

Prototipo de instrumento para la clasificación de la gota de lluvia por tamaño*

Prototype instrument for the classification of the raindrop by size

Juan David Arias G** , José Alejandro Bonilla M*** , Juan Miguel González S****, Laura Vanessa Luna H***** , Tatiana Pérez G*****

*Proyecto de Aula, IV semestre. Prototipo de instrumento para la clasificación de la gota de lluvia por tamaño. Universidad La Gran Colombia - Armenia.

**Estudiante del programa de Ingeniería Electrónica V Semestre, juandariasgomez@gmail.com, Universidad del Quindío.

***Estudiante del programa Ingeniería Geográfica y Ambiental IX Semestre, bonillamonjose@miugca.edu.co.

****Estudiante del programa Ingeniería Geográfica y Ambiental IX Semestre, gonzalezsanjuan@miugca.edu.co.

*****Estudiante del programa Ingeniería Geográfica y Ambiental IX Semestre, lunaherlaura@miugca.edu.co.

*****Docente tutora Tatiana Pérez Gosteva Ingeniera Electrónica, Mcs.

Resumen

Este artículo busca propiciar fundamentos de análisis de la precipitación, específicamente en su estado líquido a través de sus gotas, con el fin de formular una idea para estimar la energía potencial acumulada a través de las fórmulas o sea brindar una perspectiva teórico-práctica para el aprovechamiento de las condiciones climáticas contextualizadas al departamento del Quindío que beneficien los sectores rurales. Mediante la articulación de fórmulas físicas (diámetro, volumen, masa, energía potencial, energía cinética) puede estimarse la energía potencial que se genera y cuál es el total liberado al final, en el momento del impacto con la superficie. Esta constancia permite determinar una cantidad de energía liberada en función del tiempo (intensidad de lluvia).

A través de la plataforma Arduino se genera un instrumento que permite la recepción de dicha información del tamaño de cada gota, lo identifica y luego lo representa en unos bombillos con 3 colores diferentes, mostrando el rango en el que se encuentra cada gota.

Palabras clave: Energía, gota, precipitación, prototipo.

Correspondencia de autor:
lgarciaalzluz@miugca.edu.co

© 2021 Universidad La Gran Colombia. Este es un artículo de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution License, que permite el uso ilimitado, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que el autor original y la fuente se acrediten.

Cómo citar:

Arias, J.D., Bonilla, J.A., González, J.M., Luna, L.V, Pérez, T. (2021) Prototipo de instrumento para la clasificación de la gota de lluvia por tamaño. *UGCiencia* 27, 17-23.



Abstract

This project seeks to promote the fundamentals of analysis of precipitation specifically in its liquid state through its drops, in order to formulate an idea to estimate the potential energy accumulated through the formulas, that is, to provide a theoretical-practical perspective for the use of the contextualized climatic conditions to the department of Quindío that benefit the rural sectors. Through the articulation of physical formulas (Diameter, Volume, mass, Potential energy, kinetic energy) the potential energy that is generated and what the total released at the end, at the moment of impact with the surface, where it can be estimated. This constancy allows to determine an amount of energy released as a function of time (rainfall intensity). Through the ARDUINO platform, an instrument is generated that allows the reception of information about the size of each drop, identifies it and then represents it in light bulbs with 3 different colors, showing the range in which each drop is found.

Key words: Drop, energy, prototype, rain, prototype.

Introducción

Colombia es un país con un régimen bimodal de lluvias (IDEAM, 2014) con picos en los meses de mayo y octubre, lo cual le condiciona un potencial energético materia de precipitaciones de origen líquido que actualmente no se aprovecha para ningún uso, incluso genera diferentes afectaciones, partiendo de allí, se propone conocer qué cantidad de energía se ejerce sobre una superficie, teniendo en cuenta

el valor del tamaño de las gotas de lluvia, además de diseñar un prototipo que permita clasificar cualitativamente las gotas de lluvia con base en rangos establecidos.

Perspectiva teórica

Una de las problemáticas que se enfrenta a nivel mundial es la obtención de energía a partir de una fuente renovable, porque como bien se sabe, el aprovechamiento de la misma desde recursos no renovables no es rentable ni a mediano ni largo plazo; es por esta razón que surge la necesidad de buscar soluciones para abordar la crisis energética y contaminación ambiental. La producción de varios productos está explotando grandes cantidades de agua y energía, lo que puede conducir a la escasez local de recursos hídricos y energéticos (Rijsberman, 2006, et al.). Una de las iniciativas ha sido la realización de un tipo de película lluvia convertidor de energía de polímero conductor (CP),

híbridos PtCo incluyendo polipirrol (PPy), PtCo, polianilina (PANi), PtCo y poli (3,4-etilendioxitiofeno) (PEDOT), PtCo para producir electricidad en una atmósfera lluviosa; el híbrido CP/PtCo optimizado genera una corriente máxima de 2.06 μA /gota y un potencial eléctrico de 97.43 μV /gota, respectivamente. La función que cumplen estos convertidores es aumentar los valores de señal y elevar la producción de electricidad al enriquecer los electrones de la superficie de la película, de manera que se produzca electricidad principalmente en áreas con grandes cantidades de lluvia y a su vez tengan insuficientes recursos de energía solar.

Contexto climático: La precipitación es la cantidad de agua que cae a la superficie terrestre proveniente de la humedad atmosférica. (Batista, 2016). Los 3 factores atmosféricos que influyen en la dinámica

de las gotas en el aire son temperatura, humedad relativa ambiente (HR) y velocidad del viento.

Teniendo en cuenta, los tipos de precipitación en similitud al Observatorio Ambiental de Bogotá, según su origen: sólido, líquido, nieve, lluvia, granzo, llovizna y brisa, se trabaja el proyecto con base en la precipitación de origen líquido. Para tener claridad de conceptos, se realiza una clasificación según el tamaño de la gota:

- Llovizna: 0.1 y 0.5 mm
- Lluvia: 0.5 < 5 mm

Entendimiento del fenómeno (visión climática y física)

Mediante la articulación de fórmulas físicas (diámetro, volumen, masa, energía potencial, energía cinética) puede estimarse teóricamente la energía potencial que se genera y cuál es el total liberado al final, en el momento del impacto con la superficie. Esta constancia, permite determinar una cantidad de energía liberada en función del tiempo (intensidad de lluvia).

Metodología

En primera instancia, se recopiló información de segundo grado, para entender el comportamiento del fenómeno, dentro de lo cual se encontró a Luengas y Parra (2015) quienes generaron un diseño a través del cual es posible entender el fenómeno hidrometeorológico. En el mismo tema, se encontró, a manera de contexto y con mirada hacia futuras acciones, el desarrollo de materiales piezoeléctricos que están en investigación con el fin de generar herramientas o métodos para “cosechar” la energía que viene por la caída de la gota de lluvia (Bayramol, V; et al. 2011) lo cual es fundamental por el principio de realidad que busca manejar el proyecto. Seguido de esto se aplicaron las fórmulas para cálculos de diámetro, volumen, masa y energía y teniendo en cuenta la gota como una superficie semiesférica. Posteriormente, se procedió con el desarrollo del prototipo para la clasificación de la gota de lluvia por tamaño mediante la estimación de rangos, haciendo uso de la electrónica y la programación.

Leyes y conceptos

Energía cinética
$$E_c = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

Densidad
$$\rho = \frac{m}{V}$$

Energía potencial

$$E_p = m \cdot g \cdot h$$

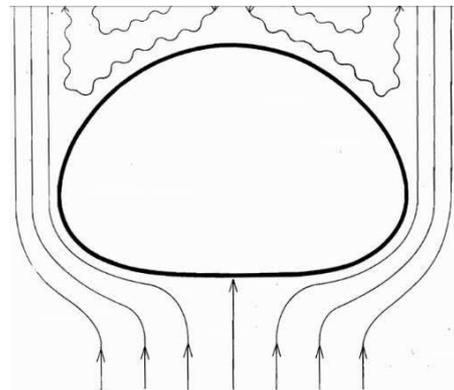
Volumen semiesfera

$$V = \frac{2}{3} \pi \cdot r^3$$

Con base en el modelo de McDonald (1954), de las fuerzas aplicadas sobre la gota originalmente esférica, se calculó el volumen de la gota con base en su diámetro aplicando la fórmula de volumen para la semiesfera.

Así pues, este resultado fue articulado con la fórmula de densidad mediante el despeje para hallar la masa. Teóricamente la masa calculada debe ser equivalente a la masa que muestra la galga.

Imagen 1. Fuerzas aplicadas sobre el objeto



Fuente: McDonald, J (1954).

Sobre este tema, Jameson y Kostinsky (2001) mencionan que para entender las fuerzas que se ejercen sobre la gota, es necesario entender la relación de tamaño de gota - caída, puesto que a medida que aumenta la distancia de muestreo (volumen), el diámetro la distribución sigue cambiando.

Adicionalmente, para el cálculo de la energía liberada se hizo la estimación con la velocidad de caída para la lluvia fuerte (Universidad de Piura, s.f).

Imagen 2 . Características de las formas de lluvia.

Intensidad	(mm/h)	Observaciones
Ligera	< 2.5	Las gotas se pueden identificar fácilmente unas de otras. Cuando existe una superficie expuesta seca, ésta tarda más de dos minutos en mojarse completamente.
Moderada	2.5-7.5	No se pueden identificar gotas individuales, se forman charcos con gran rapidez. Las salpicaduras de la precipitación se observan hasta cierta altura del suelo.
Fuerte	> 7.5	La visibilidad es escasa y las gotas que salpican sobre la superficie se levantan varios centímetros.

Fuente: Universidad de Piura (s.f)

Imagen 3. Medidas de las distintas gotas de agua



Fuente: los autores.

Resultados

Tomando como referencia una gota de 5 mm de diámetro:

V Semiesfera:

$$\frac{2}{3} * \pi * (2.5\text{mm})^3 = 32.72\text{mm}^3 = 0.03272\text{cm}^3$$

Despejando de densidad se tiene que la masa es:

$$P = mv$$

$m = P * V =$ La densidad del agua es igual a 1g/cm³

$$m = 1\text{g/cm}^3 * 0.03272\text{cm}^3$$

$$m = 0.32 \text{ g}$$

Ahora bien, con la masa estimada se pudo calcular la energía liberada:

Energía cinética:

$$\frac{1}{2} [(0.32\text{g}) * \frac{1\text{KG}}{1000\text{g}}] * [\frac{7.5\text{mm}}{\text{h}} * \frac{1\text{h}}{3600\text{s}} * \frac{1\text{m}}{1000\text{mm}}]^2$$

$$\text{Energía Cinética: } 6.94 * 10^{(-16)} \text{ J}$$

Luego, teniendo en cuenta que:

$$1\text{L} = 1000 \text{ cm}^3$$

Se conoce el $V = 0.32 \text{ cm}^3$

Desde un contexto teórico, si todas las gotas fueran del mismo tamaño (5 mm), entonces habría en 1 L un total de 3125 gotas. Esto multiplicado por la cantidad de energía que se produce en cada gota, se tendría que en un litro de agua lluvia se podría producir hasta:

$$6.94 * 10^{(-16)} \text{ J} * 3125 = 0.000001031 \text{ J}$$

Ahora bien, uno de los objetivos propuestos a parte del entendimiento del fenómeno, era el diseño de un prototipo que permitiera identificar los patrones en medio de la precipitación a través de las fórmulas mencionadas de clasificación y los expresara de manera cualitativa. Para esto se recurrió al uso del software y hardware Arduino, el cual funciona como una plataforma de creación electrónica de código abierto con base en el software libre que permite la creación de distintos microordenadores desde una sola placa con la que se le pueden dar diferentes usos, o sea que se pueden crear placas propias a partir de este hardware libre. Los microcontroladores ofrecidos en este proceso permite grabar instrucciones a través del lenguaje de programación interno de IDE (Entorno de Desarrollo Integrado) y a su vez cuenta con una interfaz

de salida que se encarga de llevar la información traducida hacia otros periféricos. En este caso, específicamente, se desarrolló un código que permite la recepción de información cualitativa de las gotas. Esto se logró a partir del funcionamiento de una balanza digital, la cual se conectó y a través del Arduino recibir la señal como se muestra en la siguiente imagen.

Imagen 4. Placa de Arduino mostrando la recepción de la información a partir del código fuente



Fuente: autores.

La recepción de la información de carácter digital se logró a través del siguiente código que se muestra en la imagen 5. Este permite la “tara” en los valores de la balanza.

Imagen 5. Código para “tara” de la balanza

```

celda_de_carga_calibracion; Bloc de notas
Archivo Edición Formato Ver Ayuda
#include <HX711.h>

#define DOUT A1
#define CLK A0

HX711 balanza(DOUT, CLK);

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  Serial.print("Lectura del valor del ADC: ");
  Serial.println(balanza.read());
  Serial.println("No ponga ningún objeto sobre la balanza");
  Serial.println("Destarando...");
  balanza.set_scale(); //La escala por defecto es 1
  balanza.tare(20); //El peso actual es considerado Tara.
  Serial.println("Coloque un peso conocido:");
}

void loop()
{
  Serial.print("Valor de lectura: ");
  Serial.println(balanza.get_value(10),0);
  delay(100);
}

```

Fuente: autores.

Ahora bien, posterior a la calibración del instrumento receptor, se procedió a la confirmación de la recepción de la información y a la salida de la misma, la cual se expresó a través de salidas en tipos de colores de luces LED, en el mismo Arduino, como se nota en las imágenes 6 y 7.

Imagen 6. Parte 1 del código de representación análoga: luces.

```

celda_de_carga_peso_en_gramos; Bloc de notas
Archivo Edición Formato Ver Ayuda
#include <HX711.h>
#define DOUT A1
#define CLK A0

int led=3, ledd=4, leddd=5;

HX711 balanza(DOUT, CLK);

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  Serial.print("Lectura del valor del ADC: ");
  Serial.println(balanza.read());
  Serial.println("No ponga ningún objeto sobre la balanza");
  Serial.println("Destarando...");
  Serial.println("...");
  balanza.set_scale(5858.777381); // Establecemos la escala
  balanza.tare(20); //El peso actual es considerado Tara.
  Serial.println("Listo para pesar");
  pinMode(led, OUTPUT);
  pinMode(ledd, OUTPUT);
  pinMode(leddd, OUTPUT);
}

```

Fuente: autores.

Imagen 7. Parte 2 del código de representación análoga: luces

```

void loop()
{
  float peso;
  Serial.print("Peso: ");
  Serial.print(balanza.get_units(20),4);
  Serial.println(" g");
  peso=balanza.get_units(20);

  if(peso<0)
  digitalWrite(led,LOW);
  else if(peso>0&&peso<=50)/*gota pequeña*/
  {
  digitalWrite(led,HIGH);
  digitalWrite(ledd,LOW);
  digitalWrite(leddd,LOW);
  }
  else if(peso>50&&peso<120)/*gota mediana*/
  {
  digitalWrite(led,LOW);
  digitalWrite(ledd,HIGH);
  digitalWrite(leddd,LOW);
  }
  else if(peso>120)/*gota grande*/
  {
  digitalWrite(led,LOW);
  digitalWrite(ledd,LOW);
  digitalWrite(leddd,HIGH);
  }
}

```

Fuente: autores.

Discusión de resultados

El fenómeno de precipitación además de ser un objeto de estudio y estimaciones, también, resultó ser

un medio de obtención y aprovechamiento de energía. La plataforma Arduino pudo cambiar la salida de colores (dependiendo del código fuente), sin embargo, cabe resaltar que la parte más importante del instrumento se encontró en la balanza digital, que al aumentar el número de dígitos medidos puede de la misma forma aumentar los rangos en los que se recibe la información.

Con esta investigación se plantearon las bases para continuar con el diseño de un prototipo que permita no solo la recepción de información, sino la energía en sí. Este tipo de proyecto beneficia a poblaciones lejanas que no logran acceder a energía fácilmente.

Conclusiones

Se logra cumplir el objetivo, en el cual se busca la obtención de instrumento para estimar los rangos de clasificación de la lluvia, esto con el fin de asentar las bases para trabajos que busquen estimar a fondo el cálculo de la energía acumulada en la precipitación, además del aprovechamiento de la misma.

Referencias bibliográficas

A. R. Jameson ; A. B. Kostinski What is a Raindrop Size Distribution. (2001). Michigan. American Meteorological Society. Recuperado de [http://journals.ametsoc.org/doi/pdf/10.1175/1520-0477\(2001\)082%3C1169%3AWIARSD%3E2.3.CO%3B2](http://journals.ametsoc.org/doi/pdf/10.1175/1520-0477(2001)082%3C1169%3AWIARSD%3E2.3.CO%3B2)

Batista Morales, M., 2016. “Morfología Dada Por Las Corrientes De Agua”.

Bossa, B; Villermaux, E. (2009) Single-drop fragmentation determines size-distribution of raindrops. *Nature Physics*. pp. 697-702.

Bayramol, V; Hadimani, R; Shah, T; & Siores, E. (2011). An investigation of energy harvesting from renewable sources with PVDF and PZT. *Smart Materials and Structures*. Vol 20. PP 19 - 25.

DOUGLAS, J. (1959). “The shape of raindrops”. Illinois: *Journal Of Meteorology*.

Guzmán D.; Ruíz, J. F.; Cadena M, 2014. Regionalización de Colombia según la estacionalidad de la precipitación media mensual, a través análisis de componentes principales. IDEAM.

Jameson, A. and Kostinski, A., (2001). “What Is A Raindrop Size Distribution. Virginia: Department of Physics, Michigan Technological University.

J.S. Marshall; W.McK.Palmer(1948)The Distributions of Raindrops with size.McGill University, Montreal.pp.165-166.

López Rodríguez, f. (2017). Efecto de las condiciones meteorológicas, el uso de adyuvantes y el tamaño de gota en la eficacia de fitosanitarios. Paysandú. Recuperado de :<http://efecto de las condiciones meteorológicas, el uso de adyuvantes y el tamaño de gota en la eficacia de fitosanitarios>. Recuperado de <https://www.colibri.udelar.edu.uy/bitstream/123456789/1870/1/0093lop.pdf>

Luengas, J & Parra, F.(2015). “Diseño Y Construcción De Un Simulador De Lluvia Para Estudios Hidrológicos”. BOGOTÁ.Universidad Distrital Francisco José de Caldas Facultad de medio ambiente y Recursos Naturales.

McDonald, J. The Shape of Raindrops. (1954) Department of Physic. Princeton University. Recuperado de: http://puhep1.princeton.edu/~mcdonald/JEMcDonald/mcdonald_sa_190_2_64_54.pdf

Observatorio Ambiental de Bogotá. (S.F) Precipitación Anual - PA. Recuperado de <http://oab2.ambientebogota.gov.co/es/indicadores?id=156&v=1>

Sanchez, I. and Jasso, R., n.d. “Uso De Lluvia Artificial Para Parametrizar Modelos De Procesos Hidrológicos”. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.Capítulo IV.

Suárez, J., Romo, L, y Vélez, J.Relación de eventos de lluvia con indicadores ambientales: indicador A25. Caso de estudio Manizales Caldas – Colombia. (2017). Manizales Caldas.Recuperado de <http://geama.org/jia2017/wp-content/uploads/po-nencias/posters/val.pdf>.

Universidad de Piura (S.F) Precipitación. Perú. Recuperado de http://www.biblioteca.udep.edu.pe/bvirdup/tesis/pdf/1_136_147_89_1257.pdf.