromotriz con electrodos, capacitor, un buzzer y/o una fotoresistencia y formando un circuito RC. Este dispositivo produce como resultado una composición sonora que se genera en tiempo real, a partir de la energía propia de las frutas, sin ayuda de energía eléctrica alguna, ni de computadoras.

Este ensamble con sus posibles aplicaciones abre una campo de experimentación y procesos académicos dirigidos sobre todo a los niños, en aras de contribuir a fortalecer y consolidar su educación con un enfoque de integralidad hacia el entorno natural proponiendo una reflexión acerca de la producción y el consumo de energías alternativas.

*U=energía interna* retoma investigaciones relacionadas con la electricidad, la obtención de energía como propiedad del sistema a partir de organismos naturales (opuesto a lo hecho por el hombre) y el saber ecológico que reside en su transversalidad y la interdependencia orgánica de todos los elementos, superando el pensamiento meramente analítico, atomizado y no religado, propio de la modernidad.

Bajo la premisa de resistir a un sistema desigual, desmembrado y voraz por medio de estudios científicos, aunados a un discurso creativo interdisciplinario en el cual convergen lo vivo y lo tecnológico como eje principal.

La muestra de los procesos con diferentes medios muestra una metáfora de la vida y su relación con la modernidad.

- INTRODUCCIÓN

Energía es una propiedad que tiene toda materia y que es difícil de definir, sin embargo se puede cuantificar y medir su cambio en un sistema. Generalmente se asocia la energía con el principio de conservación de energía que, de hecho, es la primera ley de la termodinámica, es decir “la energía ni se crea, ni se destruye; tan solo se transforma”. Es muy común que se encuentre la definición de energía como “la capacidad de realizar un trabajo”, sin embargo debe tenerse bien presente que el trabajo es una forma de energía.

Existen dos tipos principales de energía: la energía como propiedad del sistema y la energía en tránsito. La energía como propiedad del sistema es la energía contenida en un cuerpo o sistema y

que puede ser almacenada. Ejemplos de energía almacenable es la energía química de una pila, la energía eléctrica almacenada en un capacitor o la energía potencial contenida en el agua almacenada en una presa. La energía en tránsito puede ser calor o trabajo en cualquiera de sus diversas formas.

La energía en un sistema se cuantifica como la suma de muchas energías. Es muy común decir que es la suma de la energía interna del propio sistema, mas la energía cinética, potencial, química y eléctrica del sistema.

La energía interna es la que tiene un sistema debido principalmente al movimiento molecular dentro del sistema y es función de la temperatura. De hecho, la temperatura es una manifestación externa, macroscópica de esta energía.

Una pila está formada por dos electrodos inmersos en un electrolito. Los electrodos son usualmente metales diferentes uno de los cuales es el electrodo positivo y el otro el electrodo negativo. Al electrodo negativo se le llama comúnmente ánodo y al electrodo positivo cátodo. El ánodo cede electrones y se oxida durante la reacción química de descarga. El cátodo acepta electrones y se reduce durante la reacción química de descarga. El electrolito es un conductor iónico y es el medio para transferir cargas como iones entre el ánodo y el cátodo. Al migrar los iones negativos al ánodo y los iones positivos al cátodo se genera una diferencia de potencial y la pila se comporta como una fuente de fuerza electromotriz.

Un circuito RC es un circuito que cuenta con elementos resistivos y capacitivos. A un circuito RC que se encuentra inicialmente descargado se le conecta a una fuente, la carga empezará a fluir por el circuito y la corriente hará que el capacitor se cargue al acumularse la carga entre las placas del capacitor y que la diferencia de potencial entre las placas del capacitor aumente. La carga máxima que puede almacenarse en el capacitor dependerá del valor de capacitancia que tenga y del voltaje al que esté conectado. Una vez que se alcance la carga máxima se inicia el ciclo de descarga del capacitor y este cederá toda la carga que tenga al circuito. Cuando termine de descargarse se iniciará un nuevo ciclo de carga del capacitor. El tiempo que tarda en cargarse y descargarse un capacitor es función directa del producto de la resistencia por la capacitancia del circuito.

- **PROBLEMÁTICA TRATADA U OBJETIVO DE LA PONENCIA**

El proyecto surge de la inquietud sobre la realidad de la presencia de energía en todo lo que nos rodea y de cómo hacer notar la presencia de ésta. Comentando sobre la existencia de pilas hechas con limones y manzanas, se habló sobre la posibilidad de usar otro tipo de frutas que fueran más representativas de México. Se consideró desarrollar un proyecto en el que se combinaran los elementos tecnológicos (capacitor, buzzer y electrodos) para generar instrumentos orgánicos complejos a modo de coro y ensamblar una pieza – de cámara – frutal en

diferentes espacios y poner en evidencia la **energía** producida por éstas y en ambientes poéticos a partir de esculturas orgánicas sonoras.

De esta manera, en un inicio, se armaron circuitos con guayabas y con chiles cuaresmeños y se midió con voltímetro la diferencia de potencial que se generaba en estos circuitos. Sin embargo, la idea era mostrar dicha diferencia de potencial de manera clara y sencilla para cualquiera, por lo que se pensó en transformar la energía eléctrica en sonido utilizando un buzzer.

En un principio, a pesar de que la diferencia de potencial era suficiente, no se obtenía sonido debido a que la corriente generada era muy pequeña. Por eso surgió la idea de agregar un capacitor para acumular energía y de esa manera se obtuvo un circuito sonoro resonante cuya frecuencia dependía del valor del capacitor.

Posteriormente, para poder obtener timbres sonoros variantes se probó agregar potenciómetros y fotoresistencia, lográndose obtener una pieza orgánico - sonora- interactiva. De esta manera, el circuito al conectarse suena intermitentemente a una frecuencia fija que depende del capacitor y un tono constante que depende de la conjunción de la resistencia del circuito y el capacitor. Sin embargo, si una persona llega y juega con los potenciómetros y los mueve, el sonido generado cambia. Lo mismo ocurre si la misma persona tapa o genera una sombra sobre las fotorresistencias. Así que obtenemos una pieza con la cual se puede interactuar sonoramente y cuya energía proviene de una fruta.

- **DESARROLLO**

La fuente con guayaba se armó colocando dos electrodos, uno de cobre para el cátodo y otro de zinc para el ánodo, en una guayaba (ver Figura 1).



Figura 1

La diferencia de potencial obtenida por cada guayaba es de aproximadamente 0.98 [V]. Para el circuito se armó una fuente con tres guayabas, cada una con su par de electrodos, conectadas en

serie. La diferencia de potencial máxima obtenida por este conjunto de tres guayabas en serie fue de 3.237 [V] con guayabas ni muy maduras, ni muy verdes. Se observó un incremento en la diferencia de potencial hasta 1.1 [V] cuando la guayaba se encontraba muy madura.

Con un puente de impedancias se hicieron mediciones con una, dos y tres guayabas en serie y con una guayaba muy madura. Los valores de impedancia obtenidos se muestran en la tabla siguiente:

	<b>Auto</b>	<b>Cp/Lp</b>	<b>Cs/Ls</b>	<b>Z</b>
1 guayaba	2.590 [KΩ]	12.47 [nF]	315.9 [nF]	2.530 [KΩ]
2 guayabas	4.151 [KΩ]	6.80 [nF]	223.0 [nF]	4.080 [KΩ]
3 guayabas	4.620 [KΩ]	5.50 [nF]	218.2 [nF]	4.564 [KΩ]
guayaba madura	0.486 [KΩ]	18.70 [nF]	5.74 [μF]	485 [Ω]

En un principio se probó conectar al buzzer en paralelo con el conjunto de guayabas. Sin embargo, y a pesar de tener más de 3 [V], la corriente que circulaba por el circuito era muy baja y no era suficiente para energizar al buzzer. De manera que se probó conectar un capacitor en paralelo con las guayabas para cargar el capacitor y durante el ciclo de descarga ver si se obtenía una corriente suficiente para que el buzzer produjera sonido, lo cual se logró.

Con el puente de impedancias se caracterizaron dos de los buzzers que se utilizaron y se obtuvo la tabla siguiente:

	<b>Auto</b>	<b>Cp/Lp</b>	<b>Cs/Ls</b>	<b>Z</b>
• Bocina 1	3.30 [KΩ]	19.00 [nF]	138 [nF]	3.1 [KΩ]
• Bocina 2	6.20 [KΩ]	6.8 [H]	147 [mH]	6.1 [KΩ]

También se caracterizó al circuito con las guayabas (como se ve en la Figura 2) y se obtuvieron los siguientes resultados:

	<b>Auto</b>	<b>Cp/Lp</b>	<b>Cs/Ls</b>	<b>Z</b>
• Circuito	6.90 [KΩ]	0.55 [nF]	1250 [nF]	6.9 [KΩ]

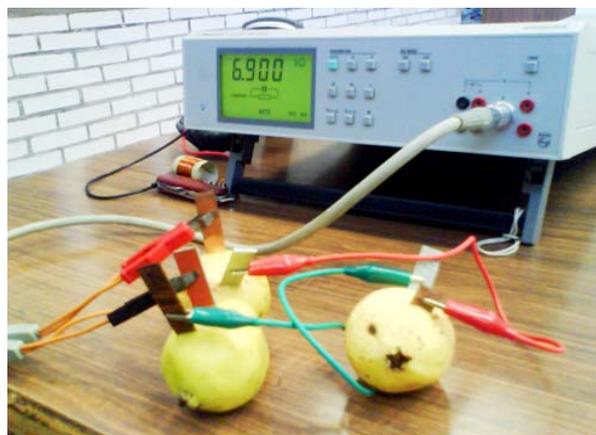


Figura 2

El circuito que se armó en esta etapa es el que se muestra en el diagrama siguiente que corresponde a la Figura 3 y Figura 4:

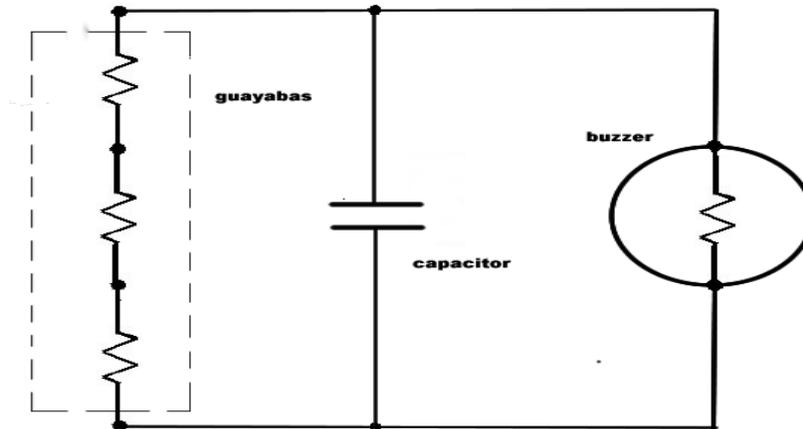


Figura 3

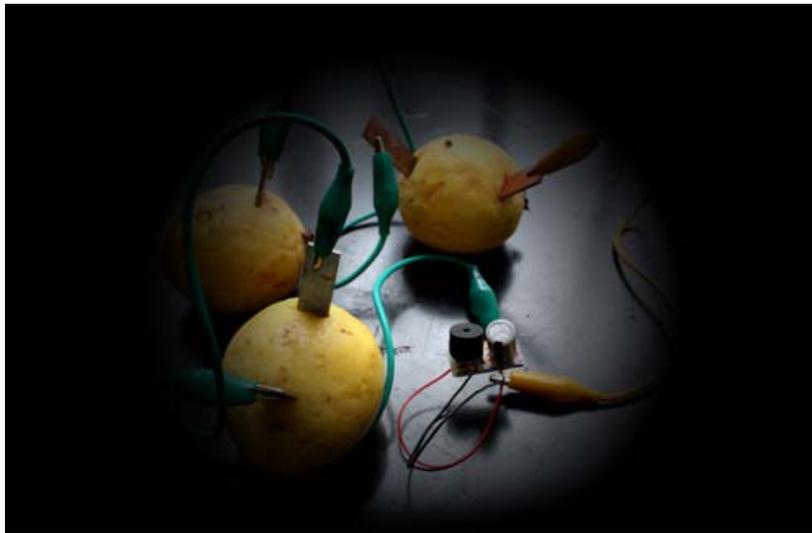


Figura 4

Así que se obtuvo un circuito sonoro oscilante cuyo sonido se escucha durante el período de descarga del capacitor. Durante el periodo de carga del capacitor se escucha un silencio y conforme se acerca al punto de carga máxima se empieza a escuchar un leve sonido que llega a un máximo al inicio del ciclo de descarga del capacitor. Conforme se descarga el sonido se reduce y llega a un silencio. El efecto continuo semeja un pjar.

Se hicieron diferentes pruebas con capacitores partiendo desde 1 [ $\mu\text{F}$ ] hasta 100 [ $\mu\text{F}$ ]. La variación, como era de esperarse, dependió del valor del capacitor. Entre mayor era el capacitor,

mayor la duración del sonido y el efecto resultante era de un sonido más largo y más lento. Con un capacitor de menor tamaño se tenía como efecto resultante un sonido más corto y más rápido.

Para poder obtener variaciones en el tono del sonido, no solo en su rapidez y duración se probó primero con potenciómetros. El potenciómetro se colocó en serie con el buzzer y se obtuvieron las variaciones deseadas según se moviera el potenciómetro. El diagrama del circuito queda como se muestra en la Figura 5:

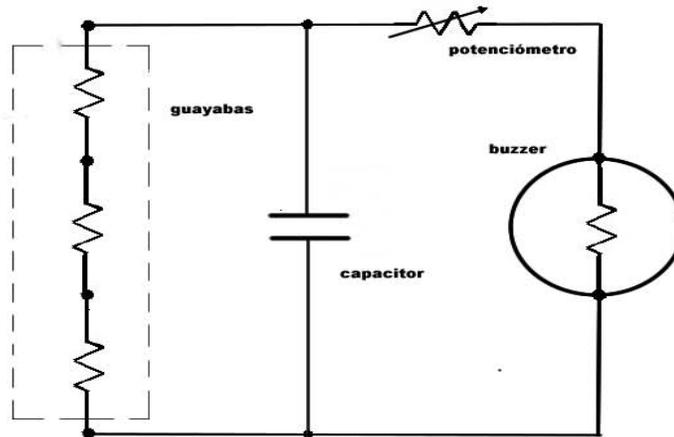


Figura 5

También se hizo el arreglo de sustituir los potenciómetros por fotorresistencias en la misma posición. De esta manera se obtiene un circuito que resuena, pero que al variar la cantidad de luz que reciben las fotorresistencias varía el tono y la duración del sonido que se produce.

- CONCLUSIONES O PROPUESTAS

Con este simple circuito de pocos elementos simples obtenemos una pieza muy llamativa. Se logra el propósito de hacer visible o notoria la energía contenida en las guayabas y se permite interactuar con el efecto resultante de esta energía.

Entre los aspectos que pueden destacarse y que no se concluyó con la experimentación es el efecto de maduración de la fruta. Hasta donde se observó, conforme la fruta madura genera una diferencia de potencial ligeramente mayor, que está relacionada con una disminución de la impedancia de la fruta y que tiene como efecto un incremento en la corriente circulante, lo cual afecta el funcionamiento del circuito. Puede observarse que el circuito puede funcionar con una sola guayaba, y que en ocasiones el efecto oscilante del sonido desaparece para ser sustituido por un sonido continuo de un tono menos agudo que con guayabas más verdes.

Desde el punto de vista educativo, la pieza permite comprobar que el tiempo de carga y descarga de un circuito RC es directamente proporcional al valor de la resistencia y la capacitancia. Conforme se varíe uno u otro se obtienen efectos directamente proporcionales y fáciles de apreciar. Para un alumno es muy interesante ver como la variación sólo de la capacitancia tiene un efecto directo sobre el sonido y lo mismo al variar la resistencia total del circuito.

Interdisciplinariamente es una gran forma de integrar elementos tecnológicos y artísticos y concientizar sobre la existencia de la energía en sus diversas formas y en diversos elementos como son las frutas.

- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DeWeerd, Sarah, 2009, Green Energy Branches Out, *The University of Washington Alumni Magazine* (en línea), Columns Magazine December 2009, <<http://www.washington.edu/alumni/columns/dec09/findings-green.html>>, consulta: 24 de octubre de 2010.

Serway, Raymond A. y Jewett, John W., *Física para ciencias e ingeniería*, Vol. 2, México, CENGAGE Learning, 7a ed., 2005, p. 788-794.

Tompkins, Peter y Bird, Christopher, *Secret life of plants*, New York, Harper Collins, 2000, 416pp.

Wookbank Communications Ltd., 2005, Battery and Cell Chemistries. Battery primer, *Electropaedia* (en línea), <<http://www.mpoweruk.com/chemistries.htm>>, consulta: 6 de junio de 2011.

- PIES DE FIGURA

- Figura 1. Fotografía de las guayabas con los electrodos conectados.
- Figura 2. Fotografía del circuito conectado al puente de impedancias durante las mediciones efectuadas.
- Figura 3. Diagrama eléctrico del circuito mostrando la fuente formada por las tres guayabas representadas como resistencias, el capacitor conectado en paralelo con la fuente de guayabas y el buzzer como una resistencia dentro de un círculo conectado en paralelo al capacitor.
- Figura 4. Fotografía del circuito sonando durante las pruebas.

- Figura 5. Diagrama eléctrico del circuito mostrando la fuente formada por las tres guayabas representadas como resistencias, el capacitor en paralelo con la fuente de guayabas, el potenciómetro como una resistencia variable conectada en serie con el buzzer como una resistencia dentro de un círculo y ambos conectados en paralelo al capacitor.