

**UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**



TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
ELECTRÓNICO

---

**SISTEMA ELECTROMECAÁNICO FORMADO POR UNA  
BALDOSA Y GENERADOR ELÉCTRICO TIPO DÍNAMO  
PARA LA CONVERSIÓN DE ENERGÍA POTENCIAL  
GENERADA AL CAMINAR EN ENERGÍA ELÉCTRICA**

---

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: ENERGÍAS RENOVABLES

Autores:

Br. Irwin Gadiel Zavaleta Castro  
Br. Anibal Steifan Cunia Chavez

Asesor:

Ing. Saúl Noé Linares Vertiz

Trujillo- Perú  
2020



**UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**



TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
ELECTRÓNICO

---

**SISTEMA ELECTROMECAÁNICO FORMADO POR UNA  
BALDOSA Y GENERADOR ELÉCTRICO TIPO DÍNAMO  
PARA LA CONVERSIÓN DE ENERGÍA POTENCIAL  
GENERADA AL CAMINAR EN ENERGÍA ELÉCTRICA**

---

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: ENERGÍAS RENOVABLES

Autores:

Br. Irwin Gadiel Zavaleta Castro

Br. Anibal Steifan Cunia Chavez

Asesor:

Ing. Saúl Noé Linares Vertiz

Trujillo- Perú  
2020

## DEDICATORIA

A Dios, porque a pesar de los errores que cometo cada día, me brinda su perdón y bendición.

A mis padres, que, con su esfuerzo, sacrificio y ejemplo, son mi admiración y me impulsa a seguir mejorando como persona y profesional.

Irwin Gadiel Zavaleta Castro

A Dios, por su guía y cuidado en cada momento.

A mis padres, quienes con mucho esfuerzo dieron todo para llegar a ser quien soy, por su apoyo frente a adversidades y poder lograr estar donde ahora estoy, forjándome un futuro profesional

Steifan Cunia Chavez

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, por habernos dado energía y entusiasmo de poder llegar a nuestros planes de vida, plasmar nuestras ideas y por darnos salud en su infinito amor.

A la Universidad Privada Antenor Orrego de Trujillo, por ser la base de nuestra formación profesional e influenciar como ser humano en su totalidad.

A todos nuestros docentes universitarios de Ingeniería Electrónica, por brindarnos conocimientos y motivar la inquietud para seguir profundizando en nuestros intereses profesionales.

Los Autores

A mi Dios que me brinda vida y salud para salir adelante, y que con su diestra me cobija inmerecidamente.

A mis padres que con amor incondicional estuvieron a mi lado y me enseñaron a buscar triunfos en cada etapa de mi vida.

A profesores y compañeros, con los cuales tuve años de aprendizaje, desvelos, experiencias, alegrías y satisfacciones, Todos ellos que contribuyeron en mi formación.

Irwin Zavaleta Castro

A Dios por ser quien me sostiene para poder continuar en todo aspecto de mi vida, siendo mi roca y refugio en todo momento

A mis padres por haberme brindado lo mejor de ellos, su paciencia y haberme dado el mejor regalo de la educación. Por sus consejos, enseñanzas y apoyo que no son fáciles de olvidar en el camino de una vida.

Steifan Cunia Chavez

## **Resumen**

El presente trabajo de investigación tiene como propósito explicar el comportamiento de un sistema electromecánico formado por una baldosa y generador eléctrico tipo dínamo para convertir energía potencial que se genera al caminar en energía eléctrica. Lamentablemente no se tiene información sobre el comportamiento eléctrico de este tipo de sistema.

El presente trabajo replica un modelo de tecnología con el cual podremos conocer los niveles de voltaje, corriente y energía eléctrica que este sistema puede generar y la distribución de cada generador eléctrico.

## **Abstract**

The purpose of this research work is to explain the behavior of an electromechanical system formed by a tile and a dynamo-type electric generator to convert potential energy generated by walking into electric energy. Unfortunately, there is no information on the electrical behavior of this type of system.

The present work replicates a technology model with which we will be able to know the levels of voltage, current and electrical energy that this system can generate and the distribution of each electrical generator.

## **PRESENTACIÓN**

### **SEÑORES MIEMBROS DEL JURADO:**

De conformidad con las disposiciones legales vigentes en el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada Antenor Orrego, tenemos a bien presentar a su consideración la TESIS titulada: "SISTEMA ELECTROMECAÁNICO FORMADO POR UNA BALDOSA Y GENERADOR ELÉCTRICO TIPO DÍNAMO PARA LA CONVERSIÓN DE ENERGÍA POTENCIAL GENERADA AL CAMINAR EN ENERGÍA ELÉCTRICA" , es propicia la oportunidad para expresar nuestro agradecimiento a los señores profesores de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica.

Este trabajo está basado en los conocimientos adquiridos en las aulas de nuestra prestigiosa Universidad, a través del análisis e investigación y las consultas bibliográficas correspondientes a la materia.

Trujillo, diciembre del 2020

## ÍNDICE

<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	2
<b>1.1. Problema de investigación</b> .....	2
1.1.1. Realidad Problemática .....	2
1.1.2. Enunciado del Problema .....	4
1.1.3. Justificación de estudio .....	4
<b>1.2. Objetivos</b> .....	4
1.2.1. Objetivo General.....	4
1.2.2. Objetivos Específicos .....	5
<b>II. MARCO DE REFERENCIA</b> .....	7
<b>2.1. Antecedentes del estudio</b> .....	7
• Primer Antecedente .....	7
• Segundo Antecedente.....	7
• Tercer Antecedente.....	8
<b>2.2. Marco teórico</b> .....	8
<b>2.3. Marco Conceptual</b> .....	12
<b>2.4. Sistema de Hipótesis</b> .....	12
2.4.1. Hipótesis.....	12
2.4.2. Variables e Indicadores .....	12
<b>III. METODOLOGÍA EMPLEADA</b> .....	15
<b>3.1. Tipo y nivel de investigación</b> .....	15
3.1.1. Tipo de Investigación .....	15
3.1.2. Nivel de Investigación.....	15
3.1.3. Línea de Investigación .....	15
<b>3.2. Población y muestra de estudio</b> .....	15
3.2.1. Población.....	15
3.2.2. Muestra .....	15
<b>3.3. Técnicas e instrumentos de investigación</b> .....	15
3.3.1. Técnicas.....	15
3.3.2. Instrumentos.....	15
3.3.1. Procedimiento .....	16
<b>3.4. Procesamiento y análisis de datos</b> .....	42
3.4.1. Cuantificación de los niveles de voltaje, corriente y energía en el circuito inicial .....	42

3.4.1.1. Análisis de las señales en la resistencia y condensador aplicando 1 pulsación en el generador .....	42
3.4.1.2. Análisis de las señales en la resistencia y condensador aplicando 3 pulsaciones en el generador .....	48
3.4.1.3. Análisis de las señales en la resistencia y condensador aplicando 5 pulsaciones en el generador .....	53
3.4.2. Cuantificación de los niveles de voltaje, corriente y energía en el circuito final .....	59
3.4.2.1. Análisis de las señales en la resistencia y condensador aplicando 1 pulsación en el generador .....	59
3.4.2.2. Análisis de las señales en la resistencia y condensador aplicando 3 pulsaciones en el generador .....	65
3.4.2.3. Análisis de las señales en la resistencia y condensador aplicando 5 pulsaciones en el generador .....	69
IV. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS .....	76
4.2. Análisis e interpretación de resultados.....	76
4.3. Docimasia de hipótesis.....	78
V. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS .....	80
VI. CONCLUSIONES.....	81
VII. RECOMENDACIONES .....	82
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	83

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Operacionalización de las variables independiente .....	13
Tabla 2: Operacionalización de la variable Dependiente.....	13
Tabla 3: Valores de voltaje para cada intervalo de tiempo.....	43
Tabla 4: Valores de voltaje y corriente para cada intervalo de tiempo .....	44
Tabla 5: Valores promedio de voltaje y corriente generado .....	46
Tabla 6: Cálculo de energía generada.....	47
Tabla 7: Valores de voltaje para cada intervalo de tiempo.....	49
Tabla 8: Valores de voltaje y corriente para cada intervalo de tiempo .....	50
Tabla 9: Valores promedio de voltaje y corriente generado .....	51
Tabla 10: Cálculo de energía generada.....	52
Tabla 11: Valores de voltaje para cada intervalo de tiempo.....	54
Tabla 12: Valores de voltaje y corriente para cada intervalo de tiempo .....	55
Tabla 13: Valores promedio de voltaje y corriente generado .....	57
Tabla 14: Cálculo de energía generada.....	58
Tabla 15: Valores de voltaje para cada intervalo de tiempo.....	61
Tabla 16: Valores de voltaje y corriente para cada intervalo de tiempo .....	62
Tabla 17: Valores promedio de voltaje y corriente generado.....	63
Tabla 18: Cálculo de energía generada.....	64
Tabla 19: Valores de voltaje para cada intervalo de tiempo.....	66
Tabla 20: Valores de voltaje y corriente para cada intervalo de tiempo.....	67
Tabla 21: Valores promedio de voltaje y corriente generado.....	68
Tabla 22: Cálculo de energía generada.....	69
Tabla 23: Valores de voltaje para cada intervalo de tiempo.....	70
Tabla 24: Valores de voltaje y corriente para cada intervalo de tiempo .....	71
Tabla 25: Valores promedio de voltaje y corriente generado.....	73
Tabla 26: Cálculo de energía generada.....	74
Tabla 27: Niveles de voltaje y corriente promedio para distintas pulsaciones en el generador. ....	77
Tabla 28: Energía eléctrica para distintas pulsaciones en el generador.....	78

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Grafica 1: Voltaje promedio en función de las pulsaciones en el generador .....	77
Grafica 2: Corriente promedio en función de las pulsaciones en el generador .....	78
Grafica 3: Energía en función de las pulsaciones en el generador .....	79

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Líneas de campo magnético.....	9
Figura 2: Funcionamiento de un Dínamo .....	11
Figura 3: Esquema de un Dínamo.....	11
Figura 4: Sistema de equilibrio de fuerzas en baldosa .....	16
Figura 5: Arduino UNO .....	17
Figura 6: Código empleado en Arduino UNO necesario para el funcionamiento del osciloscopio .....	18
Figura 7: Circuito de rectificación y filtrado de media onda .....	19
Figura 8: Generador conectado a circuito y Arduino .....	19
Figura 9: Interfaz del osciloscopio .....	20
Figura 10: Señal de voltaje en la resistencia aplicando 1 pulsación en el generador y utilizando el capacitor de 1uF en circuito inicial.....	21
Figura 11: Señal de voltaje en la resistencia aplicando 2 pulsaciones en el generador y utilizando el capacitor de 1uF en circuito inicial.....	22
Figura 12: Señal de voltaje en la resistencia aplicando 3 pulsaciones en el generador y utilizando el capacitor de 1uF en circuito inicial.....	22
Figura 13: Señal de voltaje en la resistencia aplicando 4 pulsaciones en el generador y utilizando el capacitor de 1uF en circuito inicial.....	22
Figura 14: Señal de voltaje en la resistencia aplicando 5 pulsaciones en el generador y utilizando el capacitor de 1uF en circuito inicial.....	23
Figura 15: Señal de voltaje en el capacitor de 1uF del circuito inicial y aplicando 1 pulsación en el generador.....	23
Figura 16: Señal de voltaje en el capacitor de 1uF del circuito inicial y aplicando 2 pulsaciones en el generador.....	23
Figura 17: Señal de voltaje en el capacitor de 1uF del circuito inicial y aplicando 3 pulsaciones en el generador.....	24
Figura 18: Señal de voltaje en el capacitor de 1uF del circuito inicial y aplicando 4 pulsaciones en el generador.....	24

Figura 19: Señal de voltaje en el capacitor de 1uF del circuito inicial y aplicando 5 pulsaciones en el generador.....	24
Figura 20: Señal de voltaje en la resistencia aplicando 1 pulsación en el generador y utilizando el capacitor de 22uF en circuito inicial .....	25
Figura 21: Señal de voltaje en la resistencia aplicando 2 pulsaciones en el generador y utilizando el capacitor de 22uF en circuito inicial .....	25
Figura 22: Señal de voltaje en la resistencia aplicando 3 pulsaciones en el generador y utilizando el capacitor de 22uF en circuito inicial .....	26
Figura 23: Señal de voltaje en la resistencia aplicando 4 pulsaciones en el generador y utilizando el capacitor de 22uF en circuito inicial .....	26
Figura 24: Señal de voltaje en la resistencia aplicando 5 pulsaciones en el generador y utilizando el capacitor de 22uF en circuito inicial .....	26
Figura 25: Señal de voltaje en el capacitor de 22uF del circuito inicial y aplicando 1 pulsación en el generador.....	27
Figura 26: Señal de voltaje en el capacitor de 22uF del circuito inicial y aplicando 2 pulsaciones en el generador.....	27
Figura 27: Señal de voltaje en el capacitor de 22uF del circuito inicial y aplicando 3 pulsaciones en el generador.....	27
Figura 28: Señal de voltaje en el capacitor de 22uF del circuito inicial y aplicando 4 pulsaciones en el generador.....	28
Figura 29: Señal de voltaje en el capacitor de 22uF del circuito inicial y aplicando 5 pulsaciones en el generador.....	28
Figura 30: Señal de voltaje en la resistencia aplicando 1 pulsación en el generador y utilizando el capacitor de 100uF en circuito inicial .....	29
Figura 31: Señal de voltaje en la resistencia aplicando 2 pulsaciones en el generador y utilizando el capacitor de 100uF en circuito inicial.....	29
Figura 32: Señal de voltaje en la resistencia aplicando 3 pulsaciones en el generador y utilizando el capacitor de 100uF en circuito inicial .....	29
Figura 33: Señal de voltaje en la resistencia aplicando 4 pulsaciones en el generador y utilizando el capacitor de 100uF en circuito inicial .....	29
Figura 34: Señal de voltaje en la resistencia aplicando 5 pulsaciones en el generador y utilizando el capacitor de 100uF en circuito inicial .....	30
Figura 35: Señal de voltaje en el capacitor de 100uF del circuito inicial y aplicando 1 pulsación en el generador.....	30
Figura 36: Señal de voltaje en el capacitor de 100uF del circuito inicial y aplicando 2 pulsaciones en el generador.....	30

Figura 37: Señal de voltaje en el capacitor de 100uF del circuito inicial y aplicando 3 pulsaciones en el generador.....	30
Figura 38: Señal de voltaje en el capacitor de 100uF del circuito inicial y aplicando 4 pulsaciones en el generador.....	31
Figura 39: Señal de voltaje en el capacitor de 100uF del circuito inicial y aplicando 5 pulsaciones en el generador.....	31
Figura 40: Circuito de rectificación y filtrado de media onda agregando un multiplicador de tensión.....	32
Figura 41: Señal de voltaje en la resistencia aplicando 1 pulsación en el generador y utilizando el capacitor de 1uF en circuito final .....	33
Figura 42: Señal de voltaje en la resistencia aplicando 2 pulsaciones en el generador y utilizando el capacitor de 1uF en circuito final .....	33
Figura 43: Señal de voltaje en la resistencia aplicando 3 pulsaciones en el generador y utilizando el capacitor de 1uF en circuito final .....	33
Figura 44: Señal de voltaje en la resistencia aplicando 4 pulsaciones en el generador y utilizando el capacitor de 1uF en circuito final .....	34
Figura 45: Señal de voltaje en la resistencia aplicando 5 pulsaciones en el generador y utilizando el capacitor de 1uF en circuito final .....	34
Figura 46: Señal de voltaje en el capacitor de 1uF del circuito inicial y aplicando 1 pulsación en el generador.....	34
Figura 47: Señal de voltaje en el capacitor de 1uF del circuito inicial y aplicando 2 pulsaciones en el generador.....	35
Figura 48: Señal de voltaje en el capacitor de 1uF del circuito inicial y aplicando 3 pulsaciones en el generador.....	35
Figura 49: Señal de voltaje en el capacitor de 1uF del circuito inicial y aplicando 4 pulsaciones en el generador.....	35
Figura 50: Señal de voltaje en el capacitor de 1uF del circuito inicial y aplicando 5 pulsaciones en el generador.....	35
Figura 51: Señal de voltaje en la resistencia aplicando 1 pulsación en el generador y utilizando el capacitor de 22uF en circuito final .....	36
Figura 52: Señal de voltaje en la resistencia aplicando 2 pulsaciones en el generador y utilizando el capacitor de 22uF en circuito final .....	36
Figura 53: Señal de voltaje en la resistencia aplicando 3 pulsaciones en el generador y utilizando el capacitor de 22uF en circuito final .....	37
Figura 54: Señal de voltaje en la resistencia aplicando 4 pulsaciones en el generador y utilizando el capacitor de 22uF en circuito final .....	37

Figura 55: Señal de voltaje en la resistencia aplicando 5 pulsaciones en el generador y utilizando el capacitor de 22uF en circuito final.....	37
Figura 56: Señal de voltaje en el capacitor de 22uF del circuito final y aplicando 1 pulsación en el generador.....	37
Figura 57: Señal de voltaje en el capacitor de 22uF del circuito final y aplicando 2 pulsaciones en el generador.....	38
Figura 58: Señal de voltaje en el capacitor de 22uF del circuito final y aplicando 3 pulsaciones en el generador.....	38
Figura 59: Señal de voltaje en el capacitor de 22uF del circuito final y aplicando 4 pulsaciones en el generador.....	38
Figura 60: Señal de voltaje en el capacitor de 22uF del circuito final y aplicando 5 pulsaciones en el generador.....	38
Figura 61: Señal de voltaje en la resistencia aplicando 1 pulsación en el generador y utilizando el capacitor de 100uF en circuito final.....	39
Figura 62: Señal de voltaje en la resistencia aplicando 2 pulsaciones en el generador y utilizando el capacitor de 100uF en circuito final.....	39
Figura 63: Señal de voltaje en la resistencia aplicando 3 pulsaciones en el generador y utilizando el capacitor de 100uF en circuito final.....	40
Figura 64: Señal de voltaje en la resistencia aplicando 4 pulsaciones en el generador y utilizando el capacitor de 100uF en circuito final.....	40
Figura 65: Señal de voltaje en la resistencia aplicando 5 pulsaciones en el generador y utilizando el capacitor de 100uF en circuito final.....	40
Figura 66: Señal de voltaje en el capacitor de 100uF del circuito final y aplicando 1 pulsación en el generador.....	40
Figura 67: Señal de voltaje en el capacitor de 100uF del circuito final y aplicando 2 pulsaciones en el generador.....	41
Figura 68: Señal de voltaje en el capacitor de 100uF del circuito final y aplicando 3 pulsaciones en el generador.....	41
Figura 69: Señal de voltaje en el capacitor de 100uF del circuito final y aplicando 4 pulsaciones en el generador.....	41
Figura 70: Señal de voltaje en el capacitor de 100uF del circuito final y aplicando 5 pulsaciones en el generador.....	41
Figura 71: Señal de voltaje en la resistencia aplicando aproximación bajo la curva.....	42
Figura 72: Señal de voltaje en el capacitor aplicando aproximación bajo la curva.....	43
Figura 73: Señal de la corriente en la resistencia .....	45
Figura 74: Señal de voltaje en la resistencia aplicando aproximación bajo la curva.....	48

Figura 75: Señal de voltaje en el capacitor aplicando aproximación bajo la curva.....	48
Figura 76: Señal de la corriente en la resistencia .....	50
Figura 77: Señal de voltaje en la resistencia aplicando aproximación bajo la curva.....	53
Figura 78: Señal de voltaje en el capacitor aplicando aproximación bajo la curva.....	53
Figura 79: Señal de la corriente en la resistencia .....	56
Figura 80: Señal de voltaje en la resistencia aplicando aproximación bajo la curva.....	60
Figura 81: Señal de voltaje en el capacitor aplicando aproximación bajo la curva.....	60
Figura 82: Señal de la corriente en la resistencia .....	62
Figura 83: Señal de voltaje en la resistencia aplicando aproximación bajo la curva.....	65
Figura 84: Señal de voltaje en el capacitor aplicando aproximación bajo la curva.....	65
Figura 85: Señal de la corriente en la resistencia .....	67
Figura 86: Señal de voltaje en la resistencia aplicando aproximación bajo la curva.....	70
Figura 87: Señal de voltaje en el capacitor aplicando aproximación bajo la curva.....	70
Figura 88: Señal de la corriente en la resistencia .....	72
Figura 89: Circuito de rectificación y filtrado de media onda con multiplicador de tensión	76

# I. INTRODUCCIÓN

## **I. INTRODUCCIÓN**

### **1.1. Problema de investigación**

#### **1.1.1. Realidad Problemática**

La energía eléctrica tiene una gran importancia en el desarrollo del ser humano, permite el funcionamiento de un sinnúmero de artefactos del uso diario en casa, iluminación pública, sector industrial, entre otros. El hombre y la sociedad dependen de este importante recurso y la gran demanda que crece cada año a nivel mundial, los lleva a optar por energías renovables y limpias que no dañen el medio ambiente y al mismo tiempo la generación de esta no se vea limitada, como sucede con los combustibles fósiles y otro tipo de energía no renovable, que al mismo tiempo ocasionan daños al planeta, ya sea, de forma directa o indirecta.

La energía renovable como bien conocemos tiene la gran ventaja de aprovechar a la naturaleza, para que sea el factor principal de la obtención de energía eléctrica. Así es como nacen la energía hidráulica, eólica, solar, entre otras. Observando rápidamente los grandes beneficios que aporta hacia la economía y el medio ambiente. Esto no impide que se busquen nuevas formas de generación de energía con el fin de aprovechar el entorno de cada situación que se requiera.

Entre 2009 y 2040, la demanda final de electricidad pasará de 17,91% a 28,24%. Según el informe NUMES (Nueva Matriz Energética Sostenible y Evaluación Ambiental Estratégica), el incremento de la demanda de energía eléctrica será suministrado por centrales térmicas de gas natural y, en menor medida, por centrales hidroeléctricas. A diferencia del Plan Energético Nacional 2014-2025, que estima un porcentaje de energía renovable igual al 18%, en el total de la energía primaria, en el 2025, el informe NUMES estima que, en 2040, la aportación de la energía renovable de origen hidráulico y de las energías renovables no convencionales apenas superarán el

27% del total de la oferta bruta interna de energía primaria en Perú.  
(Ríos, 2016, p.26)

En vista a un futuro el cual la demanda energética crecerá cada vez más, surgen nuevas tecnologías que sean de ayuda ante este caso, como lo es el aprovechamiento de la energía potencial que se genera al caminar y convertirla en energía eléctrica para el uso de elementos de baja potencia como lo es la iluminación LED en espacios públicos. Por este motivo, se está iniciando su aplicación con el uso de sistemas electromecánicos formados por una baldosa y generador eléctrico tipo dínamo para la transformación de energía potencia en eléctrica, pero, no se tiene acceso a este conocimiento sobre cómo es su funcionamiento.

Existe la empresa llamada Pavegen la cual usa esta tecnología y describe su funcionamiento básico, que inicia en el momento que una persona ejerce presión en una de las baldosas por medio de la masa de su cuerpo, haciendo que operen sus generadores y transformando aquella energía potencial en energía eléctrica (Pavegen, 2017). Lamentablemente no se pudo obtener la información acerca de cómo se capta y genera la energía eléctrica, ya que, los niveles de tensión y corriente son importantes para su posterior almacenamiento y uso. Se intentó solicitar esta información por medio de correos electrónicos enviados a la empresa misma (Anexo 1), pero no obtuvimos respuesta.

Por lo tanto, al no contar con la información deseada y no poder adquirir la baldosa Pavegen, nos vemos en la necesidad de replicar un modelo con la tecnología que se dispone, el cual está basado en un sistema electromecánico formado por una baldosa y generador tipo dínamo, para conocer los niveles de voltaje, corriente y energía que este sistema puede generar y la distribución de cada generador eléctrico.

### **1.1.2. Enunciado del Problema**

¿Se podrá determinar cuál es el nivel de energía de un sistema electromecánico formado por una baldosa y generador tipo dínamo para la conversión de energía potencial generada al caminar en energía eléctrica?

### **1.1.3. Justificación de estudio**

El estudio de un sistema electromecánico formado por una baldosa y generador tipo dínamo dejará las bases de como transformar la energía potencial que inconscientemente generamos al caminar en energía eléctrica, estas bases pueden ser usadas para otro tipo de investigación de energía renovable en la que no solo se pueda adaptar para el tránsito de personas, sino también vehicular o ser parte integral de una tecnología la cual la use de forma eficiente.

Se aprovecharía mejor los recursos que nos rodean sin modificar o alterar el entorno ambiental como suelen hacerlo otro tipo de tecnologías renovables como lo es la energía hidráulica, eólica que se ven obligados a modificar su espacio o entorno ambiental como visual.

De esta manera también puede ser utilizado para alcanzar lugares geográficamente difíciles de llegar e inclusive difícil de instalar una red eléctrica convencional.

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo General**

Explicar el comportamiento de un sistema electromecánico formado por una baldosa y generador eléctrico tipo dínamo para convertir energía potencial que se genera al caminar en energía eléctrica.

### **1.2.2. Objetivos Específicos**

- Describir la geometría de la ubicación de los generadores eléctricos
- Determinar el circuito de adquisición de energía
- Cuantificar los niveles de voltaje y corriente.
- Cuantificar la energía eléctrica que se puede generar en ese tipo de sistema.

# **II. MARCO DE REFERENCIA**

## II. MARCO DE REFERENCIA

### 2.1. Antecedentes del estudio

La búsqueda bibliográfica realizada en bibliotecas físicas y virtuales, tanto locales, nacionales como internacionales, ha permitido identificar los siguientes trabajos de investigación y revistas relacionadas con el presente tema:

- **Primer Antecedente**

Peña y Nieto. (2016), en su tesis titulada: “Diseño de un sistema de conversión de energía mecánica a eléctrica a partir de dos máquinas de gimnasio (Elíptica y bicicleta estática)”, se propuso estudiar las bicicletas estáticas y elípticas la cual indica que son un medio eficaz para la generación de energía eléctrica, por medio de su movimiento de manivela con el cual se desarrolla el ejercicio en cada máquina. La investigación llegó al siguiente resultado, la conversión de energía mecánica a eléctrica utilizando su mecanismo puede producir de 300 a 400 Watts como máxima potencia. El principal aporte al trabajo de investigación es el aprovechamiento de energía mecánica obtenida de los seres humanos lo cual produce energía eléctrica por lo tanto nos dio a entender que es una alternativa muy efectiva.

- **Segundo Antecedente**

Saavedra, L. (2019), en su tesis titulada: “Diseño e implementación de un sistema para mejorar la autonomía en un scooter eléctrico en base a energía electromagnética”, se propuso implementar un sistema para mejorar la autonomía en un scooter eléctrico en base a energía electromagnética. La investigación llegó al siguiente resultado, la instalación del sistema diseñado permitió obtener una mejora significativa en la autonomía del scooter eléctrico, con un mínimo de 23.81% y un máximo de 42.42% lo cual representa distancias de 5 Km y 14 Km adicionales respectivamente logrando

mejorar la distancia recorrida. El principal aporte al trabajo de investigación es el diseño e instalación a base de cuatro dinamos, que se utilizara para la distribución de nuestros generadores.

- **Tercer Antecedente**

Carmona, Ortega y Sánchez. (2015), en su tesis titulada: “Generación de energía eléctrica por pedaleo”, se propuso diseñar un dispositivo para bicicletas, aprovechando la energía que se genera en el pedaleo, para cargar pequeños aparatos electrónicos, como teléfonos celulares, reproductores de música, iPods que se puedan cargar a través de un puerto USB. La investigación llegó al siguiente resultado, se alcanzó el voltaje deseado a menos revoluciones ya que el cálculo fue que a una velocidad de 120 RPM se generaría 5V; sin embargo, en los resultados demostraron que al llegar a 97.5 RPM el voltaje era de 5,13 V. El principal aporte al trabajo de investigación es que el generador, dada la configuración, entrega corriente alterna a su salida, lo que nos ayudará para elaborar un sistema que rectifica y regula la corriente y el voltaje para obtener como resultado una corriente continua.

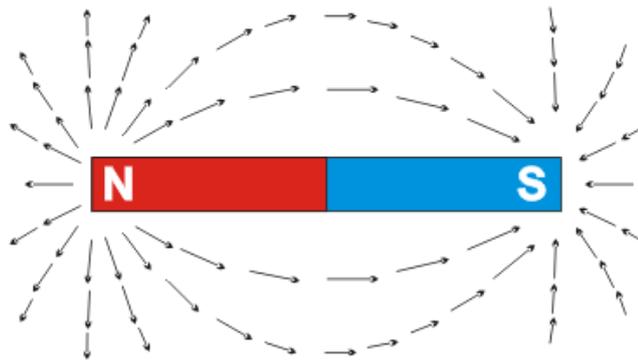
## **2.2. Marco teórico**

- **Fuerza electromotriz:**

Según Arrayás y Trueba, en su libro “Electromagnetismo, Circuitos y Semiconductores” (2007) para mantener físicamente una corriente eléctrica primero necesitamos establecer un circuito formado por cables conductores y dispositivos. En segundo lugar, necesitamos un campo eléctrico para que mueva las cargas libres para que haya flujo. Sabemos que un circuito es un camino cerrado en la cual debe existir un campo eléctrico para poder generar corriente. Los dispositivos que alimentan con energía a los circuitos se llaman fuentes de fuerza electromotriz, fuentes de voltaje o generadores eléctricos.

- **Campo Magnético:**

Según Gavidia J., en sus apuntes “Campos Magnéticos” (2002), El símbolo “B” se ha usado para representar un campo magnético. Como bien sabemos la dirección del campo magnético se puede trazar con un imán de barra y ayudándonos con una brújula, Muchas veces hemos visto imágenes de cómo se comporta las líneas de campo magnético fuera del imán apuntan alejándose de los polos norte y acercándose a los polos sur esos patrones se pueden visualizar con la ayuda de limaduras de hierro. Los campos magnéticos son producidos por cargas en movimiento, es decir, por corrientes eléctricas, o bien por imanes permanentes. Por lo tanto, toda corriente eléctrica origina un campo magnético asociado.



*Figura 1: Líneas de campo magnético*

*Fuente: <https://bit.ly/3itXbU7>*

La intensidad del campo magnético ( $H$ ) que cae en un punto es igual a un vector que representa la fuerza ejercida sobre un elemento de corriente en dicho punto.

El campo magnético se define como “B” y en términos de fuerza magnética como  $F_b$  que el campo ejerce sobre un objeto de prueba, que en este caso es una partícula cargada que se mueve a una velocidad “V”. Si no hubiera campos eléctricos o gravitacionales en la región del objeto se dieran los siguientes resultados:

- La magnitud  $F_b$  de la fuerza magnética que se ejerce sobre una partícula es igual a la carga “q” y a la velocidad “v” de la partícula.
  - La magnitud y dirección de  $F_b$  es dependiente de la velocidad de la partícula, dirección y magnitud del campo “B”.
  - Cuando una partícula con carga se desplaza de forma paralela con el vector de campo magnético, la fuerza magnética que recae sobre la partícula es 0.
  - En el momento que el vector velocidad forma un ángulo diferente de 0 con el campo magnético, la fuerza magnética reacciona en una dirección perpendicular en “v” y “B”; por lo tanto,  $F_b$  es perpendicular al plano que fue formado por v y B.
  - La fuerza magnética que se ejerce en una carga positiva está en dirección contraria a la dirección de la fuerza magnética accionada en una carga negativa que se desplaza en la misma dirección.
- **Inducción Magnética:**  
Según Moreno F., en su documento Interacción Electromagnética (2011), “El campo magnético ininterrumpido origina una fuerza magnética sobre una corriente eléctrica. Si no existe una corriente eléctrica, de la misma forma no existe una fuerza magnética.

Una corriente eléctrica que atraviesa un conductor produce un campo magnético. La inducción electromagnética produce una corriente eléctrica sobre un circuito como respuesta de la alteración de un campo magnético.

- **Dínamo:**

Según la Fundación ENDESA, en su publicación El Generador Eléctrico (2020), el generador de corriente continua o también conocido como dínamo, se describe como una máquina eléctrica rotativa la cual genera energía mecánica y la transforma en energía eléctrica. Una de las características de los dínamos es que pueden ser utilizados como generador o como motor, es decir, son máquinas reversibles.

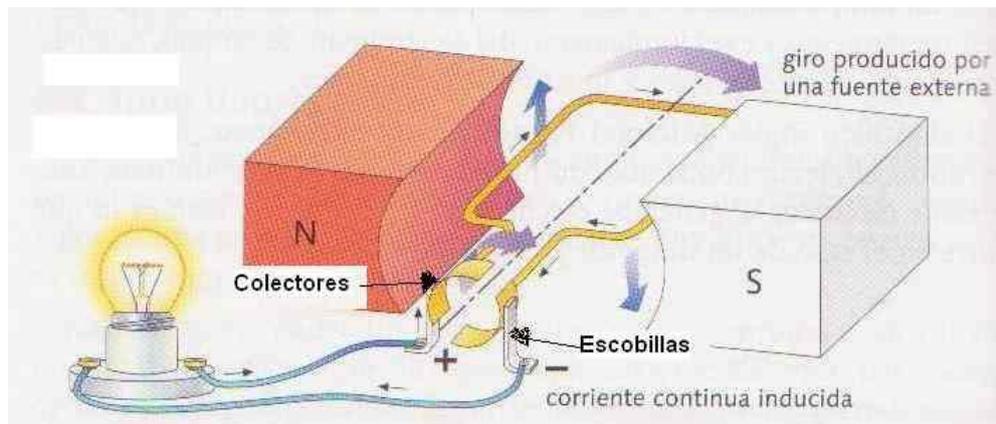


Figura 2: Funcionamiento de un Dínamo

Fuente: [https://www.areatecnologia.com/La\\_dinamo.htm](https://www.areatecnologia.com/La_dinamo.htm)

En general un dínamo está compuesto por los siguientes elementos:

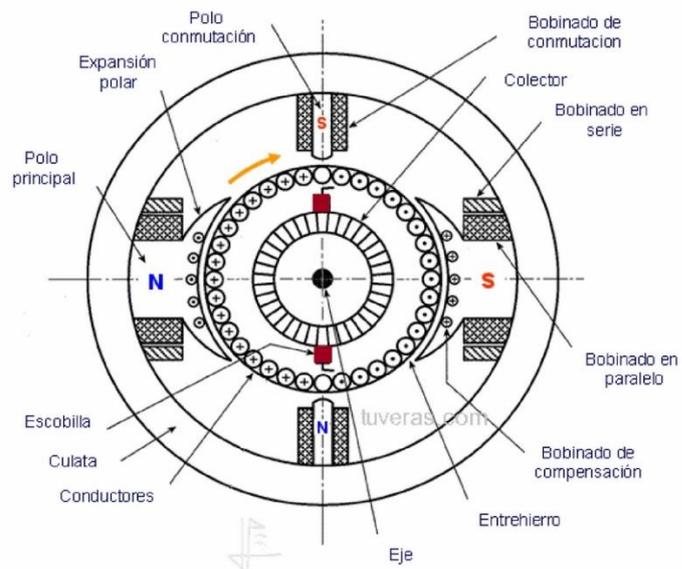


Figura 3: Esquema de un Dínamo

Fuente: <https://bit.ly/2Sw5FiY>

### 2.3. Marco Conceptual

- **Energía potencial**

Es la energía que almacena un objeto la cual depende de su posición con otros objetos o de que haya un campo de fuerza dentro del mismo.

- **Generador eléctrico**

Es un mecanismo que puede transformar la energía mecánica en eléctrica.

- **Dínamo**

Elemento mecánico que tiene la finalidad de convertir energía mecánica en eléctrica o viceversa.

- **Baldosa**

Pieza usada en suelo o pared, fabricadas de cerámica, piedra o mármol, la cual es fina por lo general, pulida y con forma rectangular o cuadrada.

### 2.4. Sistema de Hipótesis

#### 2.4.1. Hipótesis

Utilizando un sistema electromecánico formado por una baldosa y generador tipo dínamo se puede convertir energía potencial generada al caminar en energía eléctrica.

#### 2.4.2. Variables e Indicadores

- **Variable Independiente**

Sistema electromecánico

- **Variable Dependiente**

Energía eléctrica

### 2.4.2.1. Operacionalización de las variables:

**Tabla 1: Operacionalización de las variables independiente**

Variable Independiente	Conceptualización de variable	Dimensión	Indicadores	Unidad de Medida	Instrumento
Sistema Electromecánico	Son sistemas que combinan partes eléctricas y mecánicas para conformar un mecanismo.	Construcción	Ubicación de distribución de generadores de energía	cm	Lista de cotejo
			Tipo de generador de energía eléctrica	--	Lista de cotejo

*Fuente: Elaboración Propia*

**Tabla 2: Operacionalización de la variable Dependiente**

Variable Dependiente	Conceptualización de variable	Dimensión	Indicadores	Unidad de Medida	Instrumento
Energía eléctrica	Es la forma de energía que resulta de la existencia de una diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos.	Parámetros eléctricos	Voltaje	Voltios	Reporte de Pruebas
			Corriente	Amperios	Reporte de Pruebas
			Tiempo	Segundos	Reporte de Pruebas

*Fuente: Elaboración Propia*

# **III. METODOLOGÍA EMPLEADA**

### **III. METODOLOGÍA EMPLEADA**

#### **3.1. Tipo y nivel de investigación**

##### **3.1.1. Tipo de Investigación**

Aplicada

##### **3.1.2. Nivel de Investigación**

Descriptiva

##### **3.1.3. Línea de Investigación**

Energías Renovables

#### **3.2. Población y muestra de estudio**

##### **3.2.1. Población**

Sistema electromecánico formado por baldosa y generador eléctrico tipo dínamo.

##### **3.2.2. Muestra**

Sistema electromecánico formado por baldosa y generador eléctrico tipo dínamo.

#### **3.3. Técnicas e instrumentos de investigación**

##### **3.3.1. Técnicas**

- Observación: Se realizará la observación del comportamiento de la señal que genera el sistema electromecánico para los diferentes casos, los cuales se usarán distintos condensadores en el circuito.

##### **3.3.2. Instrumentos**

- Reporte de pruebas de la baldosa respecto a voltaje y corriente.
- Lista de cotejo de la ubicación de los generadores y tipo de generador de energía eléctrica.

### 3.3.1. Procedimiento

- **Distribución de generadores**

Para realizar las pruebas necesarias de este sistema primeramente se debió determinar la distribución de los generadores que se utilizó y el cual se describe sus partes de estos en el Anexo 2. Se pudo observar que para un mejor aprovechamiento al momento que la baldosa sea sometida a una presión externa, estas deben estar ubicadas en cada esquina o arista de la baldosa. Esta distribución se basó en la primera Ley de Newton del sistema de fuerzas en equilibrio como se muestra en la Figura 4, la cual menciona que para que el peso ejercido en la baldosa permanezca en equilibrio, esta debe tener una fuerza o fuerzas en oposición para que al sumarlas den una resultante nula. (Bello, Isasi, Puerto, Tomás, y Vicente, s.f.)

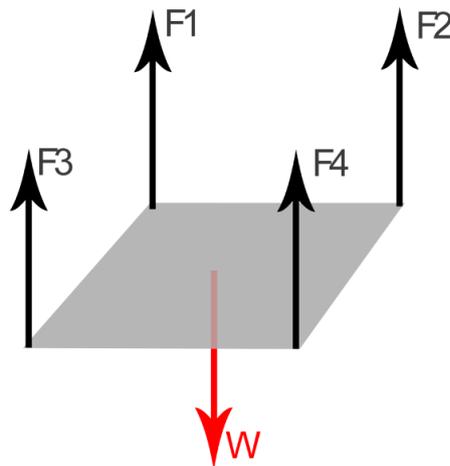
$$W = F1+F2+F3+F4$$

*Asumiendo que la pisada será en el centro de la baldosa, entendemos que:*

$$F1 = F2 = F3 = F4$$

*Entonces:*

$$W = 4F1 \text{ y } F1 = W/4$$



*Figura 4: Sistema de equilibrio de fuerzas en baldosa*

*Fuente: Elaboración propia*

**Donde:**

- **F<sub>1;2;3;4</sub>**: Fuerza ejercida por el sistema mecánico de la baldosa.
- **W**: Fuerza ejercida por la masa de un agente externo.

- **Circuito de adquisición de energía**

Para obtener la señal del generador primeramente se necesitó el Arduino UNO (Figura 5), el cual fue programado (Figura 6) para que pueda captar la señal de voltaje y posteriormente mostrarla en una laptop por medio de un software. Como se realizó mediciones pequeñas de voltaje no era necesario agregar nada más al Arduino, ya que, sus entradas digitales pueden medir hasta 5V.



*Figura 5: Arduino UNO*

*Fuente: Captura propia*



```
sketch_nov04a $
unsigned long int milli_time;    //variable to hold the time
float voltage;                  //variable to hold the voltage form A0
void setup() {
    Serial.begin(115200);        //Fastest baudrate
    Serial.println("CLEARDATA");

}
void loop() {
    milli_time = millis();
    voltage = 5.0 * analogRead(A0) / 1024.0;
    Serial.print("DATA,TIME,");
    Serial.print(",");
    Serial.println(voltage);

}
```

Figura 6: Código empleado en Arduino UNO necesario para el funcionamiento del osciloscopio

*Fuente: Captura propia*

Se requirió colocar entre ambos elementos un circuito que rectifique la señal del generador, con el fin de realizar los cálculos más adelante, que nos servirá para hallar los niveles de voltaje, corriente y energía que entrega el generador como se muestra en la Figura 7. El transistor a utilizar fue elegido por ser de alta velocidad y su tensión de ruptura es de 0.7V, por lo que, es importante conocerlo, puesto que, se está trabajando con cantidades pequeñas de voltaje y deseamos que las pérdidas de tensión sean mínimas. Para seleccionar una resistencia adecuada a usar en el circuito se tomó en cuenta una medida pequeña para controlar la mínima pérdida de energía en la resistencia como sucede en todo circuito, pero también una medida que su señal de voltaje sea visible en el osciloscopio. Para el capacitor, se realizaron diferentes pruebas variando entre los valores de 1uF; 10uF; 22uF; 47uF y 100uF, con el fin de determinar posteriormente que valor sería el más óptimo para la investigación.

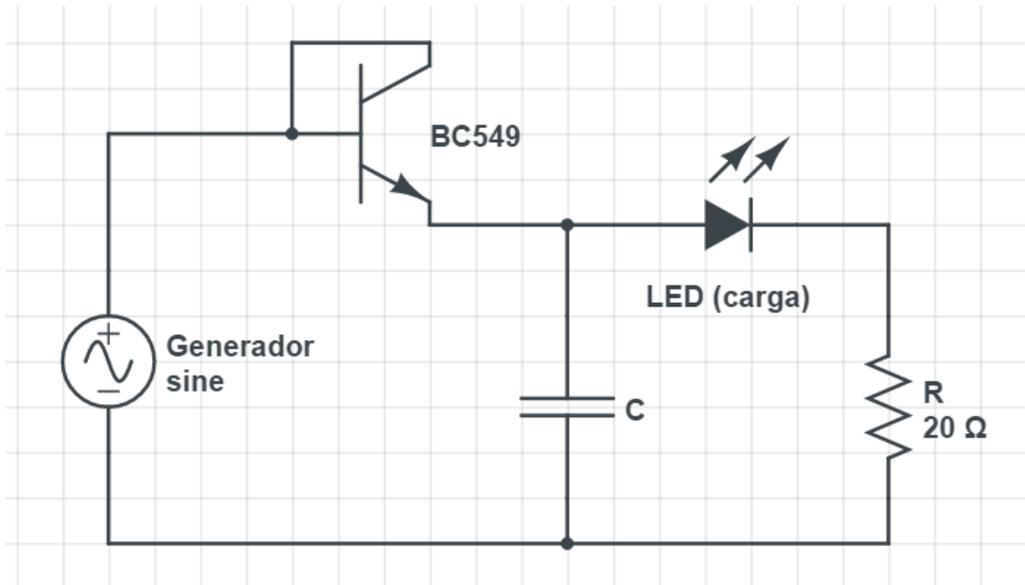


Figura 7: Circuito de rectificación y filtrado de media onda

Fuente: Captura propia

Para conectar el circuito inicial al Arduino, se tomó uno de sus entradas analógicas, la cual, se conectó en un extremo de la resistencia de 20 Ohms y en el otro extremo se conectó la entrada GND del Arduino, tal como se muestra en la Figura 8.

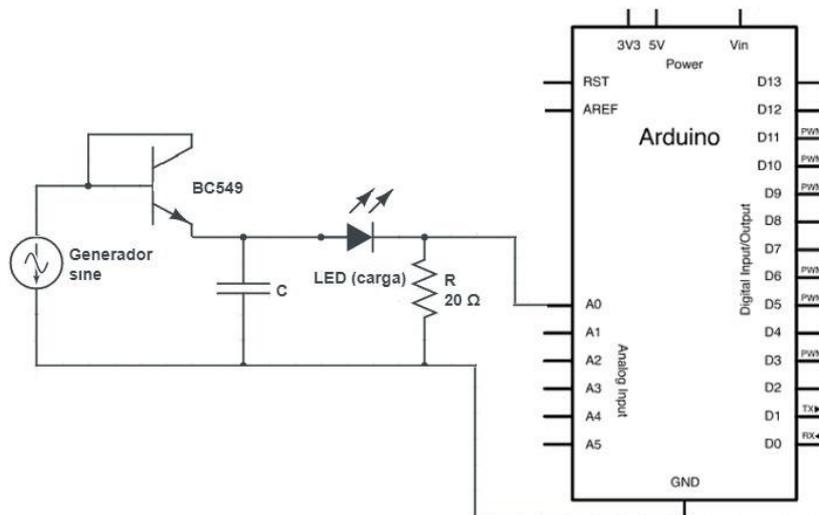


Figura 8: Generador conectado a circuito y Arduino

Fuente: Captura propia

Una vez conectado el Arduino a la laptop, se procede a activar un software que permite obtener los datos que capta el Arduino y graficarlos, comportándose como un osciloscopio (Figura 9). En esta investigación el eje Y tiene como unidad de medida el Voltaje (V) de la señal y el eje X tiene como unidad de medida el tiempo expresado en milisegundos (ms).



Figura 9: Interfaz del osciloscopio

Fuente: Captura propia

- **Señales obtenidas en la resistencia y capacitor según la cantidad de pulsaciones realizadas en el generador utilizando el circuito inicial.**

Una vez que el generador sea sometido a una presión, se pudo visualizar en el osciloscopio la señal de voltaje en la resistencia de 20 Ohm. Alternando los cables se captó también el voltaje en el capacitor. Para obtener la mayor cantidad de datos que nos sirva para su análisis, se eligió en un inicio tomar muestras de uno a cinco pulsaciones realizadas en el generador para observar su comportamiento. Para realizar las pulsaciones, se aplicó presión con la mano sobre el generador con una fuerza promedio de 52 N, el cual fue calculado con ayuda de un dinamómetro. Asimismo,

con la ayuda de un cronómetro también calculamos que cada pulsación efectuada sea de 30ms, con el fin de que cada pulsación tenga homogeneidad entre ellas tanto en fuerza como en tiempo, con el fin de obtener datos más exactos para su análisis.

En total se realizaron 5 muestras por cada valor del capacitor antes mencionado, mostrando los valores de los condensadores de 1uF; 22uF y 100uF, colocando el resto de datos en el Anexo 3. Obteniendo así los siguientes datos:

- **Gráficas de voltaje utilizando un capacitor de 1uF en el circuito inicial**

A continuación, se presenta las gráficas del voltaje obtenidas en la resistencia de 20 Ohm y en el capacitor, donde se aplicó entre 1 a 5 pulsaciones consecutivas en el generador. Para este caso se tiene en cuenta la medida de cada cuadro del osciloscopio, el cual es de 50 ms. Toda pulsación efectuada tuvo un tiempo estimado de 30 ms que fue medido con ayuda de un cronómetro durante el momento que se aplica presión en el pulsador.

En las Figuras 10 al 19 se expresan las señales de voltaje de la resistencia y condensador donde el capacitor tiene un valor de 1uF.

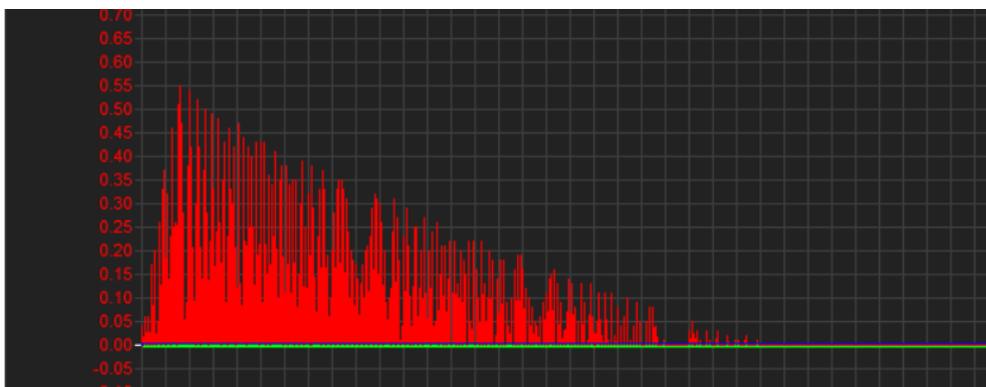


Figura 10: Señal de voltaje en la resistencia aplicando 1 pulsación en el generador, utilizando el capacitor de 1uF en circuito inicial

*Fuente: Captura propia*

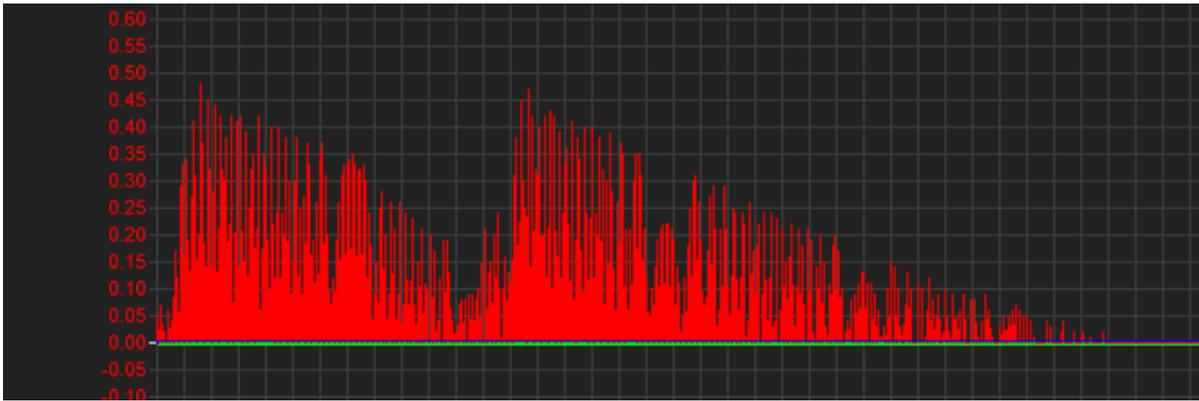


Figura 11: Señal de voltaje en la resistencia aplicando 2 pulsaciones en el generador, utilizando el capacitor de 1uF en circuito inicial

*Fuente: Captura propia*



Figura 12: Señal de voltaje en la resistencia aplicando 3 pulsaciones en el generador, utilizando el capacitor de 1uF en circuito inicial

*Fuente: Captura propia*

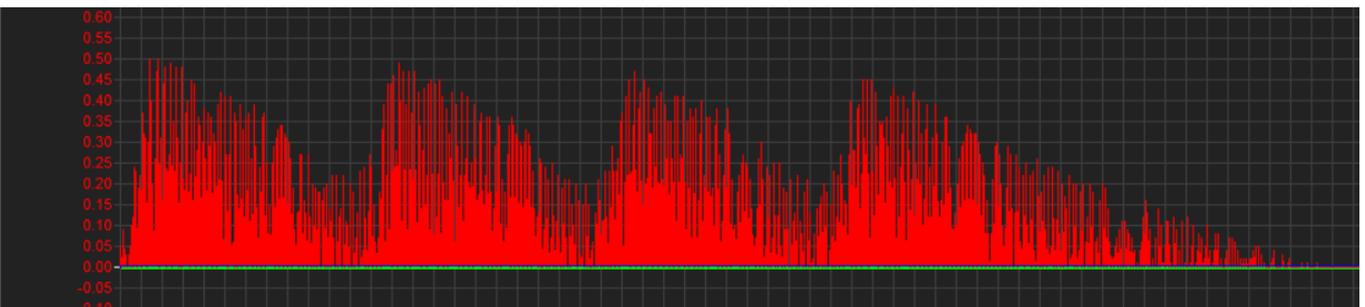


Figura 13: Señal de voltaje en la resistencia aplicando 4 pulsaciones en el generador, utilizando el capacitor de 1uF en circuito inicial

*Fuente: Captura propia*

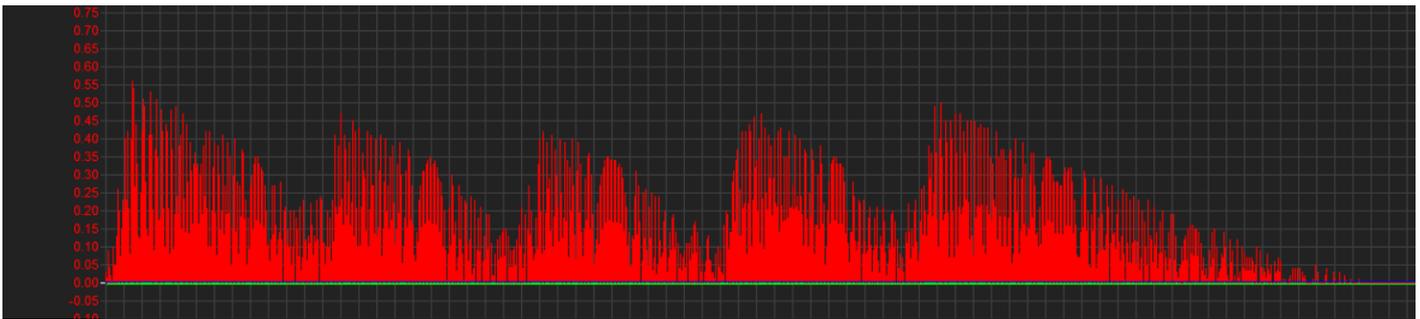


Figura 14: Señal de voltaje en la resistencia aplicando 5 pulsaciones en el generador, utilizando el capacitor de 1uF en circuito inicial

*Fuente: Captura propia*

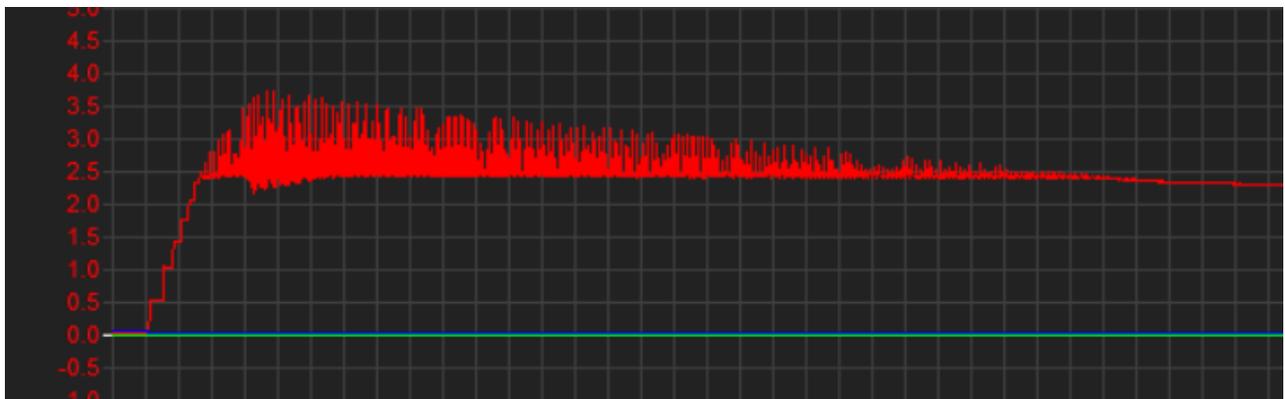


Figura 15: Señal de voltaje en el capacitor de 1uF del circuito inicial y aplicando 1 pulsación en el generador

*Fuente: Captura propia*

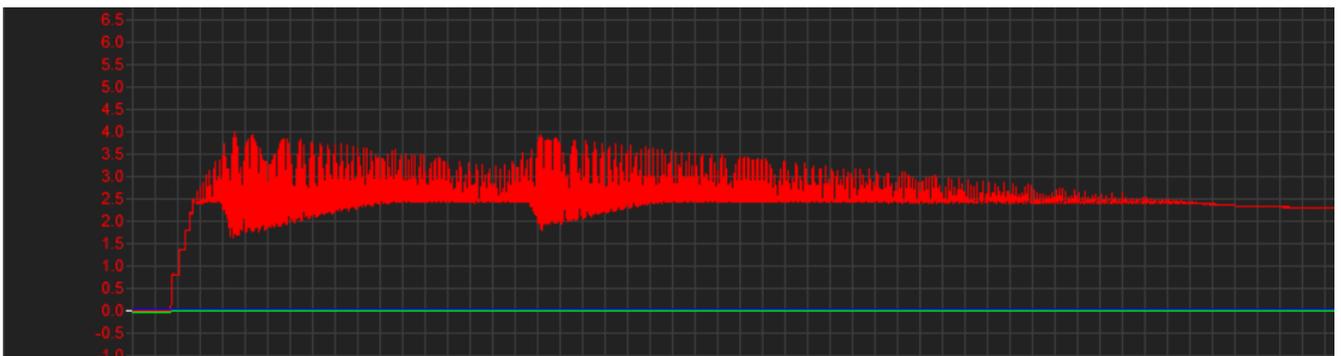


Figura 16: Señal de voltaje en el capacitor de 1uF del circuito inicial y aplicando 2 pulsaciones en el generador

*Fuente: Captura propia*

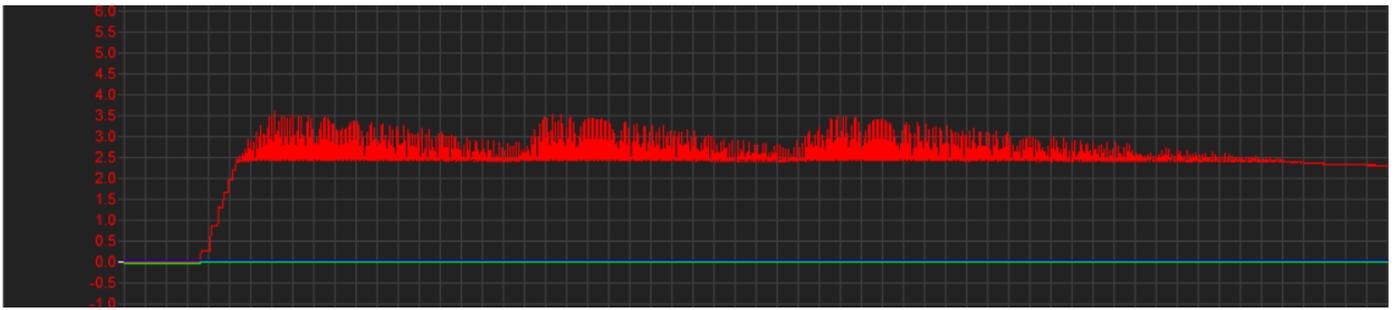


Figura 17: Señal de voltaje en el capacitor de 1uF del circuito inicial y aplicando 3 pulsaciones en el generador

*Fuente: Captura propia*

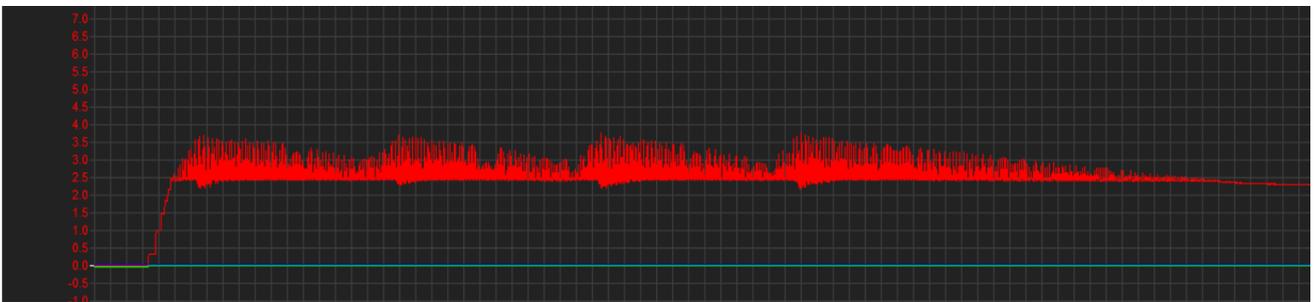


Figura 18: Señal de voltaje en el capacitor de 1uF del circuito inicial y aplicando 4 pulsaciones en el generador

*Fuente: Captura propia*

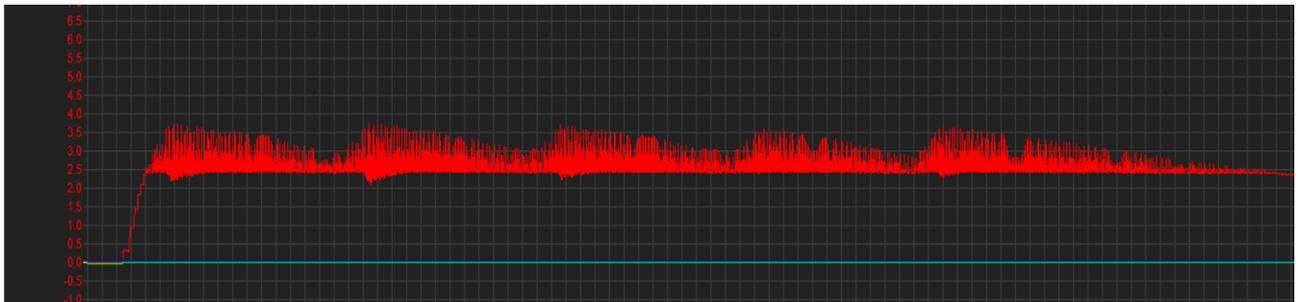


Figura 19: Señal de voltaje en el capacitor de 1uF del circuito inicial y aplicando 5 pulsaciones en el generador

*Fuente: Captura propia*

- **Gráficas de voltaje utilizando un capacitor de 22uF en el circuito inicial**

En este caso, se presenta las gráficas del voltaje obtenidas en la resistencia de 20 Ohm y en el capacitor, donde se aplicó entre 1 a 5 pulsaciones consecutivas en el generador. Para este caso se tiene en cuenta la medida de cada cuadro

del osciloscopio, el cual es de 50 ms. Toda pulsación efectuada tuvo un tiempo estimado de 30 ms que fue medido con ayuda de un cronómetro durante el momento que se aplica presión en el pulsador.

En las Figuras 20 al 29 se expresan las señales de voltaje de la resistencia y condensador, donde el capacitor tiene un valor de 22 $\mu$ F para diferentes pulsaciones en el generador.

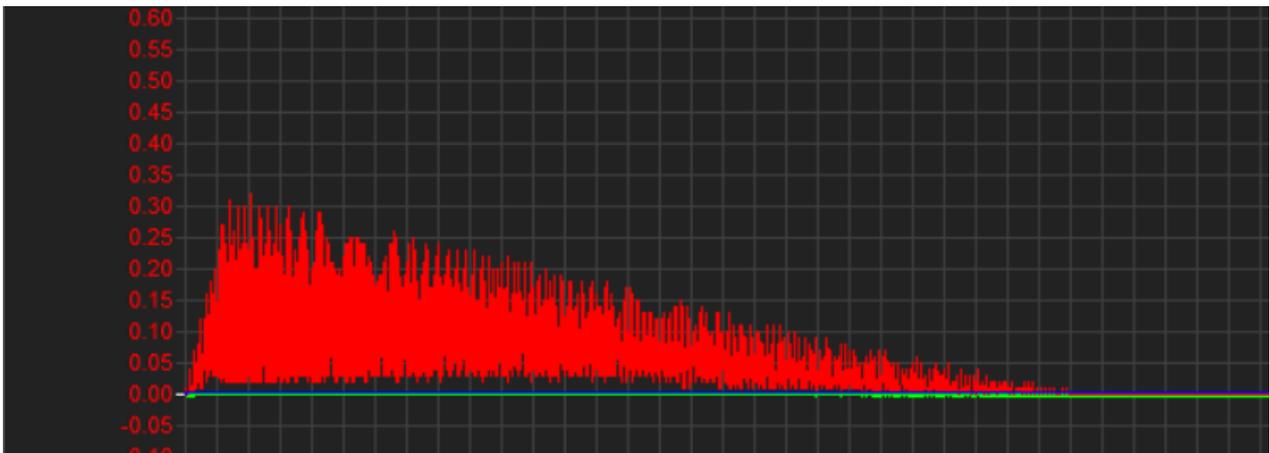


Figura 20: Señal de voltaje en la resistencia aplicando 1 pulsación en el generador y utilizando el capacitor de 22 $\mu$ F en circuito inicial

*Fuente: Captura propia*

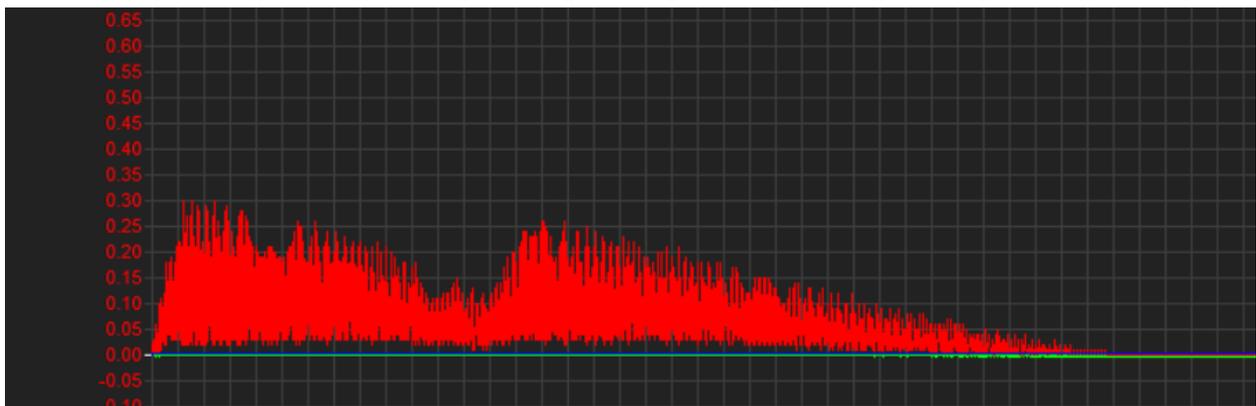


Figura 21: Señal de voltaje en la resistencia aplicando 2 pulsaciones en el generador y utilizando el capacitor de 22 $\mu$ F en circuito inicial

*Fuente: Captura propia*

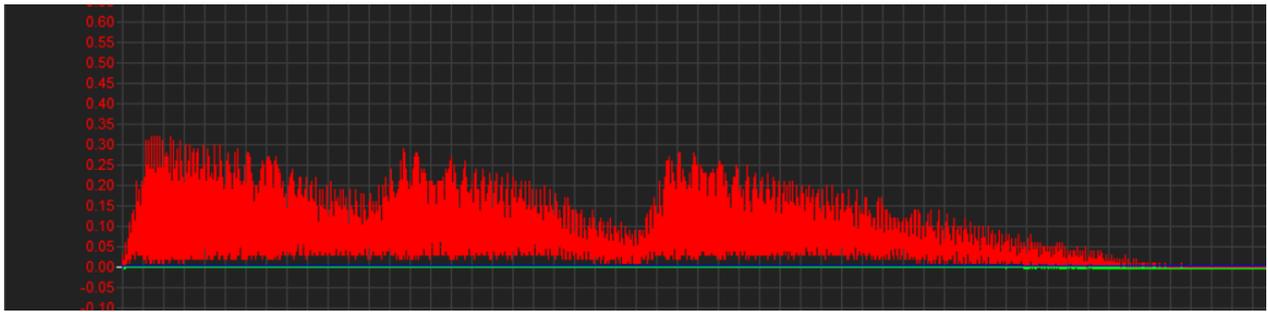


Figura 22: Señal de voltaje en la resistencia aplicando 3 pulsaciones en el generador y utilizando el capacitor de 22uF en circuito inicial

*Fuente: Captura propia*

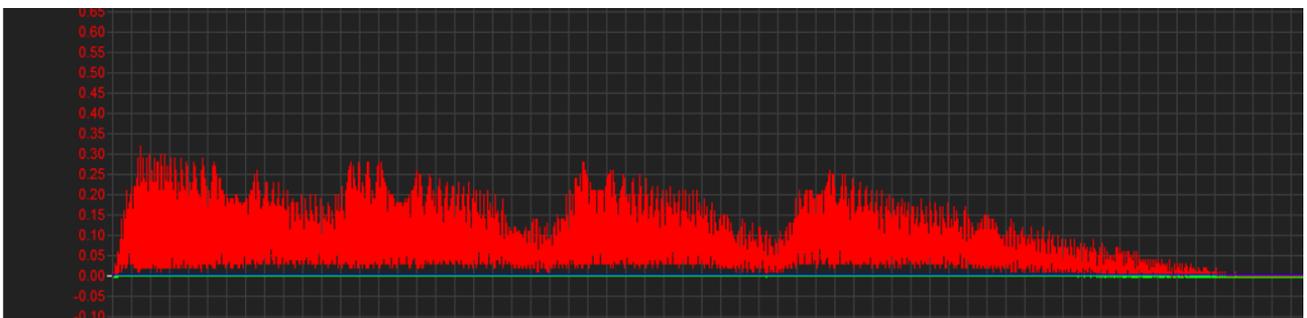


Figura 23: Señal de voltaje en la resistencia aplicando 4 pulsaciones en el generador y utilizando el capacitor de 22uF en circuito inicial

*Fuente: Captura propia*

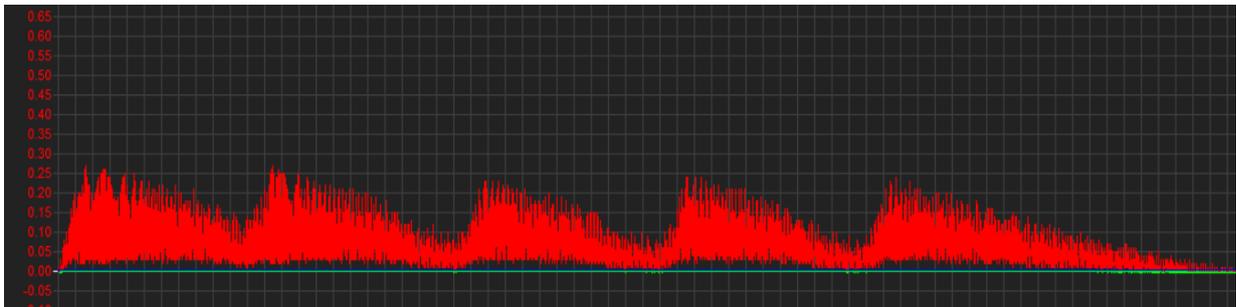


Figura 24: Señal de voltaje en la resistencia aplicando 5 pulsaciones en el generador y utilizando el capacitor de 22uF en circuito inicial

*Fuente: Captura propia*

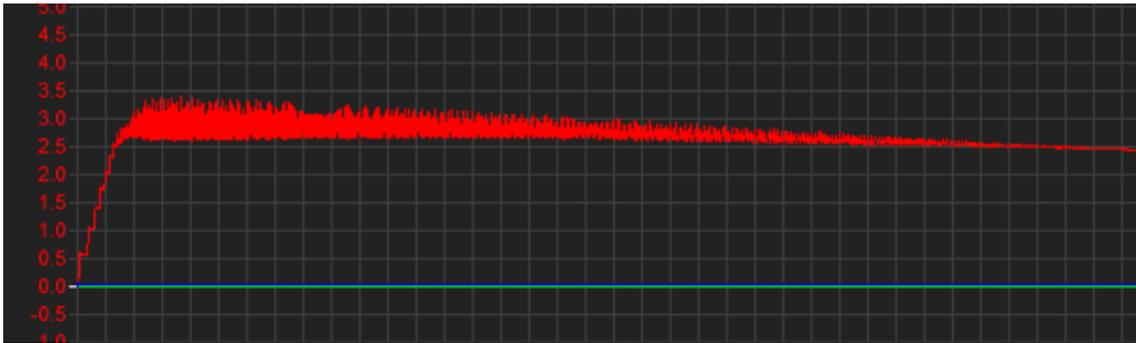


Figura 25: Señal de voltaje en el capacitor de 22uF del circuito inicial, aplicando 1 pulsación en el generador

*Fuente: Captura propia*

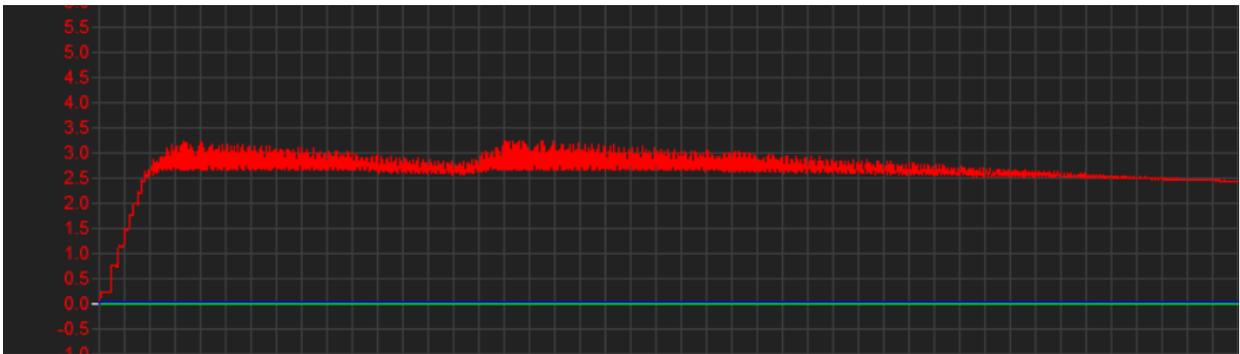


Figura 26: Señal de voltaje en el capacitor de 22uF del circuito inicial, aplicando 2 pulsaciones en el generador

*Fuente: Captura propia*

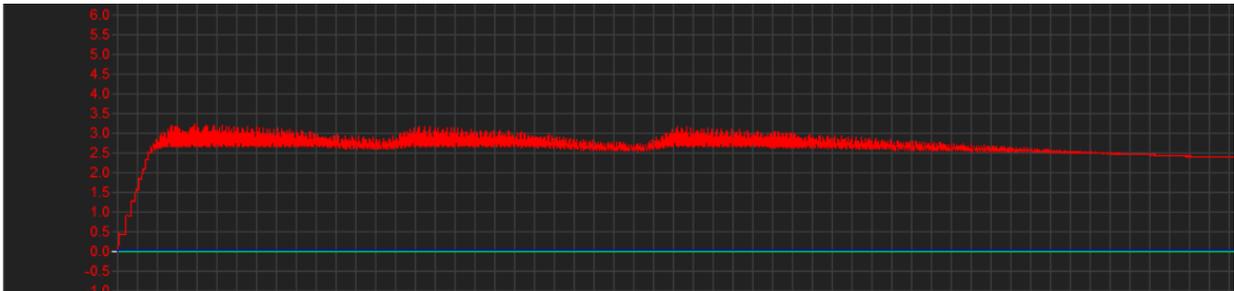


Figura 27: Señal de voltaje en el capacitor de 22uF del circuito inicial, aplicando 3 pulsaciones en el generador

*Fuente: Captura propia*

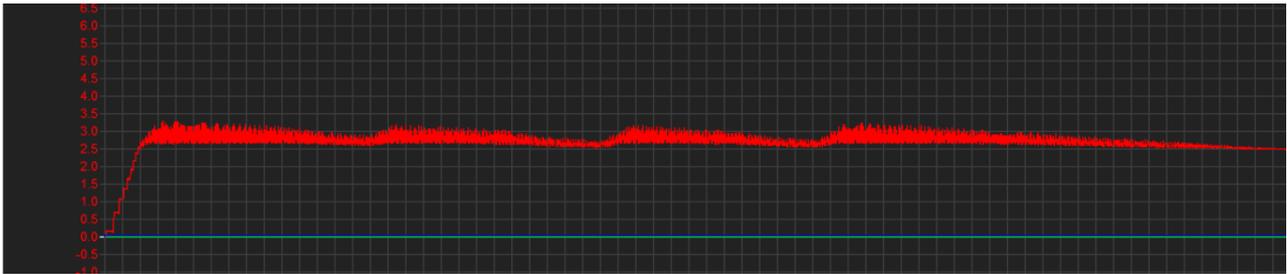


Figura 28: Señal de voltaje en el capacitor de 22 $\mu$ F del circuito inicial, aplicando 4 pulsaciones en el generador

*Fuente: Captura propia*

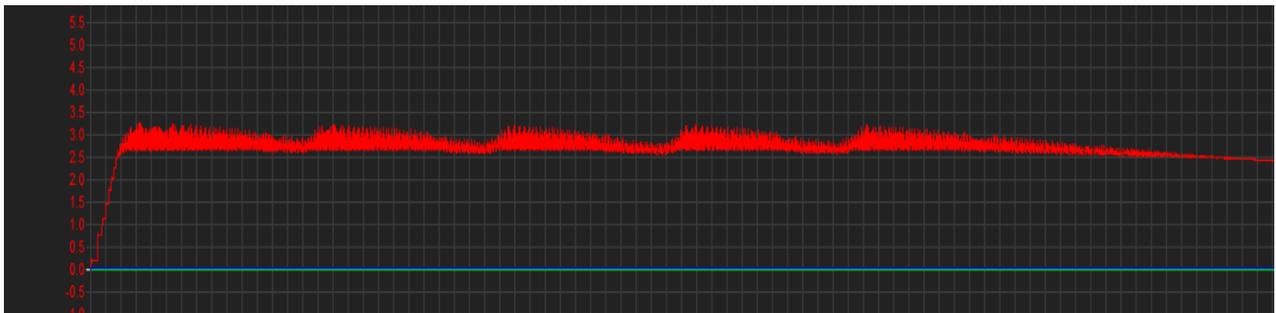


Figura 29: Señal de voltaje en el capacitor de 22 $\mu$ F del circuito inicial, aplicando 5 pulsaciones en el generador

*Fuente: Captura propia*

- **Gráficas de voltaje utilizando un capacitor de 100 $\mu$ F en el circuito inicial**

En este caso, se presenta las gráficas del voltaje obtenidas en la resistencia de 20 Ohm y en el capacitor, donde se aplicó entre 1 a 5 pulsaciones consecutivas en el generador. Para este caso se tiene en cuenta la medida de cada cuadro del osciloscopio, el cual es de 50 ms. Toda pulsación efectuada tuvo un tiempo estimado de 30 ms que fue medido con ayuda de un cronómetro durante el momento que se aplica presión en el pulsador.

En las Figuras 30 al 39 se expresan las señales de voltaje de la resistencia y condensador, donde el capacitor tiene un valor de 100 $\mu$ F para diferentes pulsaciones en el generador.

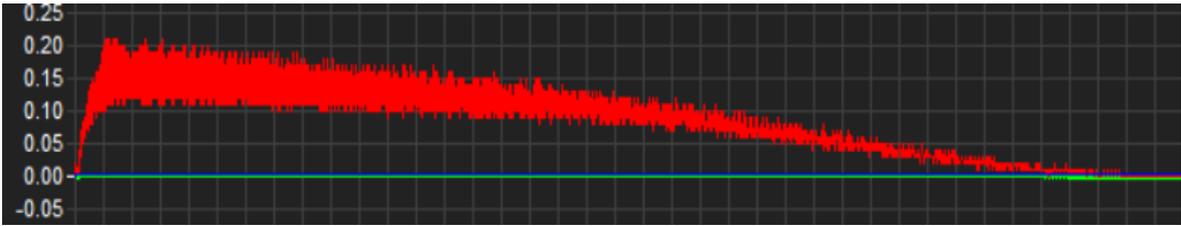


Figura 30: Señal de voltaje en la resistencia aplicando 1 pulsación en el generador, utilizando el capacitor de 100uF en circuito inicial

*Fuente: Captura propia*

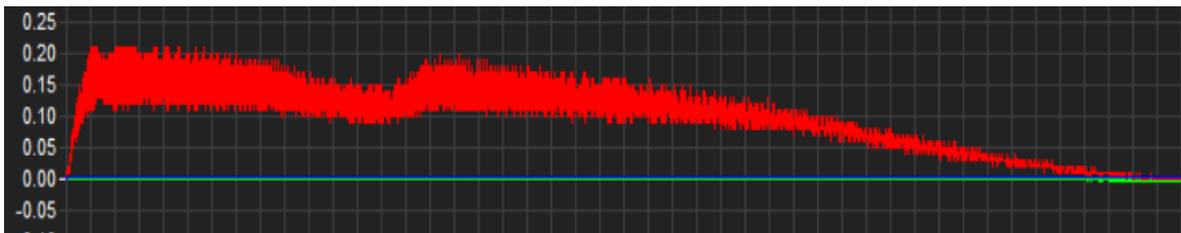


Figura 31: Señal de voltaje en la resistencia aplicando 2 pulsaciones en el generador, utilizando el capacitor de 100uF en circuito inicial

*Fuente: Captura propia*

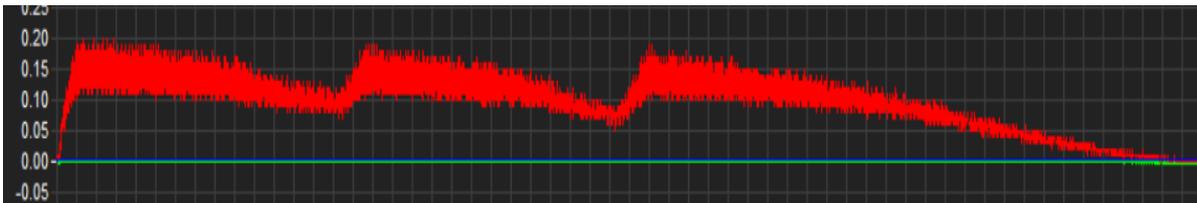


Figura 32: Señal de voltaje en la resistencia aplicando 3 pulsaciones en el generador, utilizando el capacitor de 100uF en circuito inicial

*Fuente: Captura propia*

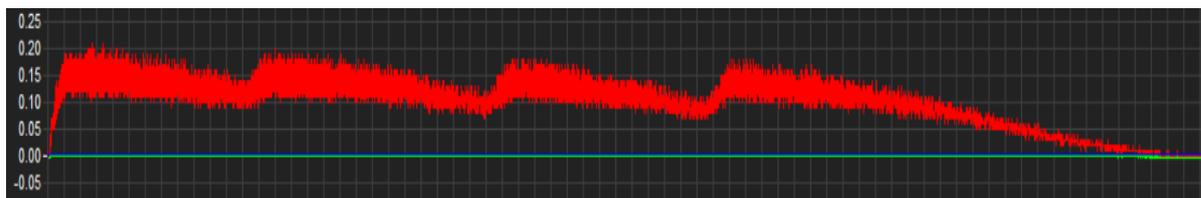


Figura 33: Señal de voltaje en la resistencia aplicando 4 pulsaciones en el generador, utilizando el capacitor de 100uF en circuito inicial

*Fuente: Captura propia*

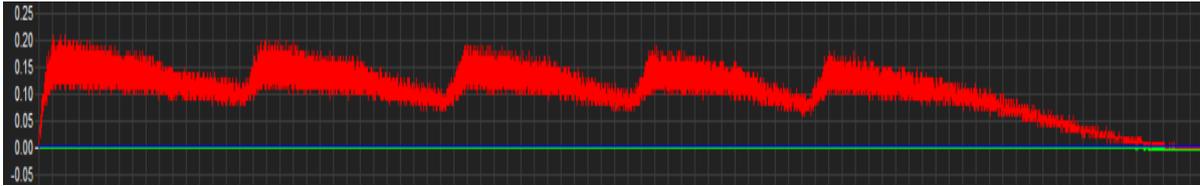


Figura 34: Señal de voltaje en la resistencia aplicando 5 pulsaciones en el generador, utilizando el capacitor de 100uF en circuito inicial

*Fuente: Captura propia*



Figura 35: Señal de voltaje en el capacitor de 100uF del circuito inicial, aplicando 1 pulsación en el generador

*Fuente: Captura propia*



Figura 36: Señal de voltaje en el capacitor de 100uF del circuito inicial, aplicando 2 pulsaciones en el generador

*Fuente: Captura propia*



Figura 37: Señal de voltaje en el capacitor de 100uF del circuito inicial, aplicando 3 pulsaciones en el generador

*Fuente: Captura propia*



Figura 38: Señal de voltaje en el capacitor de 100uF del circuito inicial, aplicando 4 pulsaciones en el generador

*Fuente: Captura propia*



Figura 39: Señal de voltaje en el capacitor de 100uF del circuito inicial, aplicando 5 pulsaciones en el generador

*Fuente: Captura propia*

- **Modificación del circuito inicial agregando un multiplicador de tensión**

Al observar las figuras anteriores de los niveles de voltaje y corriente en el circuito inicial, notamos que la amplitud de tensión era pequeña, por lo que, se propuso agregar un multiplicador de tensión en el circuito inicial, de esta forma aumentaría también la energía, en vista que, el circuito inicial es de media onda y al modificarlo a onda completa por el uso del multiplicador de tensión, este obtendría mayor energía generada, la cual, se analizó más adelante. El circuito final quedó expresado en la Figura 40.

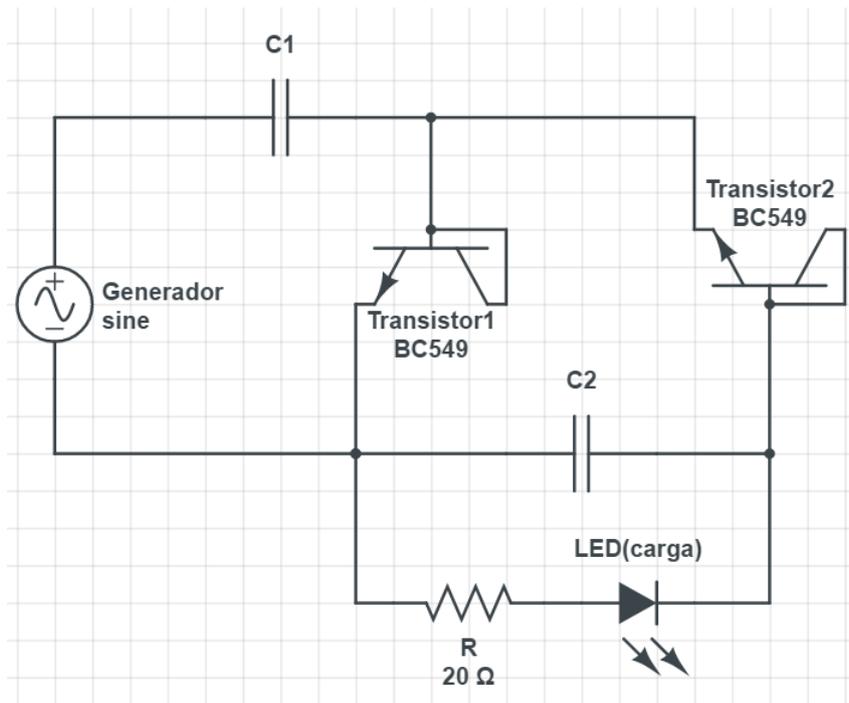


Figura 40: Circuito de rectificación y filtrado de onda completa agregando un multiplicador de tensión

*Fuente: Captura propia*

- **Señales obtenidas en la resistencia y capacitor según la cantidad de pulsaciones realizadas en el generador utilizando el circuito final**

En esta ocasión se realizaron las mismas pruebas realizadas en el circuito inicial, tanto en la resistencia como en el condensador. Obteniendo así los siguientes datos:

- **Gráficas de voltaje utilizando un capacitor de 1uF en el circuito final**

A continuación, se presenta las gráficas del voltaje obtenidas en la resistencia de 20 Ohm y en el capacitor, donde se aplicó entre 1 a 5 pulsaciones consecutivas en el generador. Para este caso se tiene en cuenta la medida de cada cuadro del osciloscopio, el cual es de 100 ms. Toda pulsación efectuada tuvo un tiempo estimado de 30 ms que fue medido con ayuda de un cronómetro durante el momento que se aplica presión en el pulsador.

En las Figuras 41 al 50 se expresan las señales de voltaje de la resistencia y condensador, donde los capacitores tienen el valor de 1 $\mu$ F.

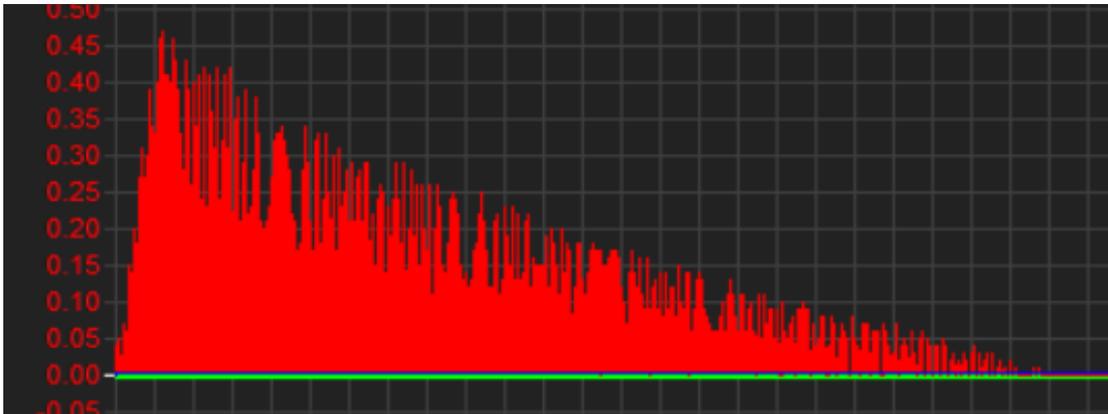


Figura 41: Señal de voltaje en la resistencia aplicando 1 pulsación en el generador, utilizando el capacitor de 1 $\mu$ F en circuito final

*Fuente: Captura propia*

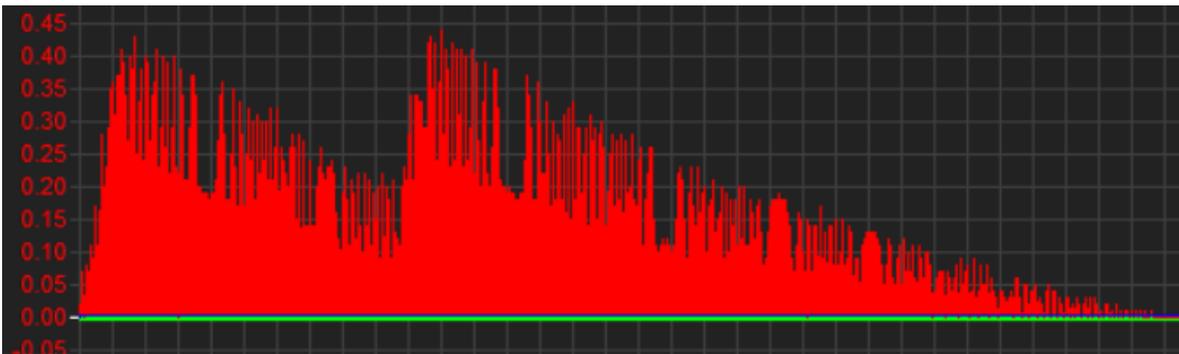


Figura 42: Señal de voltaje en la resistencia aplicando 2 pulsaciones en el generador, utilizando el capacitor de 1 $\mu$ F en circuito final

*Fuente: Captura propia*

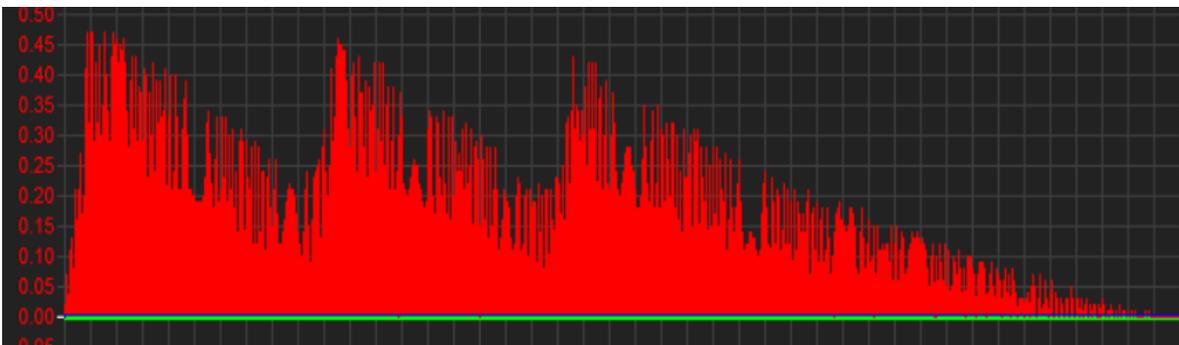


Figura 43: Señal de voltaje en la resistencia aplicando 3 pulsaciones en el generador, utilizando el capacitor de 1 $\mu$ F en circuito final

*Fuente: Captura propia*



Figura 44: Señal de voltaje en la resistencia aplicando 4 pulsaciones en el generador, utilizando el capacitor de 1uF en circuito final

*Fuente: Captura propia*

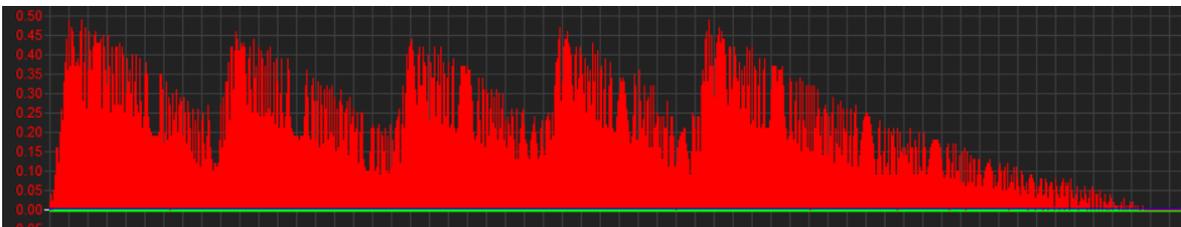


Figura 45: Señal de voltaje en la resistencia aplicando 5 pulsaciones en el generador, utilizando el capacitor de 1uF en circuito final

*Fuente: Captura propia*

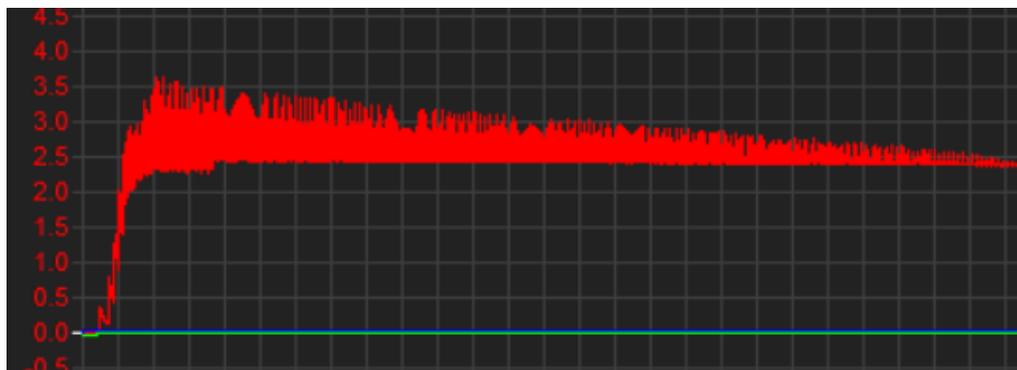


Figura 46: Señal de voltaje en el capacitor de 1uF del circuito inicial, aplicando 1 pulsación en el generador

*Fuente: Captura propia*

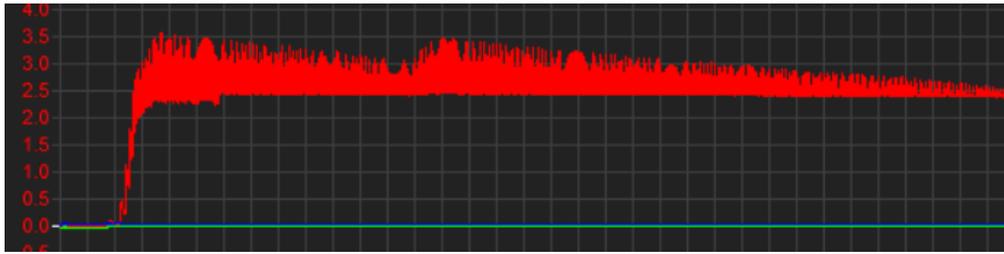


Figura 47: Señal de voltaje en el capacitor de 1uF del circuito inicial, aplicando 2 pulsaciones en el generador

*Fuente: Captura propia*

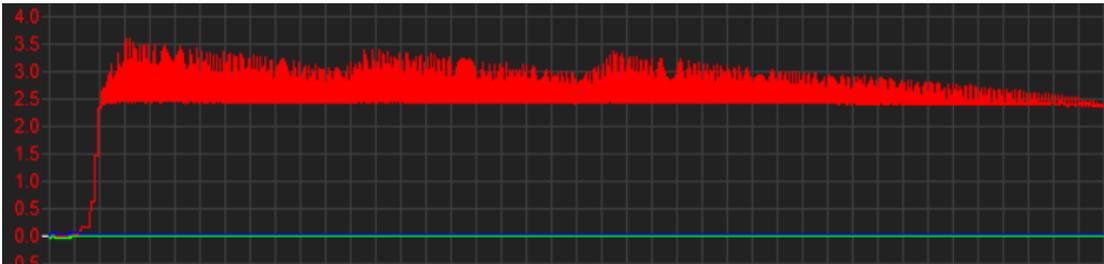


Figura 48: Señal de voltaje en el capacitor de 1uF del circuito inicial, aplicando 3 pulsaciones en el generador

*Fuente: Captura propia*



Figura 49: Señal de voltaje en el capacitor de 1uF del circuito inicial, aplicando 4 pulsaciones en el generador

*Fuente: Captura propia*

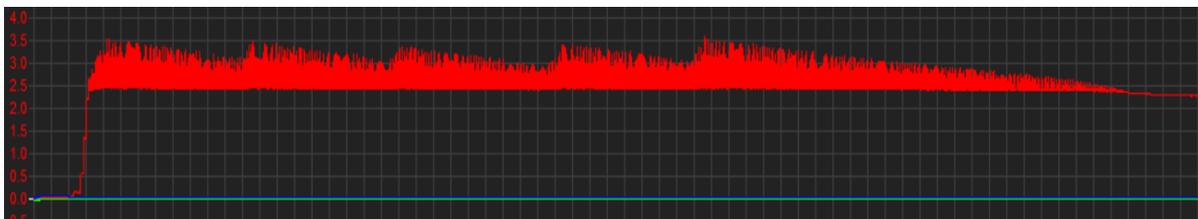


Figura 50: Señal de voltaje en el capacitor de 1uF del circuito inicial, aplicando 5 pulsaciones en el generador

*Fuente: Captura propia*

- **Gráficas de voltaje utilizando un capacitor de 22uF en el circuito final**

A continuación, se presenta las gráficas del voltaje obtenidas en la resistencia de 20 Ohm y en el capacitor, donde se aplicó entre 1 a 5 pulsaciones consecutivas en el generador. Para este caso se tiene en cuenta la medida de cada cuadro del osciloscopio, el cual es de 100 ms. Toda pulsación efectuada tuvo un tiempo estimado de 30 ms que fue medido con ayuda de un cronómetro durante el momento que se aplica presión en el pulsador.

En las Figuras 51 al 60 se expresan las señales de voltaje de la resistencia y condensador, donde los capacitores tienen el valor de 22uF.

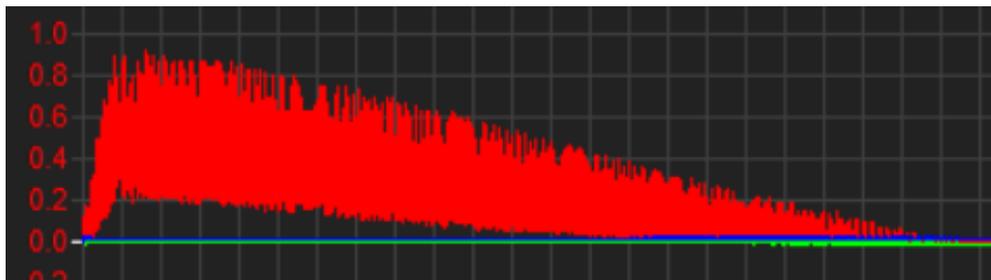


Figura 51: Señal de voltaje en la resistencia aplicando 1 pulsación en el generador, utilizando el capacitor de 22uF en circuito final

*Fuente: Captura propia*

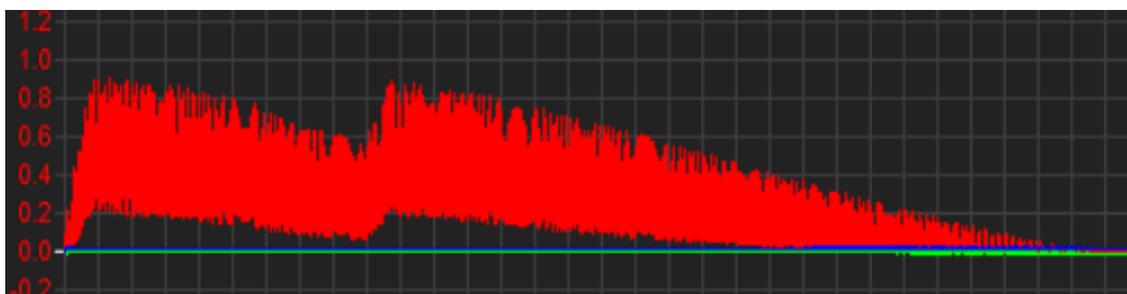


Figura 52: Señal de voltaje en la resistencia aplicando 2 pulsaciones en el generador, utilizando el capacitor de 22uF en circuito final

*Fuente: Captura propia*

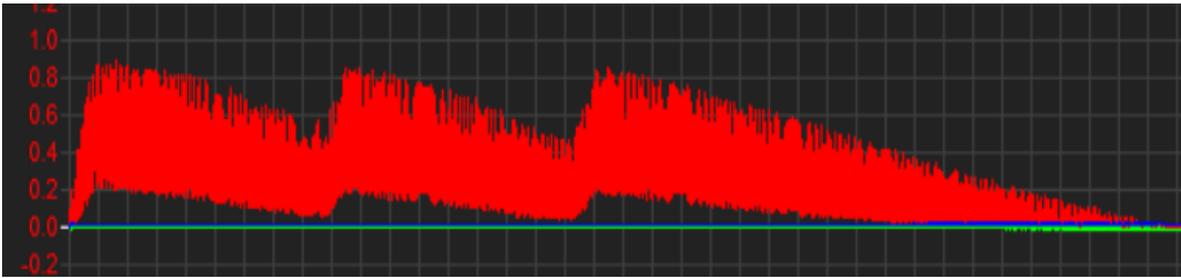


Figura 53: Señal de voltaje en la resistencia aplicando 3 pulsaciones en el generador, utilizando el capacitor de 22uF en circuito final

*Fuente: Captura propia*

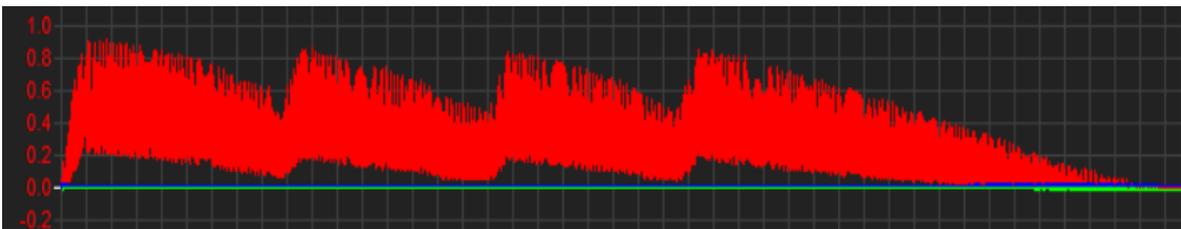


Figura 54: Señal de voltaje en la resistencia aplicando 4 pulsaciones en el generador, utilizando el capacitor de 22uF en circuito final

*Fuente: Captura propia*

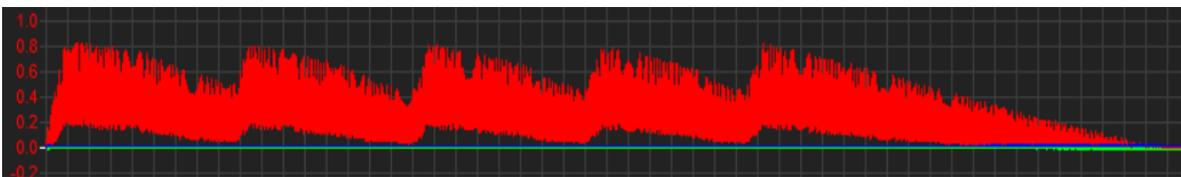


Figura 55: Señal de voltaje en la resistencia aplicando 5 pulsaciones en el generador, utilizando el capacitor de 22uF en circuito final

*Fuente: Captura propia*

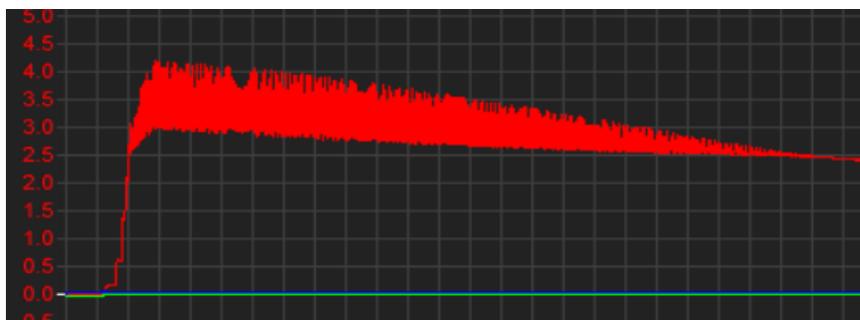


Figura 56: Señal de voltaje en el capacitor de 22uF del circuito final, aplicando 1 pulsación en el generador

*Fuente: Captura propia*

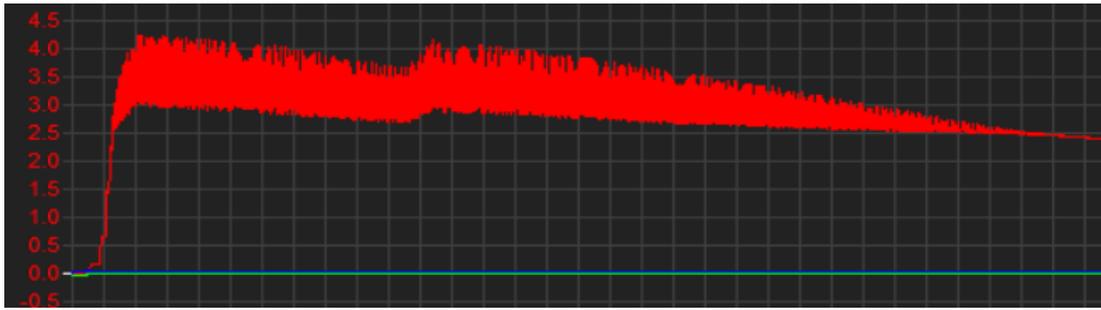


Figura 57: Señal de voltaje en el capacitor de 22uF del circuito final, aplicando 2 pulsaciones en el generador

*Fuente: Captura propia*

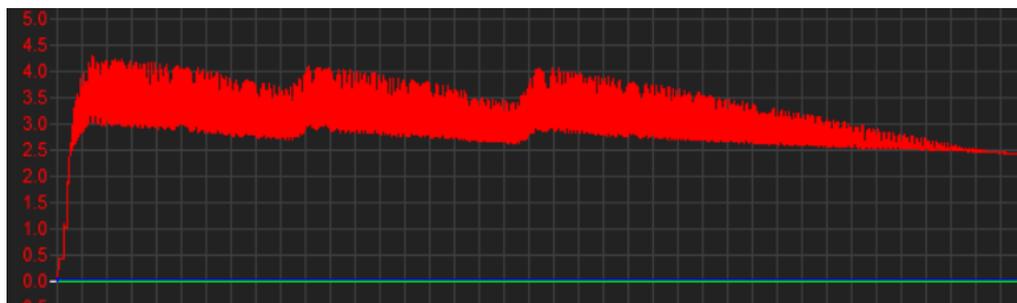


Figura 58: Señal de voltaje en el capacitor de 22uF del circuito final, aplicando 3 pulsaciones en el generador

*Fuente: Captura propia*

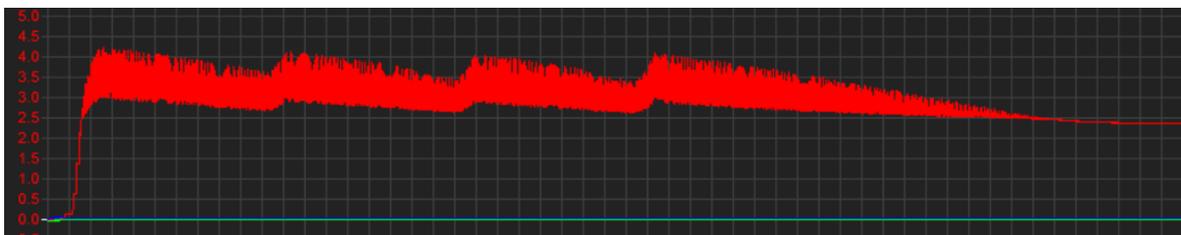


Figura 59: Señal de voltaje en el capacitor de 22uF del circuito final, aplicando 4 pulsaciones en el generador

*Fuente: Captura propia*

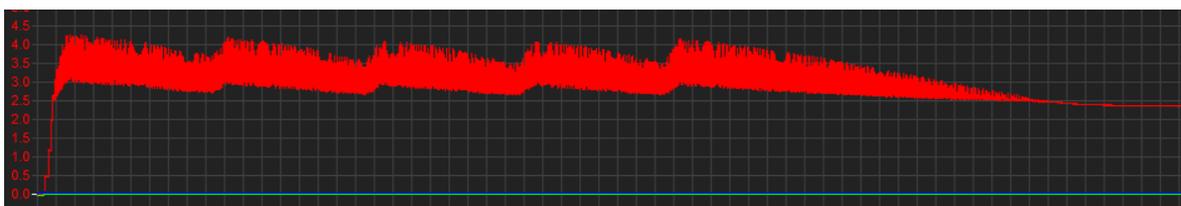


Figura 60: Señal de voltaje en el capacitor de 22uF del circuito final, aplicando 5 pulsaciones en el generador

*Fuente: Captura propia*

- **Gráficas de voltaje utilizando un capacitor de 100uF en el circuito final**

A continuación, se presenta las gráficas del voltaje obtenidas en la resistencia de 20 Ohm y en el capacitor, donde se aplicó entre 1 a 5 pulsaciones consecutivas en el generador. Para este caso se tiene en cuenta la medida de cada cuadro del osciloscopio, el cual es de 100 ms. Toda pulsación efectuada tuvo un tiempo estimado de 30 ms que fue medido con ayuda de un cronómetro durante el momento que se aplica presión en el pulsador.

En las Figuras 61 al 70 se expresan las señales de voltaje de la resistencia y condensador, donde los capacitores tienen el valor de 100uF.

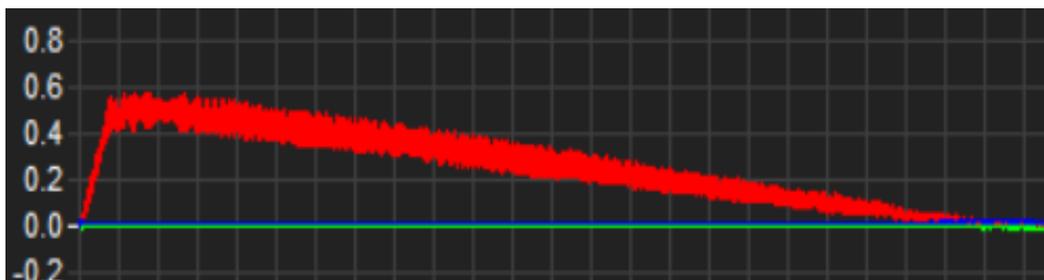


Figura 61: Señal de voltaje en la resistencia aplicando 1 pulsación en el generador y utilizando el capacitor de 100uF en circuito final

*Fuente: Captura propia*

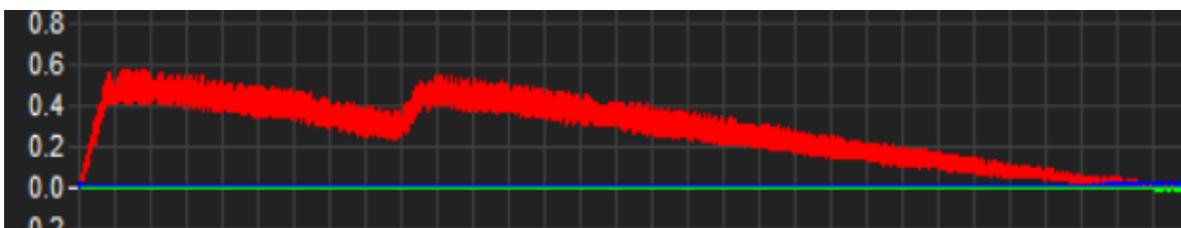


Figura 62: Señal de voltaje en la resistencia aplicando 2 pulsaciones en el generador y utilizando el capacitor de 100uF en circuito final

*Fuente: Captura propia*

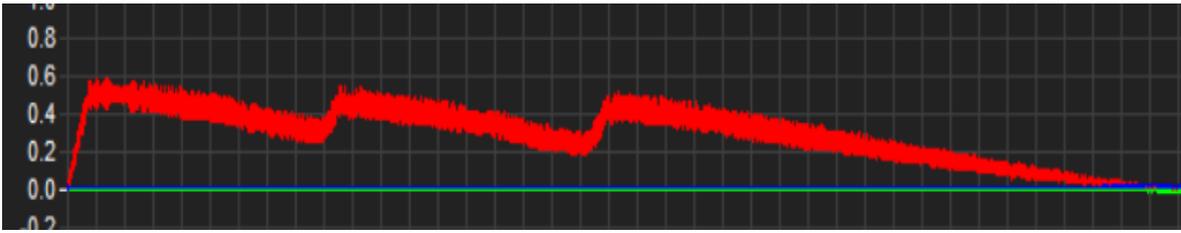


Figura 63: Señal de voltaje en la resistencia aplicando 3 pulsaciones en el generador y utilizando el capacitor de 100uF en circuito final

*Fuente: Captura propia*

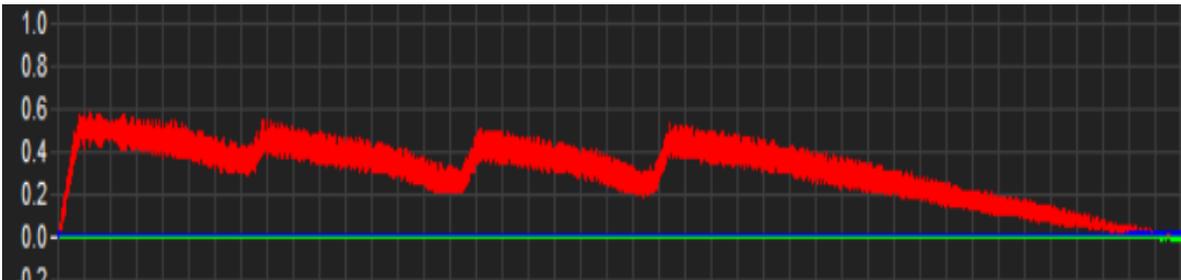


Figura 64: Señal de voltaje en la resistencia aplicando 4 pulsaciones en el generador, utilizando el capacitor de 100uF en circuito final

*Fuente: Captura propia*

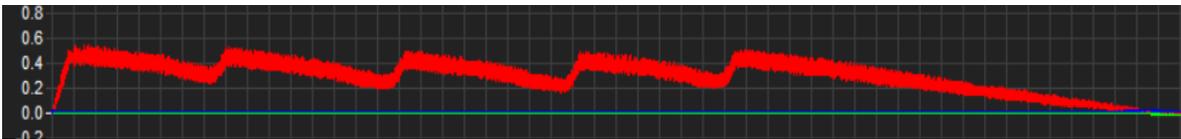


Figura 65: Señal de voltaje en la resistencia aplicando 5 pulsaciones en el generador, utilizando el capacitor de 100uF en circuito final

*Fuente: Captura propia*



Figura 66: Señal de voltaje en el capacitor de 100uF del circuito final, aplicando 1 pulsación en el generador

*Fuente: Captura propia*

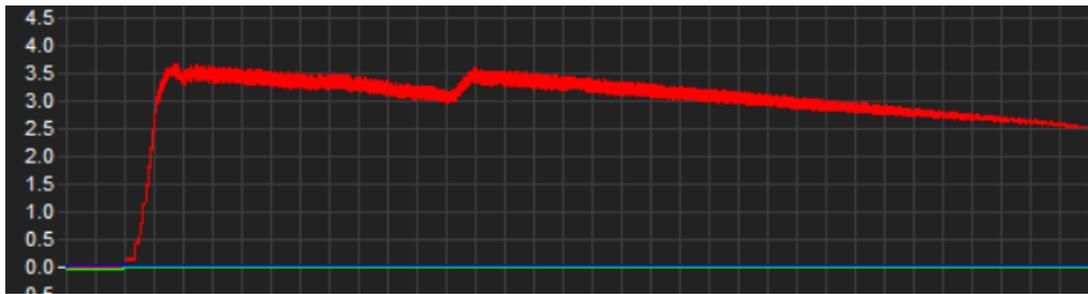


Figura 67: Señal de voltaje en el capacitor de 100uF del circuito final, aplicando 2 pulsaciones en el generador

*Fuente: Captura propia*



Figura 68: Señal de voltaje en el capacitor de 100uF del circuito final, aplicando 3 pulsaciones en el generador

*Fuente: Captura propia*

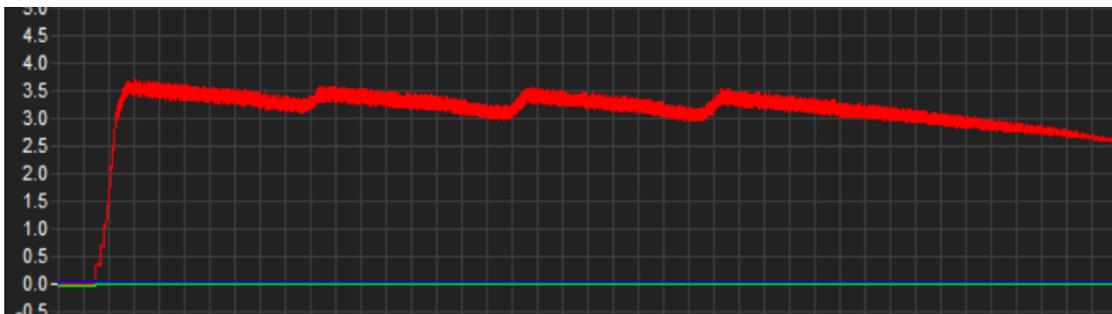


Figura 69: Señal de voltaje en el capacitor de 100uF del circuito final, aplicando 4 pulsaciones en el generador

*Fuente: Captura propia*

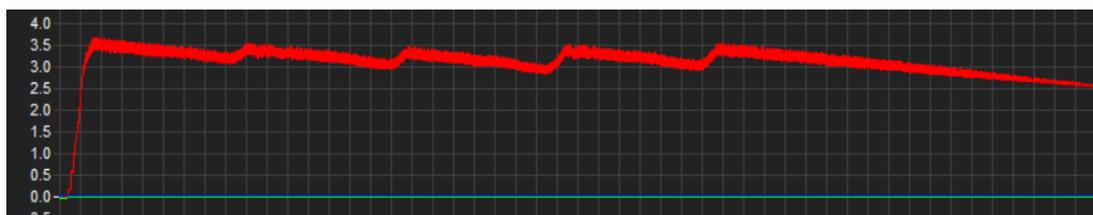


Figura 70: Señal de voltaje en el capacitor de 100uF del circuito final, aplicando 5 pulsaciones en el generador

*Fuente: Captura propia*

### 3.4. Procesamiento y análisis de datos

Los datos obtenidos por medio del software de adquisición de datos sirvieron para realizar su procesamiento y análisis por medio de las técnicas de tabulación y los gráficos estadísticos. En vista de las pruebas anteriores se optó por realizar el análisis del sistema electromecánico utilizando el condensador de 100uF, por ser el que genera menor ruido en la señal mostrada en el osciloscopio. Los análisis expresados en este apartado son para los casos donde se realizaron 1; 3 y 5 pulsaciones en el generador. Adjuntando el resto de pulsaciones en el Anexo 4.

#### 3.4.1. Cuantificación de los niveles de voltaje, corriente y energía en el circuito inicial

Para hallar los valores entregados por el generador se optó por calcularlos con ayuda de los gráficos obtenidos de la resistencia y condensador.

##### 3.4.1.1. Análisis de las señales en la resistencia y condensador aplicando 1 pulsación en el generador

Para realizar el análisis de las señales obtenidas, se necesitó aplicar la aproximación del área bajo la curva en la señal, segmentándola en rectángulos con bases iguales.

Para esta prueba, el periodo de ambas señales tiene un valor de 1600ms, por lo tanto, ambas señales fueron divididas en 32 partes con bases del mismo intervalo de tiempo (50ms) como se muestra en la Figura 71 y Figura 72.

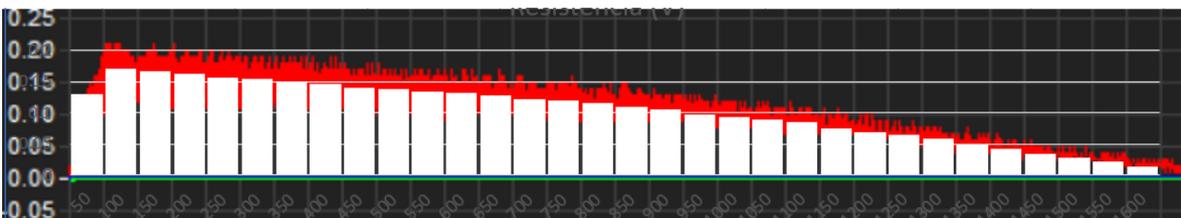


Figura 71: Señal de voltaje en la resistencia aplicando aproximación bajo la curva

*Fuente: Captura propia*

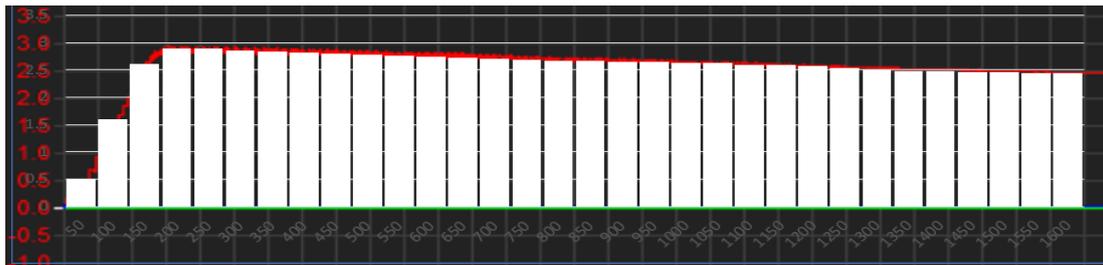


Figura 72: Señal de voltaje en el capacitor aplicando aproximación bajo la curva

*Fuente: Captura propia*

Los datos de voltaje obtenidos para cada intervalo de tiempo en la Figura 71 y Figura 72 se muestran en la Tabla 3, donde se pudieron obtener por el método de aproximación bajo la curva.

Tabla 3: Valores de voltaje para cada intervalo de tiempo

n	t (ms)	Condensador	Resistencia
		Voltaje(V)	Voltaje (V)
1	50	0.5	0.13
2	100	1.6	0.17
3	150	2.6	0.167
4	200	2.89	0.162
5	250	2.88	0.157
6	300	2.86	0.154
7	350	2.84	0.15
8	400	2.82	0.146
9	450	2.8	0.141
10	500	2.78	0.138
11	550	2.76	0.135
12	600	2.74	0.132
13	650	2.72	0.129
14	700	2.7	0.123
15	750	2.68	0.12
16	800	2.67	0.115
17	850	2.66	0.11
18	900	2.65	0.105
19	950	2.64	0.098
20	1000	2.63	0.093
21	1050	2.62	0.089
22	1100	2.59	0.085
23	1150	2.58	0.075
24	1200	2.56	0.07
25	1250	2.53	0.065
26	1300	2.5	0.058

27	1350	2.48	0.049
28	1400	2.47	0.042
29	1450	2.46	0.035
30	1500	2.45	0.029
31	1550	2.44	0.022
32	1600	2.43	0.014

Fuente: Elaboración propia

Conociendo los valores de voltaje en la resistencia ( $V_R$ ) para cada intervalo de tiempo (50ms), se procedió a dividir cada uno de estos valores entre la resistencia ( $R$ ), el cual es 20 Ohm, de esta forma se puede conocer la corriente ( $I_R$ ) en cada intervalo de tiempo que pasa por este componente.

$$I_R = \frac{V_R}{R}$$

Obteniendo así los valores de la corriente en la resistencia expresado en la Tabla 4.

Tabla 4: Valores de voltaje y corriente para cada intervalo de tiempo

n	t (ms)	Condensador	Resistencia	
		Voltaje(V)	Voltaje (V)	Corriente (A)
1	50	0.5	0.13	0.0065
2	100	1.6	0.17	0.0085
3	150	2.6	0.167	0.00835
4	200	2.89	0.162	0.0081
5	250	2.88	0.157	0.00785
6	300	2.86	0.154	0.0077
7	350	2.84	0.15	0.0075
8	400	2.82	0.146	0.0073
9	450	2.8	0.141	0.00705
10	500	2.78	0.138	0.0069
11	550	2.76	0.135	0.00675
12	600	2.74	0.132	0.0066
13	650	2.72	0.129	0.00645
14	700	2.7	0.123	0.00615
15	750	2.68	0.12	0.006
16	800	2.67	0.115	0.00575
17	850	2.66	0.11	0.0055
18	900	2.65	0.105	0.00525
19	950	2.64	0.098	0.0049
20	1000	2.63	0.093	0.00465

21	1050	2.62	0.089	0.00445
22	1100	2.59	0.085	0.00425
23	1150	2.58	0.075	0.00375
24	1200	2.56	0.07	0.0035
25	1250	2.53	0.065	0.00325
26	1300	2.5	0.058	0.0029
27	1350	2.48	0.049	0.00245
28	1400	2.47	0.042	0.0021
29	1450	2.46	0.035	0.00175
30	1500	2.45	0.029	0.00145
31	1550	2.44	0.022	0.0011
32	1600	2.43	0.014	0.0007

Fuente: Elaboración propia

Obteniendo la gráfica de la corriente en la resistencia representado en la Figura 73.

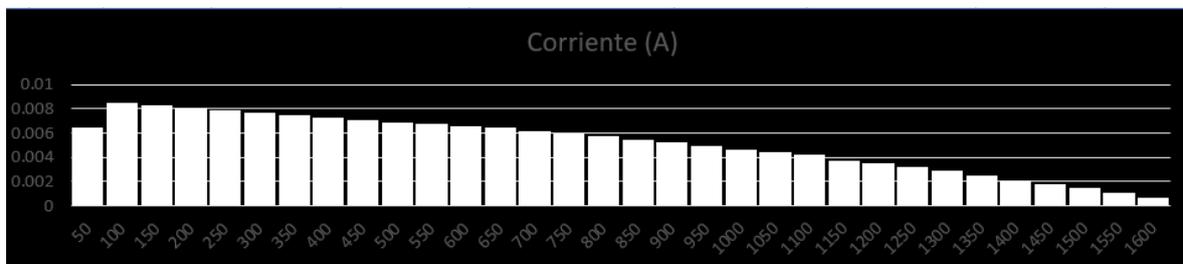


Figura 73: Señal de la corriente en la resistencia

Fuente: Elaboración propia

Una vez obtenidos los valores de corriente y voltaje para cada intervalo de tiempo, se procedió a multiplicarlos por su base ( $\Delta t=50\text{ms}$ ) para poder obtener el área de cada rectángulo y así realizar la sumatoria de todas ellas, dividiéndola entre el periodo total. Obteniendo los valores promedio de voltaje ( $V_p$ ) y corriente ( $I_p$ ) expresados en la Tabla 5.

$$V_p = \frac{1}{T} \sum V_C \Delta t \quad ; \quad I_p = \frac{1}{T} \sum I_R \Delta t$$

Tabla 5: Valores promedio de voltaje y corriente generado

n	t (ms)	Condensador	Resistencia		Áreas	
		Voltaje(V)	Voltaje (V)	Corriente (A)	Voltaje en C (V.ms)	Corriente en R (A.ms)
1	50	0.5	0.13	0.0065	25	0.325
2	100	1.6	0.17	0.0085	80	0.425
3	150	2.6	0.167	0.00835	130	0.4175
4	200	2.89	0.162	0.0081	144.5	0.405
5	250	2.88	0.157	0.00785	144	0.3925
6	300	2.86	0.154	0.0077	143	0.385
7	350	2.84	0.15	0.0075	142	0.375
8	400	2.82	0.146	0.0073	141	0.365
9	450	2.8	0.141	0.00705	140	0.3525
10	500	2.78	0.138	0.0069	139	0.345
11	550	2.76	0.135	0.00675	138	0.3375
12	600	2.74	0.132	0.0066	137	0.33
13	650	2.72	0.129	0.00645	136	0.3225
14	700	2.7	0.123	0.00615	135	0.3075
15	750	2.68	0.12	0.006	134	0.3
16	800	2.67	0.115	0.00575	133.5	0.2875
17	850	2.66	0.11	0.0055	133	0.275
18	900	2.65	0.105	0.00525	132.5	0.2625
19	950	2.64	0.098	0.0049	132	0.245
20	1000	2.63	0.093	0.00465	131.5	0.2325
21	1050	2.62	0.089	0.00445	131	0.2225
22	1100	2.59	0.085	0.00425	129.5	0.2125
23	1150	2.58	0.075	0.00375	129	0.1875
24	1200	2.56	0.07	0.0035	128	0.175
25	1250	2.53	0.065	0.00325	126.5	0.1625
26	1300	2.5	0.058	0.0029	125	0.145
27	1350	2.48	0.049	0.00245	124	0.1225
28	1400	2.47	0.042	0.0021	123.5	0.105
29	1450	2.46	0.035	0.00175	123	0.0875
30	1500	2.45	0.029	0.00145	122.5	0.0725
31	1550	2.44	0.022	0.0011	122	0.055
32	1600	2.43	0.014	0.0007	121.5	0.035
<b>TOTAL</b>					<b>4076.5</b>	<b>8.27</b>
Valor prom. =Total/T =					2.5478125	0.00516875

Fuente: Elaboración propia

Obteniendo los siguientes valores:

**$V_p = 2.548 \text{ V}$**

**$I_p = 5.169 \text{ mA}$**

Para conocer la energía eléctrica que genera el sistema, se inició en tomar las áreas calculadas anteriormente tanto en la resistencia como en el capacitor.

Se realizó la multiplicación del área de la resistencia y capacitor por su intervalo de tiempo.

$$\text{Área de Voltaje en C [V.ms]} \times \text{Área de Corriente en R [A.ms]} = \text{Área de Energía Eléctrica [W.ms}^2\text{]}$$

En vista que el valor obtenido es el área, se dividió el área de la energía entre la base del cada rectángulo, obteniendo así los valores de la energía eléctrica mostrados en la Tabla 6.

$$\text{Área de Energía Eléctrica [W.ms}^2\text{]} / \text{Base [ms]} = \text{Energía Eléctrica [W.ms]}$$

Tabla 6: Cálculo de energía generada

n	Áreas			Energía	
	Voltaje en C (V.ms)	Corriente en R (A.ms)	Energía (W.ms <sup>2</sup> )	W.ms	W.s
1	25	0.325	8.125	0.1625	0.0001625
2	80	0.425	34	0.68	0.00068
3	130	0.4175	54.275	1.0855	0.0010855
4	144.5	0.405	58.5225	1.17045	0.00117045
5	144	0.3925	56.52	1.1304	0.0011304
6	143	0.385	55.055	1.1011	0.0011011
7	142	0.375	53.25	1.065	0.001065
8	141	0.365	51.465	1.0293	0.0010293
9	140	0.3525	49.35	0.987	0.000987
10	139	0.345	47.955	0.9591	0.0009591
11	138	0.3375	46.575	0.9315	0.0009315
12	137	0.33	45.21	0.9042	0.0009042
13	136	0.3225	43.86	0.8772	0.0008772
14	135	0.3075	41.5125	0.83025	0.00083025
15	134	0.3	40.2	0.804	0.000804
16	133.5	0.2875	38.38125	0.767625	0.000767625
17	133	0.275	36.575	0.7315	0.0007315
18	132.5	0.2625	34.78125	0.695625	0.000695625
19	132	0.245	32.34	0.6468	0.0006468
20	131.5	0.2325	30.57375	0.611475	0.000611475
21	131	0.2225	29.1475	0.58295	0.00058295
22	129.5	0.2125	27.51875	0.550375	0.000550375

23	129	0.1875	24.1875	0.48375	0.00048375
24	128	0.175	22.4	0.448	0.000448
25	126.5	0.1625	20.55625	0.411125	0.000411125
26	125	0.145	18.125	0.3625	0.0003625
27	124	0.1225	15.19	0.3038	0.0003038
28	123.5	0.105	12.9675	0.25935	0.00025935
29	123	0.0875	10.7625	0.21525	0.00021525
30	122.5	0.0725	8.88125	0.177625	0.000177625
31	122	0.055	6.71	0.1342	0.0001342
32	121.5	0.035	4.2525	0.08505	0.00008505
TOTAL					0.0211845

Fuente: Elaboración propia

### 3.4.1.2. Análisis de las señales en la resistencia y condensador aplicando 3 pulsaciones en el generador

Para realizar el análisis de las señales obtenidas, se necesitó aplicar la aproximación del área bajo la curva en la señal, segmentándola en rectángulos con bases iguales.

Para esta prueba, el periodo de ambas señales tiene un valor de 2600ms, por lo tanto, ambas señales fueron divididas en 26 partes con bases del mismo intervalo de tiempo (100ms) como se muestra en la Figura 74 y Figura 75.

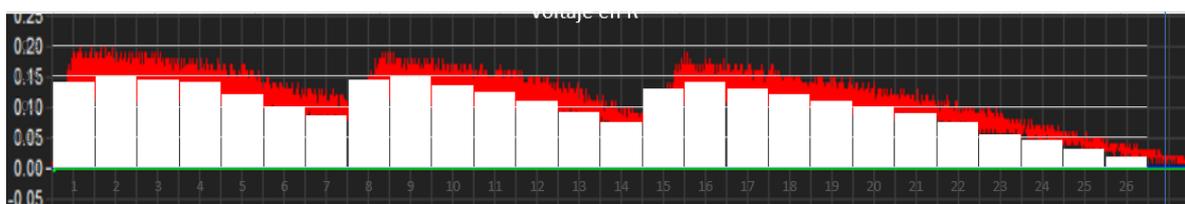


Figura 74: Señal de voltaje en la resistencia aplicando aproximación bajo la curva

Fuente: Captura propia

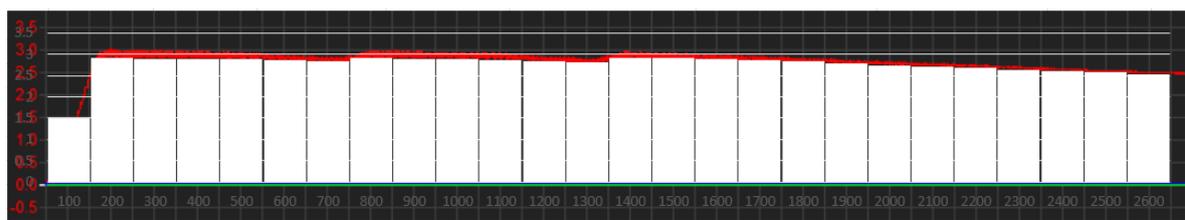


Figura 75: Señal de voltaje en el capacitor aplicando aproximación bajo la curva

Fuente: Captura propia

Los datos de voltaje obtenidos para cada intervalo de tiempo en la Figura 74 y Figura 75 se muestran en la Tabla 7, donde se pudieron obtener por el método de aproximación bajo la curva.

Tabla 7: Valores de voltaje para cada intervalo de tiempo

n	t (ms)	Condensador	Resistencia
		Voltaje(V)	Voltaje (V)
1	100	1.5	0.14
2	200	2.92	0.15
3	300	2.89	0.145
4	400	2.88	0.14
5	500	2.88	0.12
6	600	2.86	0.1
7	700	2.84	0.085
8	800	2.9	0.145
9	900	2.89	0.15
10	1000	2.88	0.135
11	1100	2.87	0.125
12	1200	2.83	0.11
13	1300	2.8	0.092
14	1400	2.92	0.075
15	1500	2.9	0.13
16	1600	2.88	0.14
17	1700	2.86	0.13
18	1800	2.84	0.12
19	1900	2.77	0.11
20	2000	2.73	0.1
21	2100	2.7	0.09
22	2200	2.68	0.075
23	2300	2.63	0.055
24	2400	2.6	0.045
25	2500	2.57	0.031
26	2600	2.53	0.018

Fuente: Elaboración propia

Conociendo los valores de voltaje en la resistencia ( $V_R$ ) para cada intervalo de tiempo (100ms), se procedió a dividir cada uno de estos valores entre la resistencia ( $R$ ), el cual es 20 Ohm, de esta forma se puede conocer la corriente ( $I_R$ ) en cada intervalo de tiempo que pasa por este componente.

$$I_R = \frac{V_R}{R}$$

Obteniendo así, los valores de la corriente en la resistencia expresado en la Tabla 8.

Tabla 8: Valores de voltaje y corriente para cada intervalo de tiempo

n	t (ms)	Condensador	Resistencia	
		Voltaje(V)	Voltaje (V)	Corriente (A)
1	100	1.5	0.14	0.007
2	200	2.92	0.15	0.0075
3	300	2.89	0.145	0.00725
4	400	2.88	0.14	0.007
5	500	2.88	0.12	0.006
6	600	2.86	0.1	0.005
7	700	2.84	0.085	0.00425
8	800	2.9	0.145	0.00725
9	900	2.89	0.15	0.0075
10	1000	2.88	0.135	0.00675
11	1100	2.87	0.125	0.00625
12	1200	2.83	0.11	0.0055
13	1300	2.8	0.092	0.0046
14	1400	2.92	0.075	0.00375
15	1500	2.9	0.13	0.0065
16	1600	2.88	0.14	0.007
17	1700	2.86	0.13	0.0065
18	1800	2.84	0.12	0.006
19	1900	2.77	0.11	0.0055
20	2000	2.73	0.1	0.005
21	2100	2.7	0.09	0.0045
22	2200	2.68	0.075	0.00375
23	2300	2.63	0.055	0.00275
24	2400	2.6	0.045	0.00225
25	2500	2.57	0.031	0.00155
26	2600	2.53	0.018	0.0009

Fuente: Elaboración propia

Obteniendo la gráfica de la corriente en la resistencia (Figura 76).

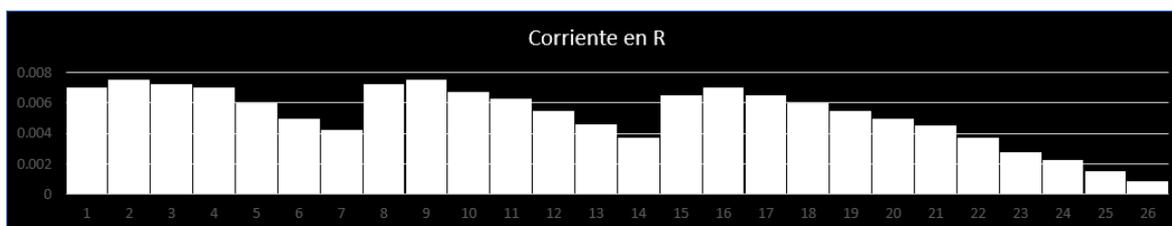


Figura 76: Señal de la corriente en la resistencia

Fuente: Elaboración propia

Una vez obtenidos los valores de corriente y voltaje para cada intervalo de tiempo, se procedió a multiplicarlos por su base ( $\Delta t=100\text{ms}$ ), para poder obtener el área de cada rectángulo y así realizar la sumatoria de todas ellas dividiéndola entre el periodo total, obteniendo los valores promedio de voltaje ( $V_p$ ) y corriente ( $I_p$ ), tal como se muestra en la Tabla 9.

$$V_p = \frac{1}{T} \sum V_C \Delta t \quad ; \quad I_p = \frac{1}{T} \sum I_R \Delta t$$

Tabla 9: Valores promedio de voltaje y corriente generado

n	t (ms)	Condensador	Resistencia		Áreas	
		Voltaje(V)	Voltaje (V)	Corriente (A)	Voltaje en C (V.ms)	Corriente en R (A.ms)
1	100	1.5	0.14	0.007	150	0.7
2	200	2.92	0.15	0.0075	292	0.75
3	300	2.89	0.145	0.00725	289	0.725
4	400	2.88	0.14	0.007	288	0.7
5	500	2.88	0.12	0.006	288	0.6
6	600	2.86	0.1	0.005	286	0.5
7	700	2.84	0.085	0.00425	284	0.425
8	800	2.9	0.145	0.00725	290	0.725
9	900	2.89	0.15	0.0075	289	0.75
10	1000	2.88	0.135	0.00675	288	0.675
11	1100	2.87	0.125	0.00625	287	0.625
12	1200	2.83	0.11	0.0055	283	0.55
13	1300	2.8	0.092	0.0046	280	0.46
14	1400	2.92	0.075	0.00375	292	0.375
15	1500	2.9	0.13	0.0065	290	0.65
16	1600	2.88	0.14	0.007	288	0.7
17	1700	2.86	0.13	0.0065	286	0.65
18	1800	2.84	0.12	0.006	284	0.6
19	1900	2.77	0.11	0.0055	277	0.55
20	2000	2.73	0.1	0.005	273	0.5
21	2100	2.7	0.09	0.0045	270	0.45
22	2200	2.68	0.075	0.00375	268	0.375
23	2300	2.63	0.055	0.00275	263	0.275
24	2400	2.6	0.045	0.00225	260	0.225
25	2500	2.57	0.031	0.00155	257	0.155
26	2600	2.53	0.018	0.0009	253	0.09
			<b>TOTAL</b>		<b>7155</b>	<b>13.78</b>
			Valor prom. =Total/T =		2.751923077	0.0053

Fuente: Elaboración propia

Obteniendo los siguientes valores:

$$V_p = 2.752 \text{ V}$$

$$I_p = 5.3 \text{ mA}$$

Para conocer la energía eléctrica que genera el sistema, se inició en tomar las áreas calculadas anteriormente tanto en la resistencia como en el capacitor.

Se realizó la multiplicación del área de la resistencia y capacitor por cada intervalo de tiempo.

$$\text{Área de Voltaje en C [V.ms]} \times \text{Área de Corriente en R [A.ms]} = \text{Área de Energía Eléctrica [W.ms}^2\text{]}$$

En vista que el valor obtenido es el área, se dividió el área de la energía entre la base de cada rectángulo, obteniendo así los valores de la energía eléctrica mostrados en la Tabla 10.

$$\text{Área de Energía Eléctrica [W.ms}^2\text{]} / \text{Base [ms]} = \text{Energía Eléctrica [W.ms]}$$

Tabla 10: Cálculo de energía generada

n	Áreas			Energía	
	Voltaje en C (V.ms)	Corriente en R (A.ms)	Energía (W.ms <sup>2</sup> )	W.ms	W.s
1	150	0.7	105	1.05	0.00105
2	292	0.75	219	2.19	0.00219
3	289	0.725	209.525	2.09525	0.00209525
4	288	0.7	201.6	2.016	0.002016
5	288	0.6	172.8	1.728	0.001728
6	286	0.5	143	1.43	0.00143
7	284	0.425	120.7	1.207	0.001207
8	290	0.725	210.25	2.1025	0.0021025
9	289	0.75	216.75	2.1675	0.0021675
10	288	0.675	194.4	1.944	0.001944
11	287	0.625	179.375	1.79375	0.00179375
12	283	0.55	155.65	1.5565	0.0015565
13	280	0.46	128.8	1.288	0.001288
14	292	0.375	109.5	1.095	0.001095
15	290	0.65	188.5	1.885	0.001885
16	288	0.7	201.6	2.016	0.002016
17	286	0.65	185.9	1.859	0.001859
18	284	0.6	170.4	1.704	0.001704

19	277	0.55	152.35	1.5235	0.0015235
20	273	0.5	136.5	1.365	0.001365
21	270	0.45	121.5	1.215	0.001215
22	268	0.375	100.5	1.005	0.001005
23	263	0.275	72.325	0.72325	0.00072325
24	260	0.225	58.5	0.585	0.000585
25	257	0.155	39.835	0.39835	0.00039835
26	253	0.09	22.77	0.2277	0.0002277
TOTAL					0.0381703

Fuente: Elaboración propia

### 3.4.1.3. Análisis de las señales en la resistencia y condensador aplicando 5 pulsaciones en el generador

Para realizar el análisis de las señales obtenidas, se necesitó aplicar la aproximación del área bajo la curva en la señal, segmentándola en rectángulos con bases iguales.

Para esta prueba, el periodo de ambas señales tiene un valor de 4000ms, por lo tanto, ambas señales fueron divididas en 40 partes con bases del mismo intervalo de tiempo (100ms) como se muestra en la Figura 77 y Figura 78.

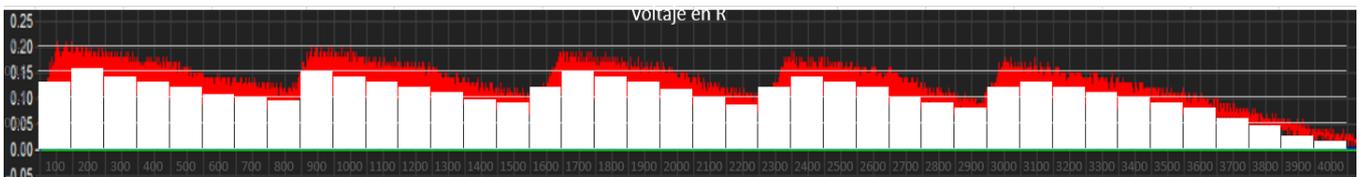


Figura 77: Señal de voltaje en la resistencia aplicando aproximación bajo la curva

Fuente: Captura propia

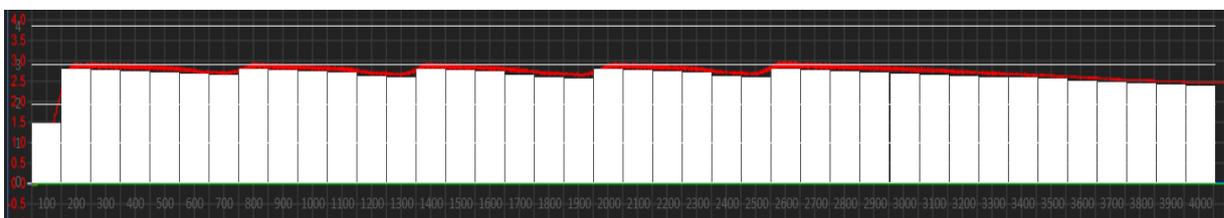


Figura 78: Señal de voltaje en el capacitor aplicando aproximación bajo la curva

Fuente: Captura propia

Los datos de voltaje obtenidos para cada intervalo de tiempo en la Figura 77 y Figura 78 se muestran en la Tabla 11, donde se pudieron obtener por el método de aproximación bajo la curva.

Tabla 11: Valores de voltaje para cada intervalo de tiempo

n	t (ms)	Condensador	Resistencia
		Voltaje(V)	Voltaje (V)
1	100	1.5	0.13
2	200	2.9	0.155
3	300	2.87	0.14
4	400	2.84	0.13
5	500	2.81	0.12
6	600	2.79	0.105
7	700	2.76	0.1
8	800	2.9	0.093
9	900	2.87	0.15
10	1000	2.84	0.14
11	1100	2.81	0.13
12	1200	2.73	0.12
13	1300	2.7	0.11
14	1400	2.9	0.095
15	1500	2.87	0.09
16	1600	2.84	0.12
17	1700	2.76	0.15
18	1800	2.7	0.14
19	1900	2.67	0.13
20	2000	2.9	0.115
21	2100	2.87	0.1
22	2200	2.84	0.085
23	2300	2.81	0.12
24	2400	2.73	0.14
25	2500	2.7	0.13
26	2600	2.9	0.12
27	2700	2.87	0.1
28	2800	2.84	0.09
29	2900	2.81	0.08
30	3000	2.78	0.12
31	3100	2.74	0.13
32	3200	2.72	0.12
33	3300	2.7	0.11
34	3400	2.68	0.1
35	3500	2.65	0.09
36	3600	2.61	0.08

37	3700	2.56	0.06
38	3800	2.52	0.045
39	3900	2.5	0.025
40	4000	2.48	0.015

Fuente: Elaboración propia

Conociendo los valores de voltaje en la resistencia ( $V_R$ ) para cada intervalo de tiempo (100ms), se procedió a dividir cada uno de estos valores entre la resistencia ( $R$ ), el cual es 20 Ohm, de esta forma se puede conocer la corriente ( $I_R$ ) en cada intervalo de tiempo que pasa por este componente.

$$I_R = \frac{V_R}{R}$$

Obteniendo así los valores de la corriente en la resistencia expresado en la Tabla 12.

Tabla 12: Valores de voltaje y corriente para cada intervalo de tiempo

n	t (ms)	Condensador	Resistencia	
		Voltaje(V)	Voltaje (V)	Corriente (A)
1	100	1.5	0.13	0.0065
2	200	2.9	0.155	0.00775
3	300	2.87	0.14	0.007
4	400	2.84	0.13	0.0065
5	500	2.81	0.12	0.006
6	600	2.79	0.105	0.00525
7	700	2.76	0.1	0.005
8	800	2.9	0.093	0.00465
9	900	2.87	0.15	0.0075
10	1000	2.84	0.14	0.007
11	1100	2.81	0.13	0.0065
12	1200	2.73	0.12	0.006
13	1300	2.7	0.11	0.0055
14	1400	2.9	0.095	0.00475
15	1500	2.87	0.09	0.0045
16	1600	2.84	0.12	0.006
17	1700	2.76	0.15	0.0075
18	1800	2.7	0.14	0.007
19	1900	2.67	0.13	0.0065
20	2000	2.9	0.115	0.00575
21	2100	2.87	0.1	0.005
22	2200	2.84	0.085	0.00425
23	2300	2.81	0.12	0.006

24	2400	2.73	0.14	0.007
25	2500	2.7	0.13	0.0065
26	2600	2.9	0.12	0.006
27	2700	2.87	0.1	0.005
28	2800	2.84	0.09	0.0045
29	2900	2.81	0.08	0.004
30	3000	2.78	0.12	0.006
31	3100	2.74	0.13	0.0065
32	3200	2.72	0.12	0.006
33	3300	2.7	0.11	0.0055
34	3400	2.68	0.1	0.005
35	3500	2.65	0.09	0.0045
36	3600	2.61	0.08	0.004
37	3700	2.56	0.06	0.003
38	3800	2.52	0.045	0.00225
39	3900	2.5	0.025	0.00125
40	4000	2.48	0.015	0.00075

Fuente: Elaboración propia

Obteniendo la gráfica de la corriente en la resistencia representado en la Figura 79.

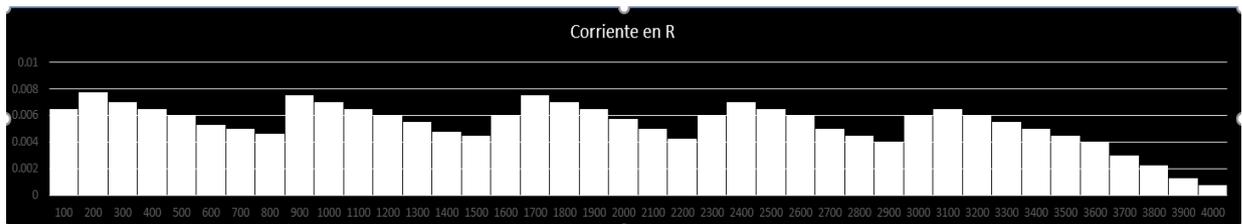


Figura 79: Señal de la corriente en la resistencia

Fuente: Elaboración propia

Una vez obtenidos los valores de corriente y voltaje para cada intervalo de tiempo, se procedió a multiplicarlos por su base ( $\Delta t=100\text{ms}$ ), para poder obtener el área de cada rectángulo y así realizar la sumatoria de todas ellas dividiéndola entre el periodo total, obteniendo de esta forma los valores promedio de voltaje ( $V_p$ ) y corriente ( $I_p$ ), tal como se muestra en la Tabla 13.

$$V_p = \frac{1}{T} \sum V_C \Delta t \quad ; \quad I_p = \frac{1}{T} \sum I_R \Delta t$$

Tabla 13: Valores promedio de voltaje y corriente generado

n	t (ms)	Condensador	Resistencia		Áreas	
		Voltaje(V)	Voltaje (V)	Corriente (A)	Voltaje en C (V.ms)	Corriente en R (A.ms)
1	100	1.5	0.13	0.0065	150	0.65
2	200	2.9	0.155	0.00775	290	0.775
3	300	2.87	0.14	0.007	287	0.7
4	400	2.84	0.13	0.0065	284	0.65
5	500	2.81	0.12	0.006	281	0.6
6	600	2.79	0.105	0.00525	279	0.525
7	700	2.76	0.1	0.005	276	0.5
8	800	2.9	0.093	0.00465	290	0.465
9	900	2.87	0.15	0.0075	287	0.75
10	1000	2.84	0.14	0.007	284	0.7
11	1100	2.81	0.13	0.0065	281	0.65
12	1200	2.73	0.12	0.006	273	0.6
13	1300	2.7	0.11	0.0055	270	0.55
14	1400	2.9	0.095	0.00475	290	0.475
15	1500	2.87	0.09	0.0045	287	0.45
16	1600	2.84	0.12	0.006	284	0.6
17	1700	2.76	0.15	0.0075	276	0.75
18	1800	2.7	0.14	0.007	270	0.7
19	1900	2.67	0.13	0.0065	267	0.65
20	2000	2.9	0.115	0.00575	290	0.575
21	2100	2.87	0.1	0.005	287	0.5
22	2200	2.84	0.085	0.00425	284	0.425
23	2300	2.81	0.12	0.006	281	0.6
24	2400	2.73	0.14	0.007	273	0.7
25	2500	2.7	0.13	0.0065	270	0.65
26	2600	2.9	0.12	0.006	290	0.6
27	2700	2.87	0.1	0.005	287	0.5
28	2800	2.84	0.09	0.0045	284	0.45
29	2900	2.81	0.08	0.004	281	0.4
30	3000	2.78	0.12	0.006	278	0.6
31	3100	2.74	0.13	0.0065	274	0.65
32	3200	2.72	0.12	0.006	272	0.6
33	3300	2.7	0.11	0.0055	270	0.55
34	3400	2.68	0.1	0.005	268	0.5
35	3500	2.65	0.09	0.0045	265	0.45
36	3600	2.61	0.08	0.004	261	0.4
37	3700	2.56	0.06	0.003	256	0.3
38	3800	2.52	0.045	0.00225	252	0.225
39	3900	2.5	0.025	0.00125	250	0.125
40	4000	2.48	0.015	0.00075	248	0.075
		<b>TOTAL</b>			<b>10927</b>	<b>21.615</b>
		Valor prom. =Total/T =			2.73175	0.00540375

Fuente: Elaboración propia

Obteniendo los siguientes valores:

$$V_p = 2.732 \text{ V}$$

$$I_p = 5.4 \text{ mA}$$

Para conocer la energía eléctrica que genera el sistema, se inició en tomar las áreas calculadas anteriormente tanto en la resistencia como en el capacitor.

Se realizó la multiplicación del área de la resistencia y capacitor por cada intervalo de tiempo.

$$\text{Área de Voltaje en C [V.ms]} \times \text{Área de Corriente en R [A.ms]} = \text{Área de Energía Eléctrica [W.ms}^2\text{]}$$

En vista que el valor obtenido es el área, se dividió el área de la energía entre la base del cada rectángulo, obteniendo así los valores de la energía eléctrica mostrados en la Tabla 14.

$$\text{Área de Energía Eléctrica [W.ms}^2\text{]} / \text{Base [ms]} = \text{Energía Eléctrica [W.ms]}$$

Tabla 14: Cálculo de energía generada

n	Áreas			Energía	
	Voltaje en C (V.ms)	Corriente en R (A.ms)	Energía (W.ms <sup>2</sup> )	W.ms	W.s
1	150	0.65	97.5	0.975	0.000975
2	290	0.775	224.75	2.2475	0.002248
3	287	0.7	200.9	2.009	0.002009
4	284	0.65	184.6	1.846	0.001846
5	281	0.6	168.6	1.686	0.001686
6	279	0.525	146.475	1.46475	0.001465
7	276	0.5	138	1.38	0.00138
8	290	0.465	134.85	1.3485	0.001349
9	287	0.75	215.25	2.1525	0.0021525
10	284	0.7	198.8	1.988	0.001988
11	281	0.65	182.65	1.8265	0.0018265
12	273	0.6	163.8	1.638	0.001638
13	270	0.55	148.5	1.485	0.001485
14	290	0.475	137.75	1.3775	0.001378
15	287	0.45	129.15	1.2915	0.0012915

16	284	0.6	170.4	1.704	0.001704
17	276	0.75	207	2.07	0.00207
18	270	0.7	189	1.89	0.001890
19	267	0.65	173.55	1.7355	0.0017355
20	290	0.575	166.75	1.6675	0.001668
21	287	0.5	143.5	1.435	0.001435
22	284	0.425	120.7	1.207	0.001207
23	281	0.6	168.6	1.686	0.001686
24	273	0.7	191.1	1.911	0.001911
25	270	0.65	175.5	1.755	0.001755
26	290	0.6	174	1.74	0.001740
27	287	0.5	143.5	1.435	0.001435
28	284	0.45	127.8	1.278	0.001278
29	281	0.4	112.4	1.124	0.001124
30	278	0.6	166.8	1.668	0.001668
31	274	0.65	178.1	1.781	0.001781
32	272	0.6	163.2	1.632	0.001632
33	270	0.55	148.5	1.485	0.001485
34	268	0.5	134	1.34	0.001340
35	265	0.45	119.25	1.1925	0.0011925
36	261	0.4	104.4	1.044	0.001044
37	256	0.3	76.8	0.768	0.000768
38	252	0.225	56.7	0.567	0.000567
39	250	0.125	31.25	0.3125	0.0003125
40	248	0.075	18.6	0.186	0.000186
TOTAL					0.0593

Fuente: Elaboración propia

### 3.4.2. Cuantificación de los niveles de voltaje, corriente y energía en el circuito final

Para hallar los valores de corriente y voltaje entregados por el generador se optó por calcularlos con ayuda de los gráficos obtenidos de la resistencia y condensador.

#### 3.4.2.1. Análisis de las señales en la resistencia y condensador aplicando 1 pulsación en el generador

Para realizar el análisis de las señales obtenidas, se necesitó aplicar la aproximación del área bajo la curva en la señal, segmentándola en rectángulos con bases iguales.

Para esta prueba, el periodo de ambas señales tiene un valor de 2100ms, por lo tanto, ambas señales fueron divididas en 21 partes con bases del mismo intervalo de tiempo (100ms) como se muestra en la Figura 80 y Figura 81.

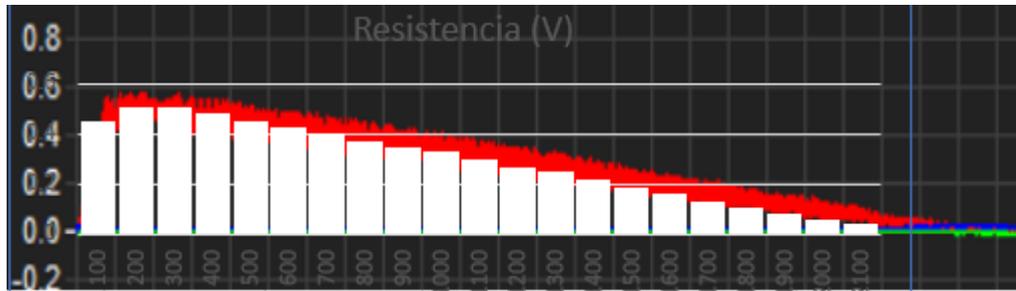


Figura 80: Señal de voltaje en la resistencia aplicando aproximación bajo la curva

Fuente: Captura propia

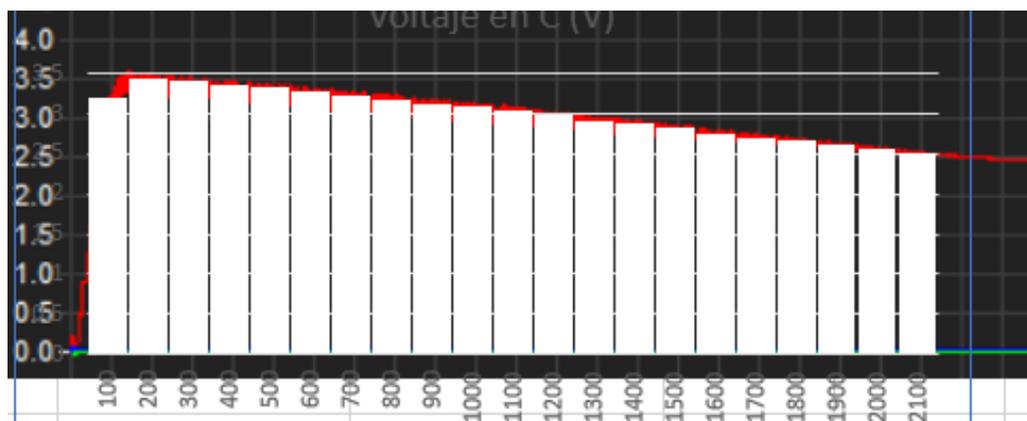


Figura 81: Señal de voltaje en el capacitor aplicando aproximación bajo la curva

Fuente: Captura propia

Los datos de voltaje obtenidos para cada intervalo de tiempo en la Figura 80 y Figura 81 se muestran en la Tabla 15, donde se pudieron obtener por el método de aproximación bajo la curva.

Tabla 15: Valores de voltaje para cada intervalo de tiempo

n	t (ms)	Condensador	Resistencia
		Voltaje (V)	Voltaje (V)
1	100	3.2	0.45
2	200	3.43	0.51
3	300	3.4	0.51
4	400	3.37	0.48
5	500	3.32	0.45
6	600	3.27	0.43
7	700	3.22	0.4
8	800	3.17	0.37
9	900	3.125	0.35
10	1000	3.08	0.33
11	1100	3.03	0.3
12	1200	2.98	0.27
13	1300	2.92	0.25
14	1400	2.89	0.22
15	1500	2.82	0.19
16	1600	2.75	0.16
17	1700	2.7	0.135
18	1800	2.66	0.11
19	1900	2.62	0.085
20	2000	2.57	0.06
21	2100	2.52	0.04

Fuente: Elaboración propia

Conociendo los valores de voltaje en la resistencia ( $V_R$ ) para cada intervalo de tiempo (100ms), se procedió a dividir cada uno de estos valores entre la resistencia ( $R$ ), el cual es 20 Ohm, de esta forma se puede conocer la corriente ( $I_R$ ) en cada intervalo de tiempo que pasa por este componente.

$$I_R = \frac{V_R}{R}$$

Obteniendo así los valores de la corriente en la resistencia expresado en la Tabla 16.

Tabla 16: Valores de voltaje y corriente para cada intervalo de tiempo

n	t (ms)	Condensador	Resistencia	
		Voltaje (V)	Voltaje (V)	Corriente (A)
1	100	3.2	0.45	0.0225
2	200	3.43	0.51	0.0255
3	300	3.4	0.51	0.0255
4	400	3.37	0.48	0.024
5	500	3.32	0.45	0.0225
6	600	3.27	0.43	0.0215
7	700	3.22	0.4	0.02
8	800	3.17	0.37	0.0185
9	900	3.125	0.35	0.0175
10	1000	3.08	0.33	0.0165
11	1100	3.03	0.3	0.015
12	1200	2.98	0.27	0.0135
13	1300	2.92	0.25	0.0125
14	1400	2.89	0.22	0.011
15	1500	2.82	0.19	0.0095
16	1600	2.75	0.16	0.008
17	1700	2.7	0.135	0.00675
18	1800	2.66	0.11	0.0055
19	1900	2.62	0.085	0.00425
20	2000	2.57	0.06	0.003
21	2100	2.52	0.04	0.002

Fuente: Elaboración propia

Obteniendo la gráfica de la corriente en la resistencia representado en la Figura 82, utilizando los valores sombreados en la Tabla 16.

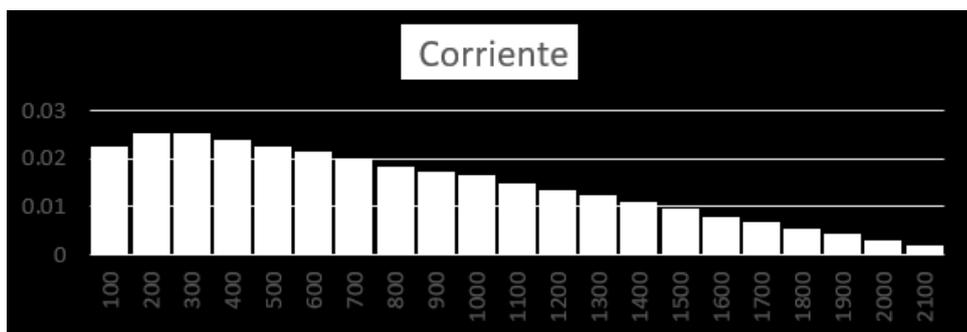


Figura 82: Señal de la corriente en la resistencia

Fuente: Elaboración propia

Una vez obtenidos los valores de corriente y voltaje para cada intervalo de tiempo, se procedió a multiplicarlos por su base

( $\Delta t=100\text{ms}$ ) para poder obtener el área de cada rectángulo y así realizar la sumatoria de todas ellas dividiéndola entre el periodo total, obteniendo los valores promedio de voltaje ( $V_p$ ) y corriente ( $I_p$ ), tal como se muestra en la Tabla 17.

$$V_p = \frac{1}{T} \sum V_C \Delta t \quad ; \quad I_p = \frac{1}{T} \sum I_R \Delta t$$

Tabla 17: Valores promedio de voltaje y corriente generado

n	t (ms)	Condensador	Resistencia		Áreas	
		Voltaje(V)	Voltaje (V)	Corriente (A)	Voltaje en C (V.ms)	Corriente en R (A.ms)
1	100	3.2	0.45	0.0225	320	2.25
2	200	3.43	0.51	0.0255	343	2.55
3	300	3.4	0.51	0.0255	340	2.55
4	400	3.37	0.48	0.024	337	2.4
5	500	3.32	0.45	0.0225	332	2.25
6	600	3.27	0.43	0.0215	327	2.15
7	700	3.22	0.4	0.02	322	2
8	800	3.17	0.37	0.0185	317	1.85
9	900	3.125	0.35	0.0175	312.5	1.75
10	1000	3.08	0.33	0.0165	308	1.65
11	1100	3.03	0.3	0.015	303	1.5
12	1200	2.98	0.27	0.0135	298	1.35
13	1300	2.92	0.25	0.0125	292	1.25
14	1400	2.89	0.22	0.011	289	1.1
15	1500	2.82	0.19	0.0095	282	0.95
16	1600	2.75	0.16	0.008	275	0.8
17	1700	2.7	0.135	0.00675	270	0.675
18	1800	2.66	0.11	0.0055	266	0.55
19	1900	2.62	0.085	0.00425	262	0.425
20	2000	2.57	0.06	0.003	257	0.3
21	2100	2.52	0.04	0.002	252	0.2
<b>Total</b>					<b>6304.5</b>	<b>30.5</b>
Valor prom. =Total/T =					3.002142857 V	0.01452381 A

Fuente: Elaboración propia

Obteniendo los siguientes valores:

$$V_p = 3.002 \text{ V}$$

$$I_p = 14.524 \text{ mA}$$

Para conocer la energía eléctrica que genera el sistema se inició en tomar las áreas calculadas anteriormente tanto en la resistencia como en el capacitor.

Se realizó la multiplicación de las áreas de la resistencia y capacitor por cada intervalo de tiempo.

$$\text{Área de Voltaje en C [V.ms]} \times \text{Área de Corriente en R [A.ms]} = \text{Área de Energía Eléctrica [W.ms}^2\text{]}$$

En vista que el valor obtenido es el área, se dividió el área de la energía entre la base del cada rectángulo, obteniendo así los valores de la energía eléctrica mostrados en la Tabla 18.

$$\text{Área de Energía Eléctrica [W.ms}^2\text{]} / \text{Base [ms]} = \text{Energía Eléctrica [W.ms]}$$

Tabla 18: Cálculo de energía generada

n	Áreas			Energía	
	Voltaje en C (V.ms)	Corriente en R (A.ms)	Energía (W.ms <sup>2</sup> )	W.ms	W.s
1	320	2.25	720	7.2	0.0072
2	343	2.55	874.65	8.7465	0.0087465
3	340	2.55	867	8.67	0.00867
4	337	2.4	808.8	8.088	0.008088
5	332	2.25	747	7.47	0.00747
6	327	2.15	703.05	7.0305	0.0070305
7	322	2	644	6.44	0.00644
8	317	1.85	586.45	5.8645	0.0058645
9	312.5	1.75	546.875	5.46875	0.00546875
10	308	1.65	508.2	5.082	0.005082
11	303	1.5	454.5	4.545	0.004545
12	298	1.35	402.3	4.023	0.004023
13	292	1.25	365	3.65	0.00365
14	289	1.1	317.9	3.179	0.003179
15	282	0.95	267.9	2.679	0.002679
16	275	0.8	220	2.2	0.0022
17	270	0.675	182.25	1.8225	0.0018225
18	266	0.55	146.3	1.463	0.001463
19	262	0.425	111.35	1.1135	0.0011135
20	257	0.3	77.1	0.771	0.000771
21	252	0.2	50.4	0.504	0.000504
<b>TOTAL</b>					<b>0.0960</b>

Fuente: Elaboración propia

### 3.4.2.2. Análisis de las señales en la resistencia y condensador aplicando 3 pulsaciones en el generador

Para realizar el análisis de las señales obtenidas, se necesitó aplicar la aproximación del área bajo la curva en la señal, segmentándola en rectángulos con bases iguales.

Para esta prueba, el periodo de ambas señales tiene un valor de 3400ms, por lo tanto, ambas señales fueron divididas en 17 partes con bases del mismo intervalo de tiempo (200ms) como se muestra en la Figura 83 y Figura 84.

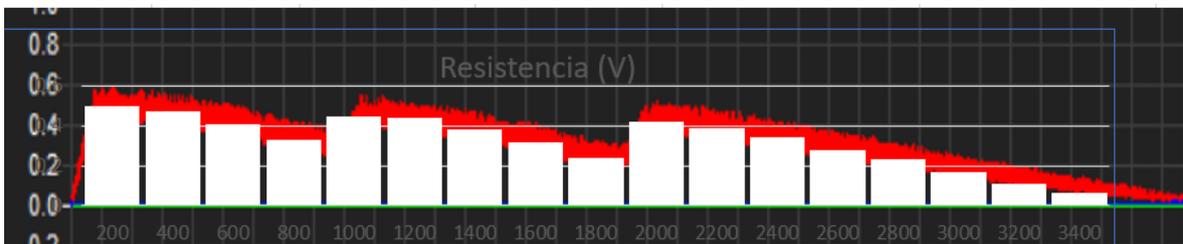


Figura 83: Señal de voltaje en la resistencia aplicando aproximación bajo la curva

*Fuente: Captura propia*

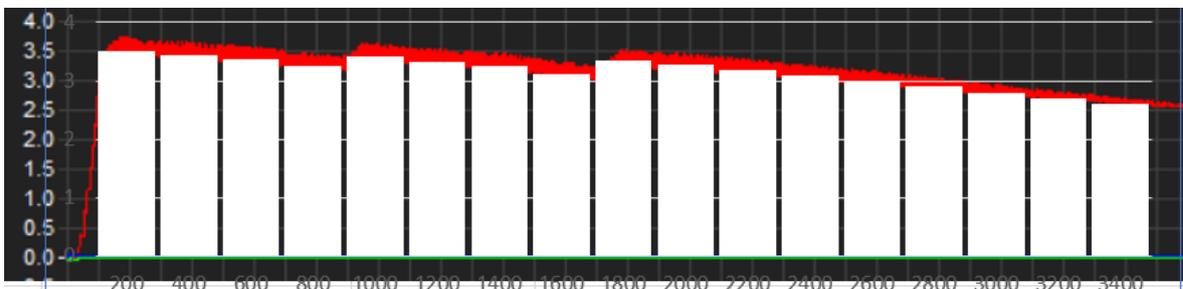


Figura 84: Señal de voltaje en el capacitor aplicando aproximación bajo la curva

*Fuente: Captura propia*

Los datos de voltaje obtenidos para cada intervalo de tiempo en la Figura 83 y Figura 84 se muestran en la Tabla 19, donde se pudieron obtener por el método de aproximación bajo la curva.

Tabla 19: Valores de voltaje para cada intervalo de tiempo

n	t (ms)	Condensador	Resistencia
		Voltaje (V)	Voltaje (V)
1	200	3.52	0.47
2	400	3.45	0.45
3	600	3.38	0.39
4	800	3.25	0.32
5	1000	3.43	0.4
6	1200	3.33	0.415
7	1400	3.25	0.355
8	1600	3.12	0.305
9	1800	3.35	0.23
10	2000	3.27	0.4
11	2200	3.18	0.37
12	2400	3.1	0.33
13	2600	3	0.27
14	2800	2.9	0.22
15	3000	2.8	0.17
16	3200	2.7	0.125
17	3400	2.6	0.077

Fuente: Elaboración propia

Conociendo los valores de voltaje en la resistencia ( $V_R$ ) para cada intervalo de tiempo (200ms), se procedió a dividir cada uno de estos valores entre la resistencia (R), el cual es 20 Ohm, de esta forma se puede conocer la corriente ( $I_R$ ) en cada intervalo de tiempo que pasa por este componente.

$$I_R = \frac{V_R}{R}$$

Obteniendo así los valores de la corriente en la resistencia (Tabla 20).

Tabla 20: Valores de voltaje y corriente para cada intervalo de tiempo

n	t (ms)	Condensador	Resistencia	
		Voltaje (V)	Voltaje (V)	Corriente (A)
1	200	3.52	0.47	0.0235
2	400	3.45	0.45	0.0225
3	600	3.38	0.39	0.0195
4	800	3.25	0.32	0.016
5	1000	3.43	0.4	0.02
6	1200	3.33	0.415	0.02075
7	1400	3.25	0.355	0.01775
8	1600	3.12	0.305	0.01525
9	1800	3.35	0.23	0.0115
10	2000	3.27	0.4	0.02
11	2200	3.18	0.37	0.0185
12	2400	3.1	0.33	0.0165
13	2600	3	0.27	0.0135
14	2800	2.9	0.22	0.011
15	3000	2.8	0.17	0.0085
16	3200	2.7	0.125	0.00625
17	3400	2.6	0.077	0.00385

Fuente: Elaboración propia

Obteniendo la gráfica de la corriente en la resistencia representado en la Figura 85, utilizando para esto los valores sombreados en la Tabla 20

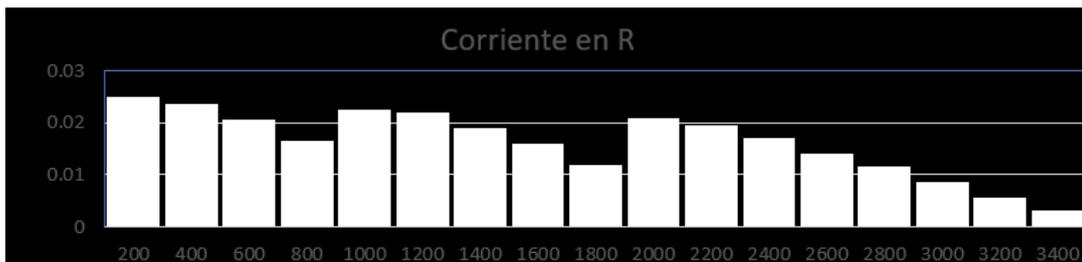


Figura 85: Señal de la corriente en la resistencia

Fuente: Elaboración propia

Una vez obtenidos los valores de corriente y voltaje para cada intervalo de tiempo, se procedió a multiplicarlos por su base ( $\Delta t=200\text{ms}$ ) para poder obtener el área de cada rectángulo y así realizar la sumatoria de todas ellas dividiéndola entre el

periodo total, obteniendo los valores promedio de voltaje ( $V_p$ ) y corriente ( $I_p$ ) expresados en la Tabla 21.

$$V_p = \frac{1}{T} \sum V_C \Delta t \quad ; \quad I_p = \frac{1}{T} \sum I_R \Delta t$$

Tabla 21: Valores promedio de voltaje y corriente generado

n	t (ms)	Condensador	Resistencia		Áreas	
		Voltaje (V)	Voltaje (V)	Corriente (A)	Voltaje en C (V.ms)	Corriente en R (A.ms)
1	200	3.52	0.47	0.0235	704	4.7
2	400	3.45	0.45	0.0225	690	4.5
3	600	3.38	0.39	0.0195	676	3.9
4	800	3.25	0.32	0.016	650	3.2
5	1000	3.43	0.4	0.02	686	4
6	1200	3.33	0.415	0.02075	666	4.15
7	1400	3.25	0.355	0.01775	650	3.55
8	1600	3.12	0.305	0.01525	624	3.05
9	1800	3.35	0.23	0.0115	670	2.3
10	2000	3.27	0.4	0.02	654	4
11	2200	3.18	0.37	0.0185	636	3.7
12	2400	3.1	0.33	0.0165	620	3.3
13	2600	3	0.27	0.0135	600	2.7
14	2800	2.9	0.22	0.011	580	2.2
15	3000	2.8	0.17	0.0085	560	1.7
16	3200	2.7	0.125	0.00625	540	1.25
17	3400	2.6	0.077	0.00385	520	0.77
<b>TOTAL</b>					<b>10726</b>	<b>52.97</b>
Valor prom. = Total/T =					3.154705882	0.015579412

Fuente: Elaboración propia

Obteniendo los siguientes valores:

$$V_p = 3.155 \text{ V}$$

$$I_p = 15.579 \text{ mA}$$

Para conocer la energía eléctrica que genera el sistema, se inició en tomar las áreas calculadas anteriormente tanto en la resistencia como en el capacitor.

Se realizó la multiplicación del área de la resistencia y capacitor por cada intervalo de tiempo.

$$\text{Área de Voltaje en C [V.ms]} \times \text{Área de Corriente en R [A.ms]} = \text{Área de Energía Eléctrica [W.ms}^2\text{]}$$

En vista que el valor obtenido es el área, se dividió el área de la energía entre la base del cada rectángulo, obteniendo así los valores de la energía eléctrica mostrados en la Tabla 22.

$$\text{Área de Energía Eléctrica [W.ms}^2\text{]} / \text{Base [ms]} = \text{Energía Eléctrica [W.ms]}$$

Tabla 22: Cálculo de energía generada

n	Áreas			Energía	
	Voltaje en C (V.ms)	Corriente en R (A.ms)	Energía (W.ms <sup>2</sup> )	W.ms	W.s
1	704	4.7	3520	17.6	0.0176
2	690	4.5	3243	16.215	0.016215
3	676	3.9	2771.6	13.858	0.013858
4	650	3.2	2145	10.725	0.010725
5	686	4	3087	15.435	0.015435
6	666	4.15	2930.4	14.652	0.014652
7	650	3.55	2470	12.35	0.01235
8	624	3.05	1996.8	9.984	0.009984
9	670	2.3	1608	8.04	0.00804
10	654	4	2746.8	13.734	0.013734
11	636	3.7	2480.4	12.402	0.012402
12	620	3.3	2108	10.54	0.01054
13	600	2.7	1680	8.4	0.0084
14	580	2.2	1334	6.67	0.00667
15	560	1.7	952	4.76	0.00476
16	540	1.25	594	2.97	0.00297
17	520	0.77	338	1.69	0.00169
TOTAL					0.1800

Fuente: Elaboración propia

### 3.4.2.3. Análisis de las señales en la resistencia y condensador aplicando 5 pulsaciones en el generador

Para realizar el análisis de las señales obtenidas, se necesitó aplicar la aproximación del área bajo la curva en la señal, segmentándola en rectángulos con bases iguales.

Para esta prueba, el periodo de ambas señales tiene un valor de 5000ms, por lo tanto, ambas señales fueron divididas en 25

partes con bases del mismo intervalo de tiempo (200ms) como se muestra en la Figura 86 y Figura 87.

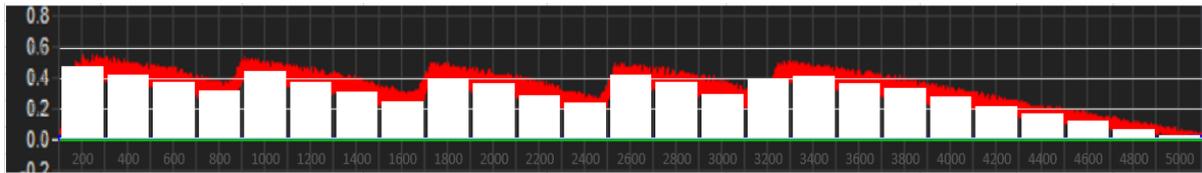


Figura 86: Señal de voltaje en la resistencia aplicando aproximación bajo la curva

*Fuente: Captura propia*

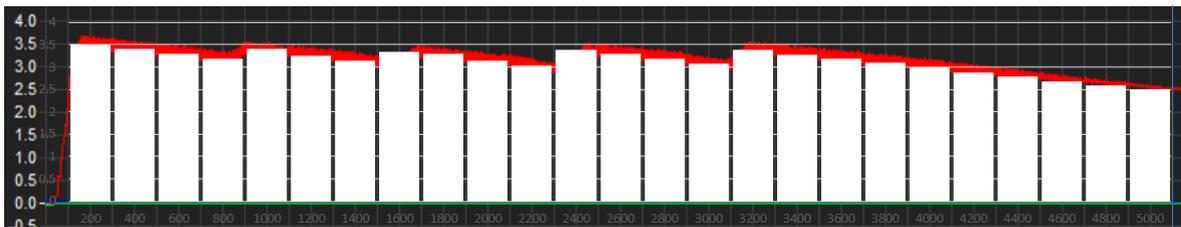


Figura 87: Señal de voltaje en el capacitor aplicando aproximación bajo la curva

*Fuente: Captura propia*

Los datos de voltaje obtenidos para cada intervalo de tiempo en la Figura 86 y Figura 87 se muestran en la Tabla 23, donde se pudieron obtener por el método de aproximación bajo la curva.

Tabla 23: Valores de voltaje para cada intervalo de tiempo

n	t (ms)	Condensador	Resistencia
		Voltaje (V)	Voltaje (V)
1	200	3.5	0.48
2	400	3.4	0.43
3	600	3.3	0.38
4	800	3.2	0.32
5	1000	3.4	0.45
6	1200	3.25	0.38
7	1400	3.15	0.31
8	1600	3.35	0.25
9	1800	3.3	0.4
10	2000	3.15	0.37
11	2200	3.03	0.29
12	2400	3.38	0.24
13	2600	3.3	0.43
14	2800	3.2	0.38
15	3000	3.07	0.3

16	3200	3.38	0.4
17	3400	3.28	0.42
18	3600	3.2	0.37
19	3800	3.1	0.34
20	4000	3	0.28
21	4200	2.88	0.22
22	4400	2.78	0.17
23	4600	2.68	0.12
24	4800	2.6	0.06
25	5000	2.51	0.02

Fuente: Elaboración propia

Conociendo los valores de voltaje en la resistencia ( $V_R$ ) para cada intervalo de tiempo (200ms), se procedió a dividir cada uno de estos valores entre la resistencia ( $R$ ), el cual es 20 Ohm, de esta forma se puede conocer la corriente ( $I_R$ ) en cada intervalo de tiempo que pasa por este componente.

$$I_R = \frac{V_R}{R}$$

Obteniendo así los valores de la corriente en la resistencia expresado en la Tabla 24.

Tabla 24: Valores de voltaje y corriente para cada intervalo de tiempo

n	t (ms)	Condensador	Resistencia	
		Voltaje (V)	Voltaje (V)	Corriente (A)
1	200	3.5	0.48	0.024
2	400	3.4	0.43	0.0215
3	600	3.3	0.38	0.019
4	800	3.2	0.32	0.016
5	1000	3.4	0.45	0.0225
6	1200	3.25	0.38	0.019
7	1400	3.15	0.31	0.0155
8	1600	3.35	0.25	0.0125
9	1800	3.3	0.4	0.02
10	2000	3.15	0.37	0.0185
11	2200	3.03	0.29	0.0145
12	2400	3.38	0.24	0.012
13	2600	3.3	0.43	0.0215
14	2800	3.2	0.38	0.019
15	3000	3.07	0.3	0.015
16	3200	3.38	0.4	0.02
17	3400	3.28	0.42	0.021

18	3600	3.2	0.37	0.0185
19	3800	3.1	0.34	0.017
20	4000	3	0.28	0.014
21	4200	2.88	0.22	0.011
22	4400	2.78	0.17	0.0085
23	4600	2.68	0.12	0.006
24	4800	2.6	0.06	0.003
25	5000	2.51	0.02	0.001

Fuente: Elaboración propia

Obteniendo la gráfica de la corriente en la resistencia representado en la Figura 88, utilizando para ello los valores sombreados en la Tabla 24.

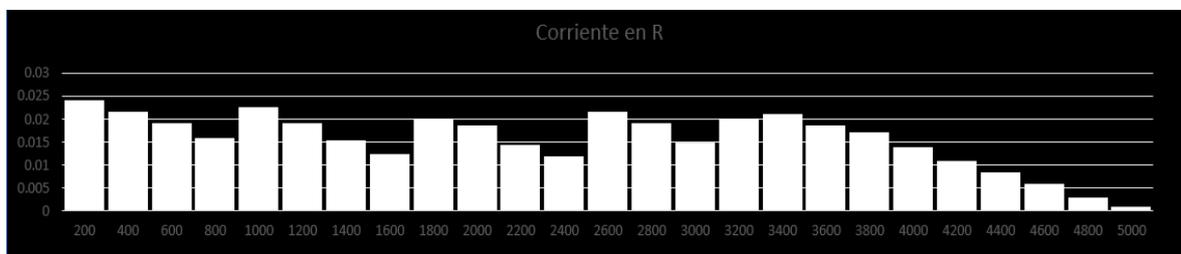


Figura 88: Señal de la corriente en la resistencia

Fuente: Elaboración propia

Una vez obtenidos los valores de corriente y voltaje para cada intervalo de tiempo, se procedió a multiplicarlos por su base ( $\Delta t=200\text{ms}$ ), para poder obtener el área de cada rectángulo y así realizar la sumatoria de todas ellas dividiéndola entre el periodo total, obteniendo los valores promedio de voltaje ( $V_p$ ) y corriente ( $I_p$ ) expresados en la Tabla 25.

$$V_p = \frac{1}{T} \sum V_C \Delta t \quad ; \quad I_p = \frac{1}{T} \sum I_R \Delta t$$

Tabla 25: Valores promedio de voltaje y corriente generado

n	t (ms)	Condensador	Resistencia		Áreas	
		Voltaje (V)	Voltaje (V)	Corriente (A)	Voltaje en C (V.ms)	Corriente en R (A.ms)
1	200	3.5	0.48	0.024	700	4.8
2	400	3.4	0.43	0.0215	680	4.3
3	600	3.3	0.38	0.019	660	3.8
4	800	3.2	0.32	0.016	640	3.2
5	1000	3.4	0.45	0.0225	680	4.5
6	1200	3.25	0.38	0.019	650	3.8
7	1400	3.15	0.31	0.0155	630	3.1
8	1600	3.35	0.25	0.0125	670	2.5
9	1800	3.3	0.4	0.02	660	4
10	2000	3.15	0.37	0.0185	630	3.7
11	2200	3.03	0.29	0.0145	606	2.9
12	2400	3.38	0.24	0.012	676	2.4
13	2600	3.3	0.43	0.0215	660	4.3
14	2800	3.2	0.38	0.019	640	3.8
15	3000	3.07	0.3	0.015	614	3
16	3200	3.38	0.4	0.02	676	4
17	3400	3.28	0.42	0.021	656	4.2
18	3600	3.2	0.37	0.0185	640	3.7
19	3800	3.1	0.34	0.017	620	3.4
20	4000	3	0.28	0.014	600	2.8
21	4200	2.88	0.22	0.011	576	2.2
22	4400	2.78	0.17	0.0085	556	1.7
23	4600	2.68	0.12	0.006	536	1.2
24	4800	2.6	0.06	0.003	520	0.6
25	5000	2.51	0.02	0.001	502	0.2
<b>TOTAL</b>					<b>15678</b>	<b>78.1</b>
Valor prom. =Total/T =					3.1356	0.01562

Fuente: Elaboración propia

Obteniendo los siguientes valores:

$$V_p = 3.13 \text{ V}$$

$$I_p = 15.62 \text{ mA}$$

Para conocer la energía eléctrica que genera el sistema, se inició en tomar las áreas calculadas anteriormente tanto en la resistencia como en el capacitor.

Se realizó la multiplicación de las áreas de la resistencia y capacitor por cada intervalo de tiempo.

$$\text{Área de Voltaje en C [V.ms]} \times \text{Área de Corriente en R [A.ms]} = \text{Área de Energía Eléctrica [W.ms}^2\text{]}$$

En vista que el valor obtenido es el área, se dividió el área de la energía entre la base del cada rectángulo, obteniendo así los valores de la energía eléctrica mostrados en la Tabla 26.

$$\text{Área de Energía Eléctrica [W.ms}^2\text{]} / \text{Base [ms]} = \text{Energía Eléctrica [W.ms]}$$

Tabla 26: Cálculo de energía generada

n	Áreas			Energía	
	Voltaje en C (V.ms)	Corriente en R (A.ms)	Energía (W.ms <sup>2</sup> )	W.ms	W.s
1	700	4.8	3360	16.8	0.0168
2	680	4.3	2924	14.62	0.014620
3	660	3.8	2508	12.54	0.012540
4	640	3.2	2048	10.24	0.010240
5	680	4.5	3060	15.3	0.015300
6	650	3.8	2470	12.35	0.012350
7	630	3.1	1953	9.765	0.009765
8	670	2.5	1675	8.375	0.008375
9	660	4	2640	13.2	0.013200
10	630	3.7	2331	11.655	0.011655
11	606	2.9	1757.4	8.787	0.008787
12	676	2.4	1622.4	8.112	0.008112
13	660	4.3	2838	14.19	0.014190
14	640	3.8	2432	12.16	0.012160
15	614	3	1842	9.21	0.009210
16	676	4	2704	13.52	0.013520
17	656	4.2	2755.2	13.776	0.013776
18	640	3.7	2368	11.84	0.011840
19	620	3.4	2108	10.54	0.010540
20	600	2.8	1680	8.4	0.008400
21	576	2.2	1267.2	6.336	0.006336
22	556	1.7	945.2	4.726	0.004726
23	536	1.2	643.2	3.216	0.003216
24	520	0.6	312	1.56	0.001560
25	502	0.2	100.4	0.502	0.000502
TOTAL					0.252

Fuente: Elaboración propia

# **IV. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS**

## IV. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

### 4.2. Análisis e interpretación de resultados

La investigación se culminó exitosamente llegando a cumplir con el objetivo principal, teniendo como base el desarrollo de los objetivos específicos, cuyos resultados son:

- La geometría de la ubicación de los generadores se determinó en cada esquina o arista de la baldosa según lo descrito en la Figura 4.
- El circuito de adquisición de energía que se optó fue el circuito final (Circuito de rectificación y filtrado onda completa y multiplicador de tensión) esquematizado en la Figura 40, el cual cumplió satisfactoriamente su función. El circuito se aprecia implementado en la Figura 89.

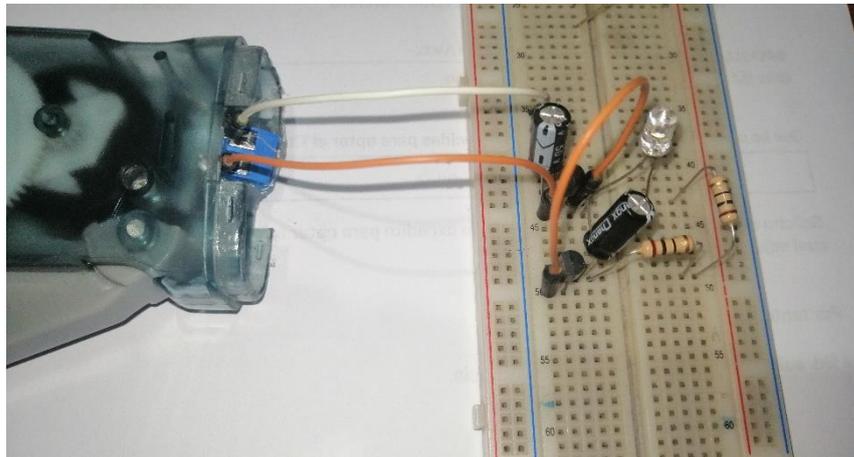


Figura 89: Circuito de rectificación y filtrado de media onda con multiplicador de tensión

Fuente: Captura propia

- Los niveles de voltaje y corriente obtenidos para distintas pulsaciones en el generador están expresados en la Tabla 27, obtenidos de las Tablas 17; 21; 25 y Anexo 4. Donde, se observa que, al aumentar a 2 pulsaciones, sus valores en un inicio muestran un aumento, pero, en la tercera pulsación el valor de voltaje descende mientras que en la corriente sigue aumentando. En la cuarta pulsación se observa una disminución en ambos valores para luego aumentar en la quinta pulsación.

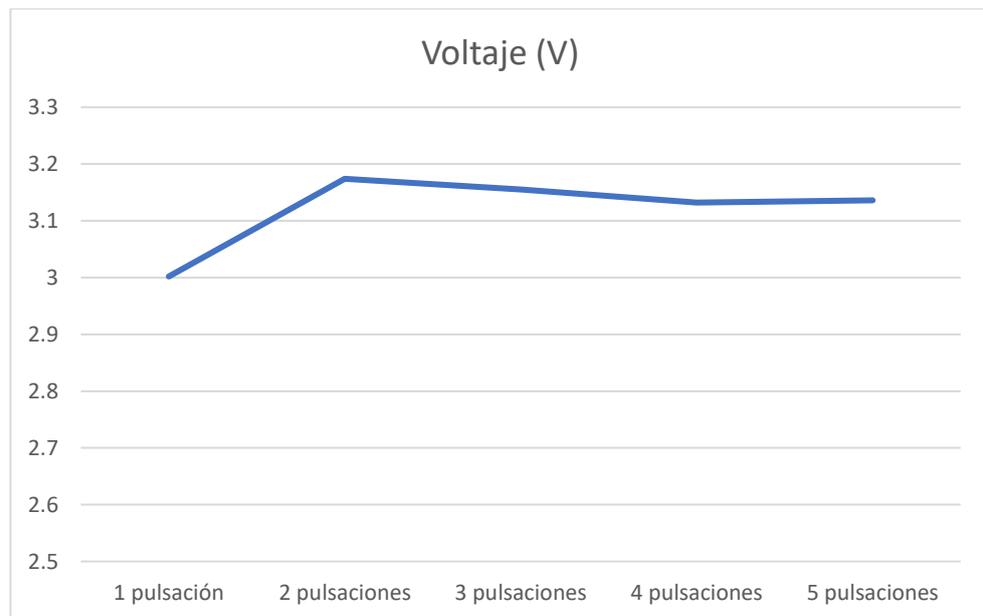
Tabla 27: Niveles de voltaje y corriente promedio para distintas pulsaciones en el generador.

	1 pulsación	2 pulsaciones	3 pulsaciones	4 pulsaciones	5 pulsaciones
Voltaje (V)	3.002	3.174	3.155	3.132	3.136
Corriente (mA)	14.524	15.300	15.579	15.512	15.620

Fuente: Elaboración propia

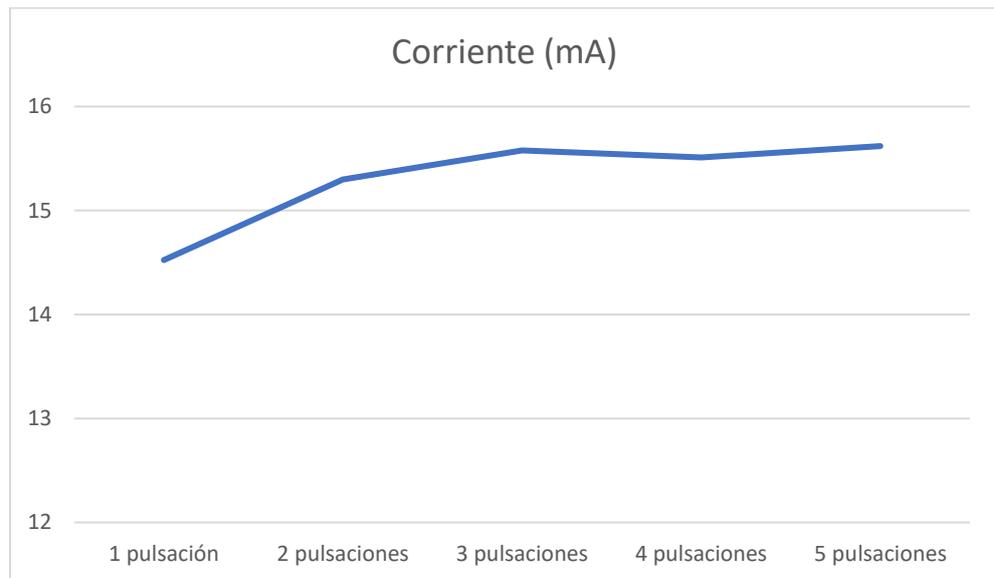
Dichos resultados fueron expresados en la Gráfica 1 y 2, observando que, en un inicio los valores de voltaje y corriente suelen presentar un aumento notable a diferencia del resto de pulsaciones. A partir de la cuarta pulsación, los niveles de voltaje y corriente son más constantes, dando a entender que, a partir de esta cuarta pulsación los valores generados tienden a tener más estabilidad en comparación a las anteriores pulsaciones.

Gráfica 1: Voltaje promedio en función de las pulsaciones en el generador



Fuente: Elaboración propia

Grafica 2: Corriente promedio en función de las pulsaciones en el generador



Fuente: Elaboración propia

- Los niveles de energía eléctrica para distintas pulsaciones en el generador se obtuvieron de las Tablas 18; 22; 26 y Anexo 4, donde, son expresados en la Tabla 28. Observando un aumento de energía cada vez que la cantidad de pulsaciones aumenta. Esto debido a que mientras más pulsaciones se realizan, mayor es el periodo de la señal.

Tabla 28: Energía eléctrica para distintas pulsaciones en el generador.

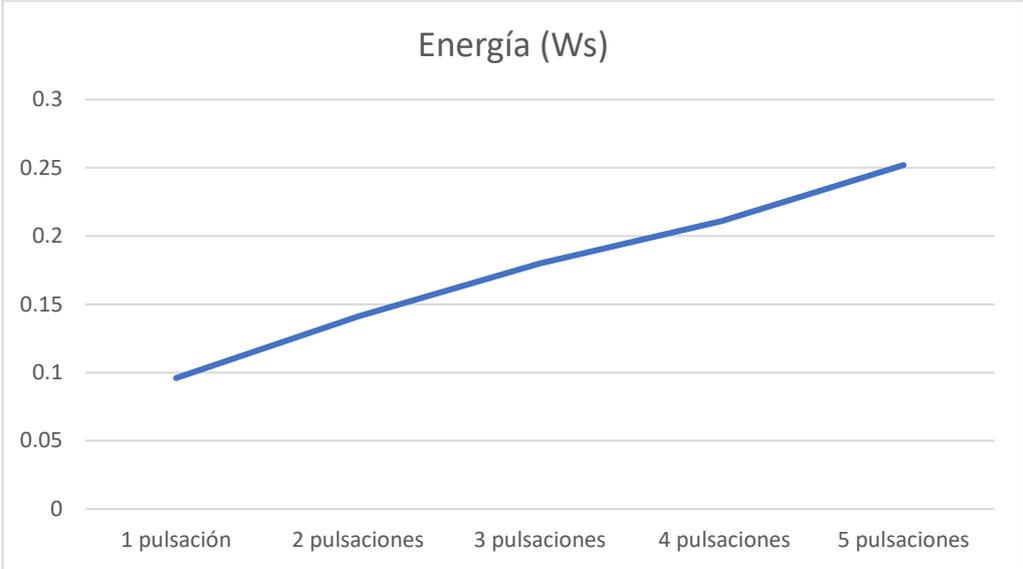
	1 pulsación	2 pulsaciones	3 pulsaciones	4 pulsaciones	5 pulsaciones
Energía (Ws)	0.096	0.141	0.180	0.211	0.252

Fuente: Elaboración propia

#### 4.3. Docimasia de hipótesis

Para cada pulsación generada al caminar sobre la baldosa, se observa que se produce energía eléctrica, tal como se muestra en la Gráfica 3, obtenido de la Tabla 28. Afirmando de esta forma que sí es posible generar energía eléctrica en este sistema electromecánico.

Grafica 3: Energía en función de las pulsaciones en el generador



Fuente: Elaboración propia

## V. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

- La distribución de los 4 generadores en cada arista o esquina de la baldosa permite distribuir correctamente la energía potencial para su mayor adquisición de voltaje y corriente, puesto que, al realizar una presión en la baldosa, ya sea, en el centro o en alguna zona lateral, este es captado por el generador más cercano a la presión realizada.
- El circuito final de adquisición de energía permite captar más energía por el motivo que puede almacenarla en 2 condensadores, lo cual no se permitía en el circuito inicial, ya que, solo almacenaba la media onda de la señal. El circuito final se puede almacenar la onda completa (positiva y negativa), por lo tanto, genera mayor energía eléctrica.
- Los niveles de voltaje y corriente están basados en la cantidad de pulsaciones realizados en el generador, esto en vista de que, al tener mayor cantidad de pulsaciones, la señal se va formando más como una señal continua que como un pulso.
- Los niveles de energía eléctrica tienen una relación directamente proporcional a la cantidad de pulsaciones en el generador, en vista que, observamos en la Gráfica 3 que expresa una relación lineal. Es decir, a mayor cantidad de pulsaciones en el generador, mayor será la energía eléctrica obtenida.

## VI. CONCLUSIONES

La presente tesis tuvo como objetivo principal el explicar el comportamiento de un sistema electromecánico formado por una baldosa y generador eléctrico tipo dínamo para convertir energía potencial que se genera al caminar en energía eléctrica; al término de esta investigación, según los objetivos específicos planteados y los resultados obtenidos, se llegó a las siguientes conclusiones:

- La distribución de los generadores en la baldosa se determinó según la Figura 4, la cual, se tuvo que aplicar el sistema de fuerzas en equilibrio para obtener una distribución uniforme.
- Se seleccionó el circuito de adquisición de energía (Circuito de rectificación y filtrado de onda completa con multiplicador de tensión) de forma efectiva esquematizado en la Figura 40, el cual, permitió captar la mayor cantidad de energía eléctrica.
- Los niveles de voltaje y corriente fueron cuantificados utilizando la aproximación del área bajo la curva según lo realizado en el apartado de “Análisis y Procesamiento de Datos” y en la Tabla 27 del apartado “Análisis e Interpretación de Resultados”. Obteniendo valores mínimos (3.002V y 14.524mA) y valores máximos (3.174V y 15.620mA) de esta investigación.
- La cuantificación de los niveles de energía eléctrica se pudo hallar de forma efectiva según la Tabla 28 del apartado de “Análisis e Interpretación de Resultados”. Expresando los valores en su unidad de medida vatio-segundo (Ws). Obteniendo un valor mínimo de 0.096Ws y un valor máximo de 0.252Ws.

## **VII. RECOMENDACIONES**

- Se recomienda complementar esta investigación agregando los métodos de almacenamiento de la energía eléctrica generada para su posterior uso.
- Se recomienda hacer una investigación para su uso con vehículos de uso particular y masivo, en donde, el agente externo que realiza la presión en el generador ya no sean personas al caminar, sino, vehículos que transiten en una autopista.
- Se recomienda realizar un estudio para minimizar o reemplazar los elementos mecánicos del sistema para evitar un mantenimiento continuo que podría resultar costoso.

## VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arrayás, M., & Trueba, J. (2007). Electromagnetismo, Circuitos y Semiconductores.
- Bello, C., Isasi, A., Puerto, A., Tomás, G., & Vicente, R. (s.f.). *Física y Química 1º de BAC Tema 5. Dinámica*. Obtenido de [http://iesdmjac.educa.aragon.es/departamentos/fq/temasweb/fqdmiral/FQ1BAC/FQ1BAC%20Tema%205%20Dinamica/12\\_equilibrio\\_de\\_fuerzas.html](http://iesdmjac.educa.aragon.es/departamentos/fq/temasweb/fqdmiral/FQ1BAC/FQ1BAC%20Tema%205%20Dinamica/12_equilibrio_de_fuerzas.html)
- Carmona, Ortega, & Sánchez. (2015). Generación de energía eléctrica por pedaleo. *Tesis de Titulación de Ingeniero Mecatrónico*. Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México.
- Concha, P., & Zamalloa, R. (2017). Proyecto de viabilidad para implementar un sistema de generación de energía renovable en las estaciones de la línea 1 del tren eléctrico de Lima. *Tesis de grado académico de Ingeniería Industrial*. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima.
- Fundación ENDESA. (2001). *El Generador Eléctrico*. Obtenido de <https://www.fundacionendesa.org/es/recursos/a201908-generador-electrico>
- Gavidia, J. (2002). *Campos Magnéticos* (Primera Edición ed.). Perú.
- Gutierrez, J. C. (2013). *Baldosa piezoeléctrica para alimentar sistemas de iluminación de bajo consumo energético*.
- NASA'2 Polar, W. &. (1990). Obtenido de El Proceso de la Dínamo: <https://pwg.gsfc.nasa.gov/earthmag/Mdynamos.htm>
- Ojeda Ojeda, E. A. (2019). *Diseño de instalacion de baldosas piezoelectricas para iluminar multicancha en la sede Viña del Mar*.
- Ojeda, E. (2019). Diseño de instalación de baldosas piezoeléctricas para iluminar multicancha en la sede Viña del Mar. *Tesis de titulación para Técnico Universitario en proyecto y diseño mecánico*. Universidad Técnica Federico Santa María, Valparaíso.
- Pavegen. (26 de Octubre de 2017). *Pavegen: How it Works*. Obtenido de <https://youtu.be/PkEGoBe-EdA>
- Peña, & Nieto. (2016). Diseño de un sistema de conversión de energía mecánica a eléctrica a partir de dos máquinas de gimnasio (Elíptica y bicicleta estacionaria). *Tesis de Titulación de Ingeniero Mecánico*. Fundación Universidad de América, Bogotá.
- Saavedra, L. (2019). Diseño e implementación de un sistema para mejorar la autonomía en un scooter eléctrico en base a energía electromagnética. *Tesis de titulación de Ingeniero Electrónico*. Universidad Tecnológica del Perú, Lima.
- Tamayo, D., & Cardozo, N. (2017). El uso de piezoeléctricos para la generación de energía sostenible como proyecto piloto en un perfil vial de Bogotá.

*Tesis de Titulación de Ingeniería Civil.* Universidad Católica de Colombia, Bogotá.

Villacorta, A. R. (Junio de 2016). *Futuro de la Energía en Perú: Estrategias energéticas sostenibles.* USA: International Rivers, Forum Solidaridad Perú. Obtenido de <https://www.internationalrivers.org/>.

# **ANEXOS**

# Anexo 1



Hi Irwin,

Thank you for your interest in Pavegen, we love hearing from students who are inspired by our technology.

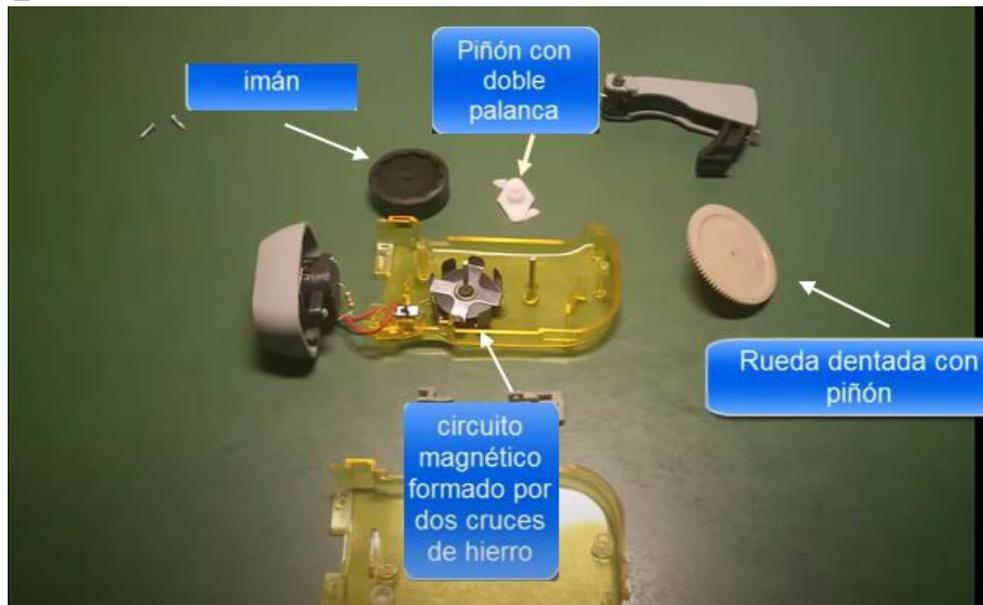
Unfortunately, unless you have a specific, funded project in mind, we do not have the resources to fully facilitate you at this time. As the majority of our solutions are bespoke, pricing depends on the scale, timeframe, location and application of the installation. Therefore we would need more information to provide you with an accurate cost. We have experience dealing with projects that have varying budgets of anywhere from £5-500k.

We are a small team and have numerous projects in the pipeline that we are extremely busy with. Apologies for this and we wish you the best of luck with your project. If your project becomes approved by your university, please put me in touch with the appropriate member of staff.

Please visit our website where you will find plenty of information about the company, including the keynote from the V3 launch, which will give you a concise overview about how the technology works. Watch it [here](#).

Kind Regards,  
The Pavegen Team

## Anexo 2



### MANIJA DENTADA

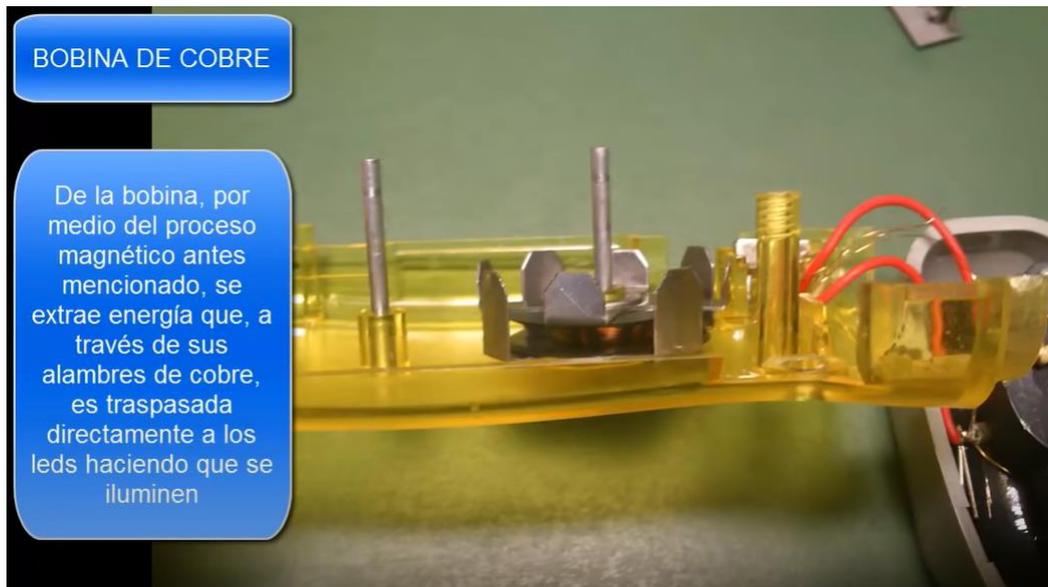
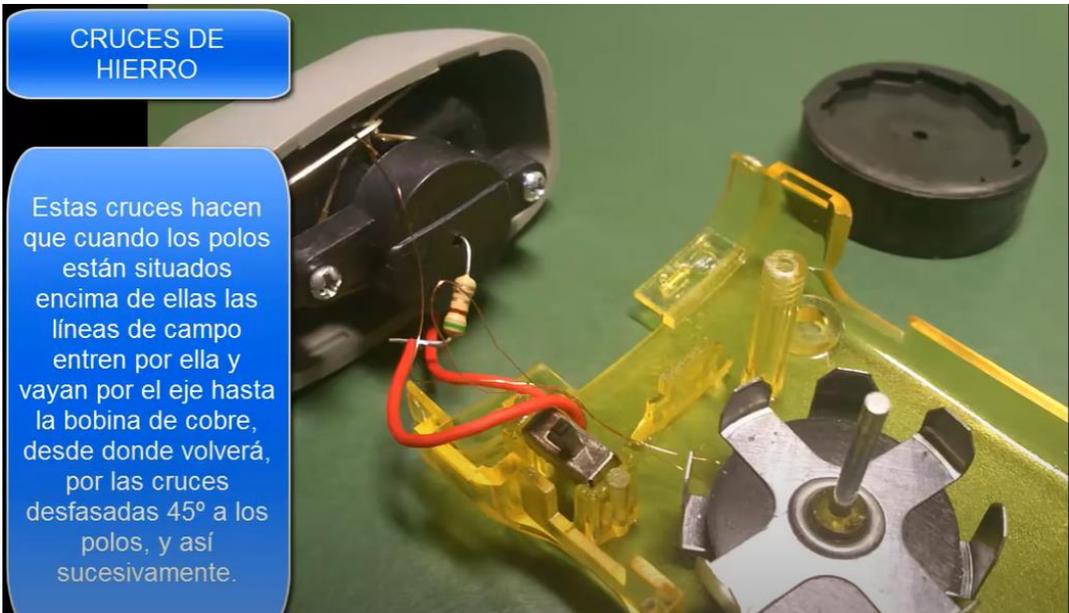
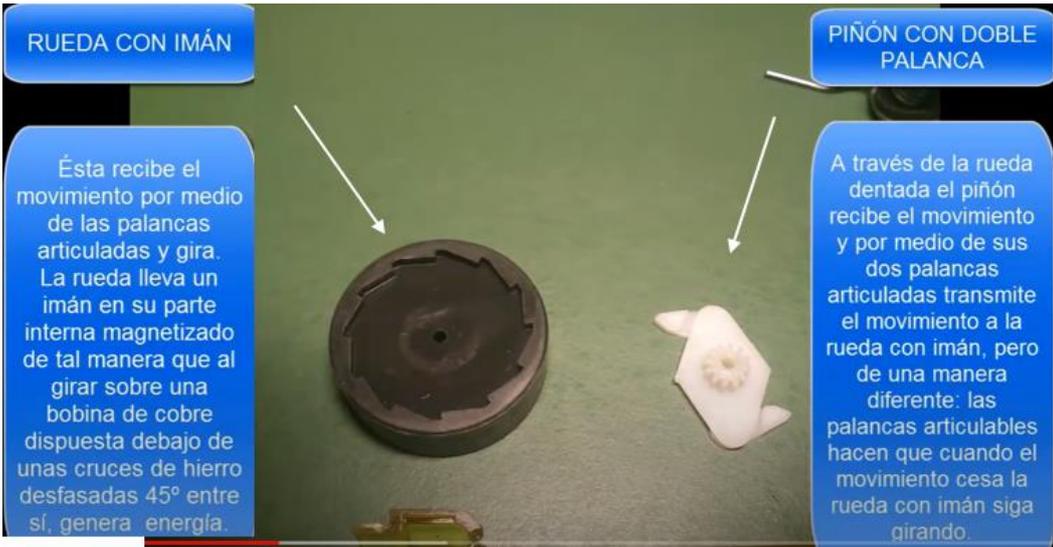
Su función es la de mover el piñón de la rueda dentada a través del piñón. Su parte dentada encaja con el piñón y lo hace girar. La manija lleva un mecanismo de empuje para que vuelva a su posición inicial.



### RUEDA DENTADA

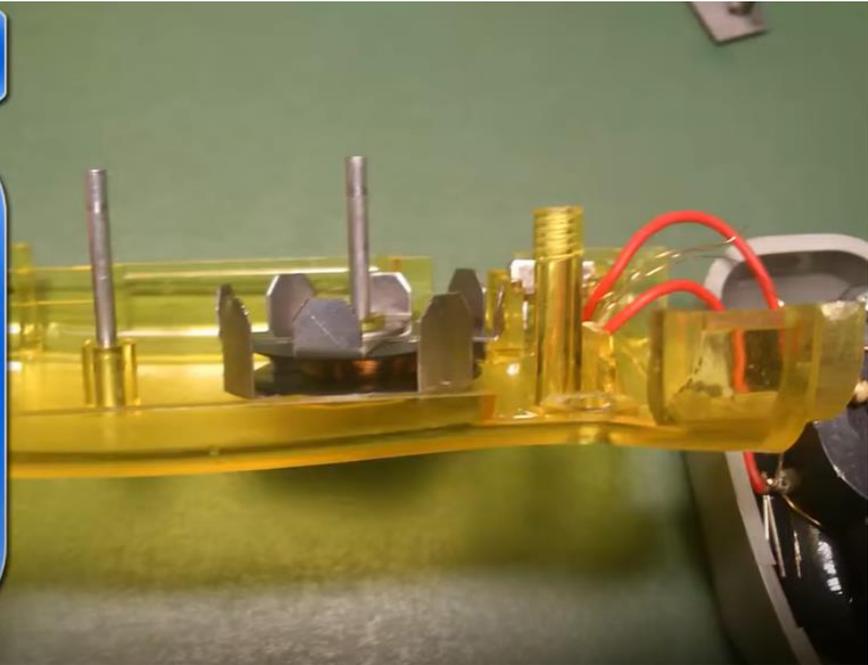
La manija dentada hace que el piñón que lleva en la parte inferior se mueva y al pegada al piñón ésta se mueve a la vez. La rueda transmite el movimiento a través de sus dientes a un piñón con doble palanca.





## BOBINA DE COBRE

De la bobina, por medio del proceso magnético antes mencionado, se extrae energía que, a través de sus alambres de cobre, es traspasada directamente a los leds haciendo que se iluminen



### Anexo 3

#### Circuito 1 con $R= 20 \text{ Ohms}$ y $C= 10 \text{ uF}$

##### GRAFICOS PARA 1 PULSO

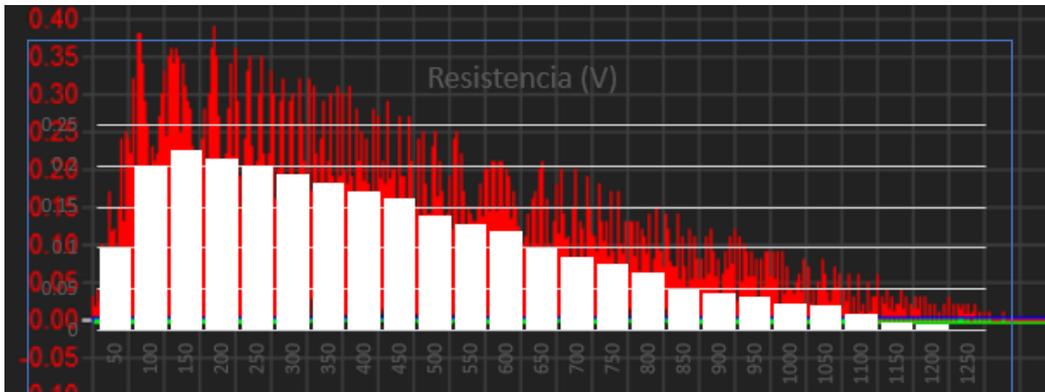
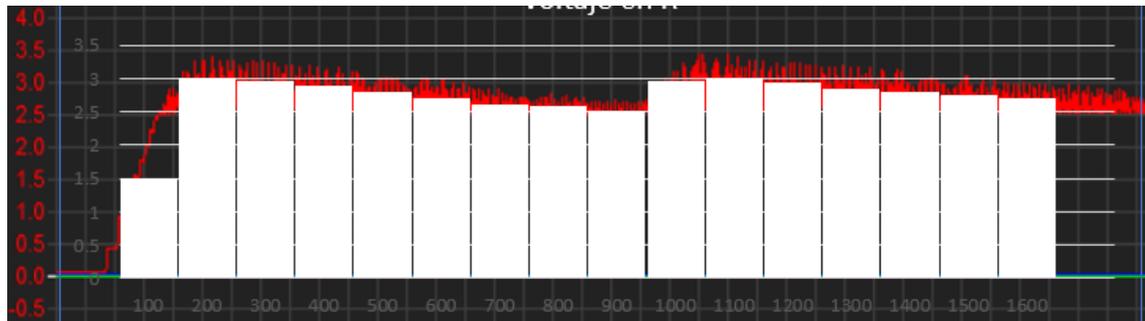


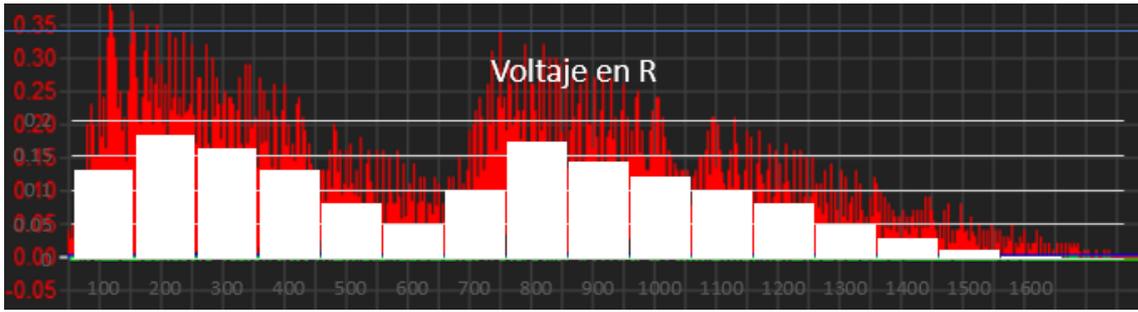
Figura X. Voltaje en Resistencia de 20 Ohms  
Fuente: Captura propia



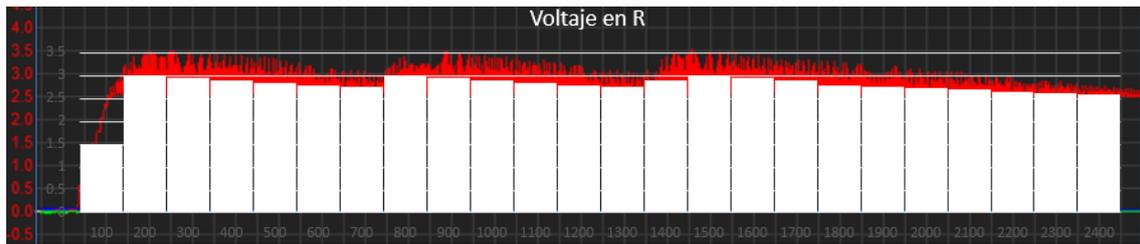
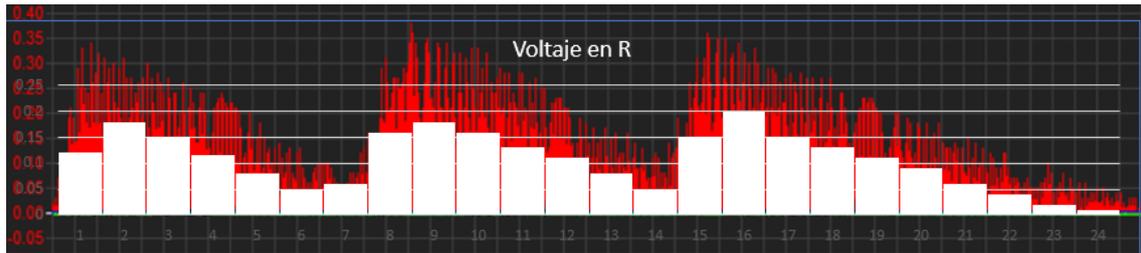
Figura X. Voltaje en 10 uF  
Fuente: Captura propia

##### GRAFICOS PARA 2 PULSOS

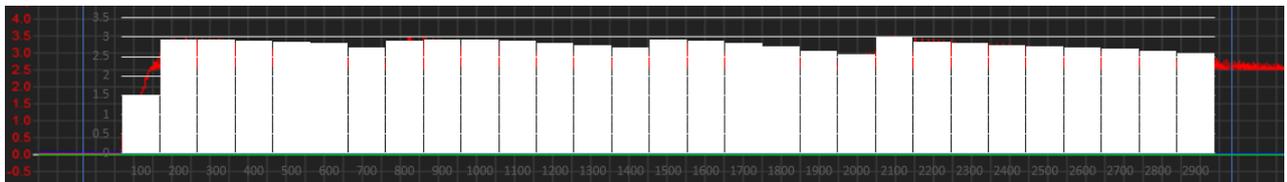
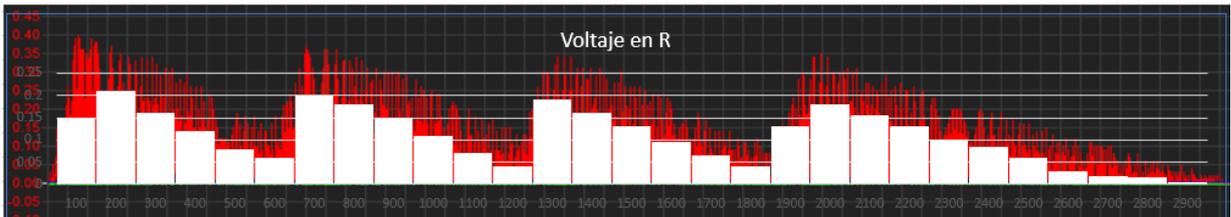




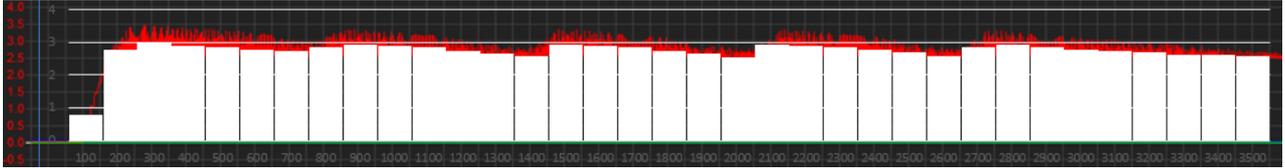
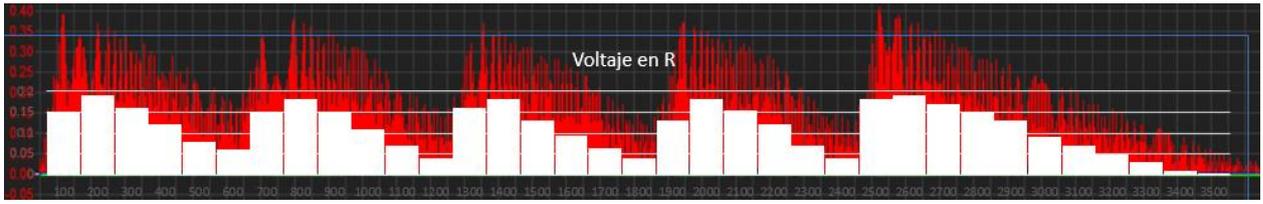
**GRAFICOS PARA 3 PULSOS**



**GRAFICOS PARA 4 PULSOS**

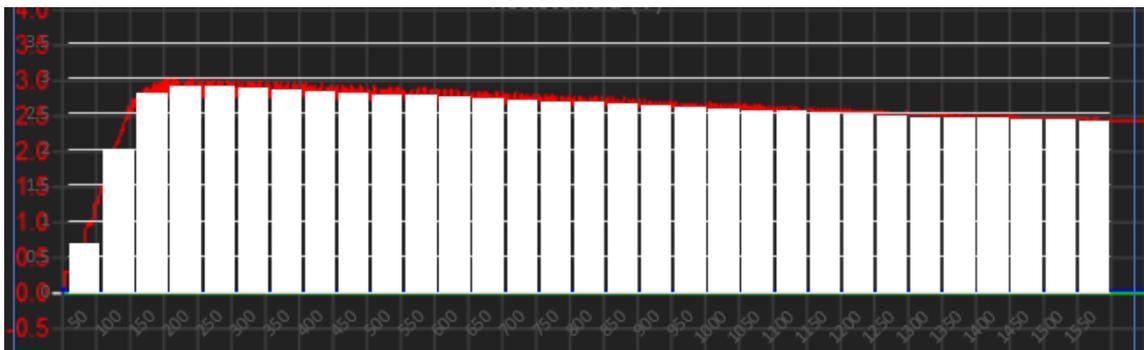


### GRAFICOS PARA 5 PULSOS

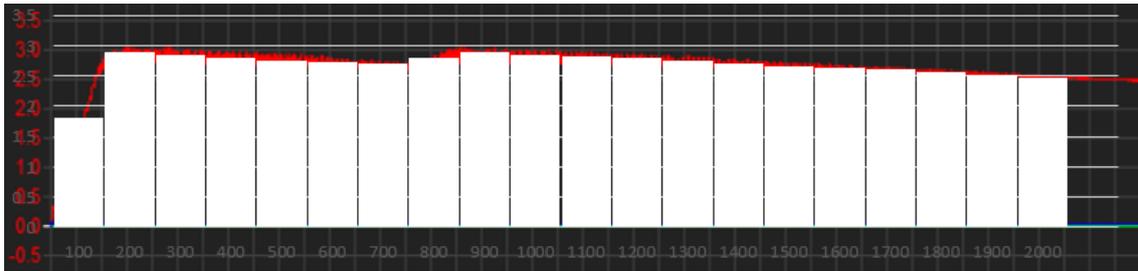
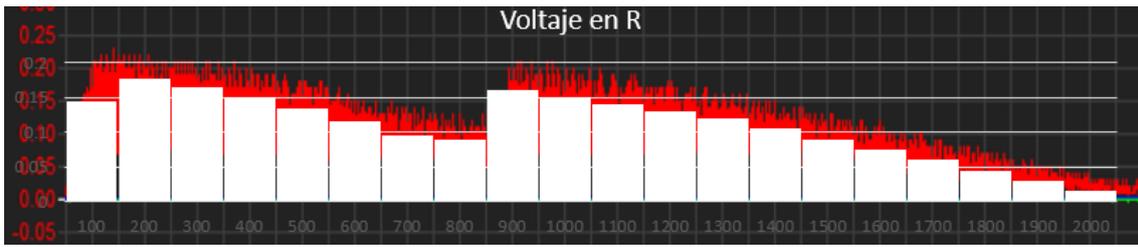


Circuito 1 con  $R= 20$  Ohms y  $C= 47$  uf

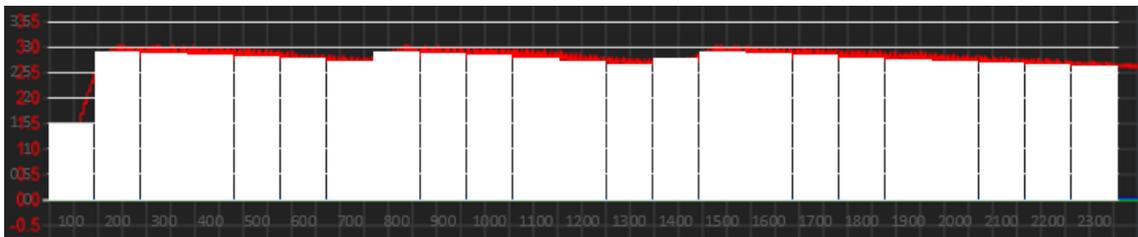
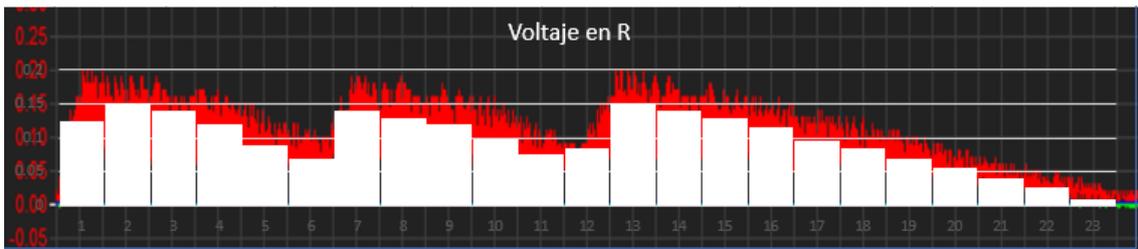
### GRAFICOS PARA 1 PULSO



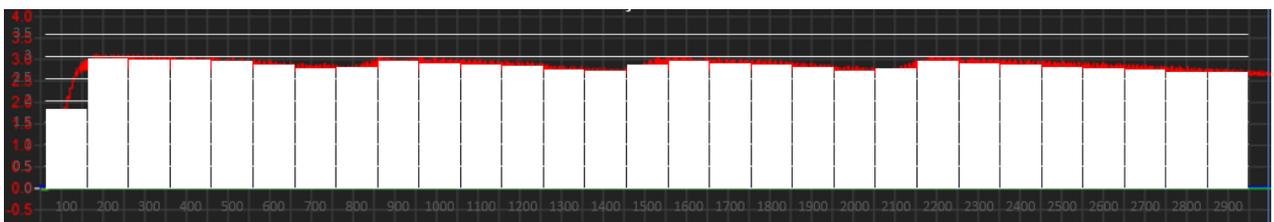
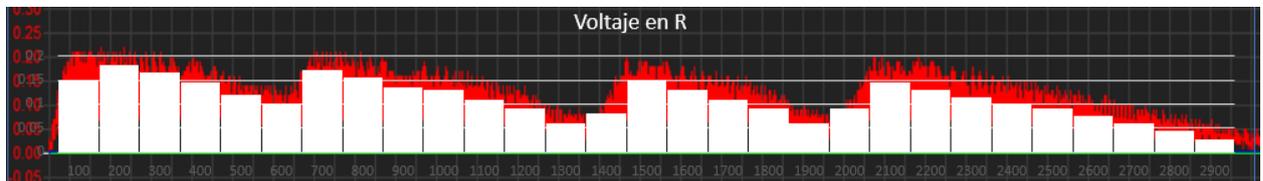
### GRAFICOS PARA 2 PULSOS



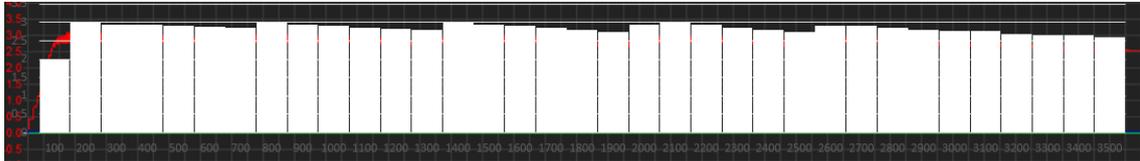
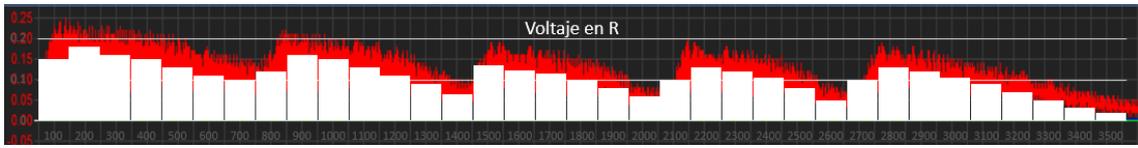
### GRAFICOS PARA 3 PULSOS



### GRAFICOS PARA 4 PULSOS



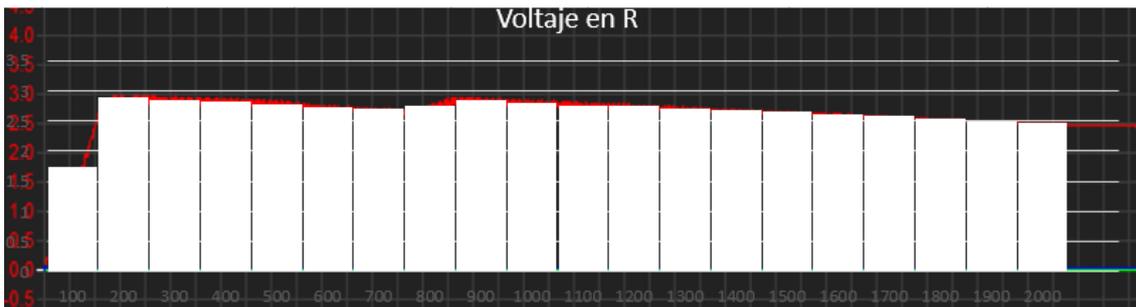
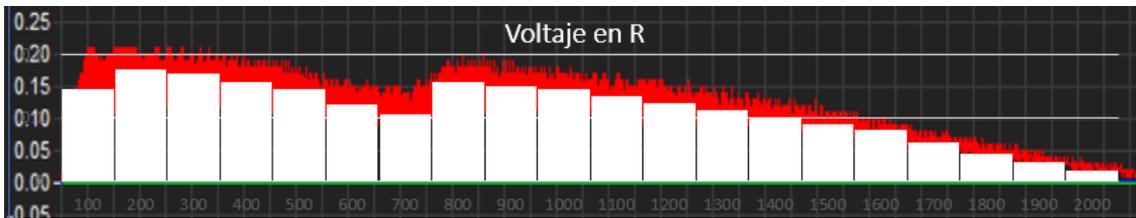
## GRAFICOS PARA 5 PULSOS



## Anexo 4

Circuito 1. R: 20 Ohm C: 100 uF

2 Pulsaciones

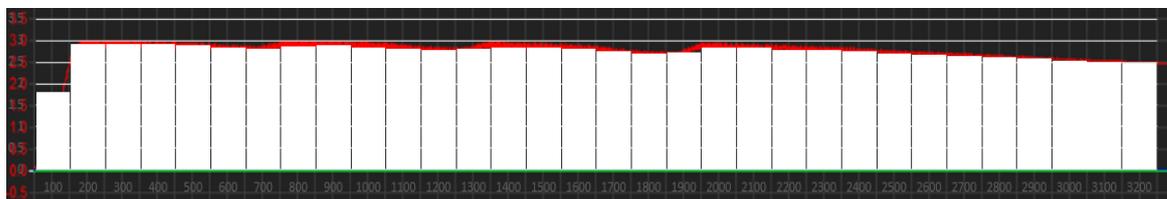
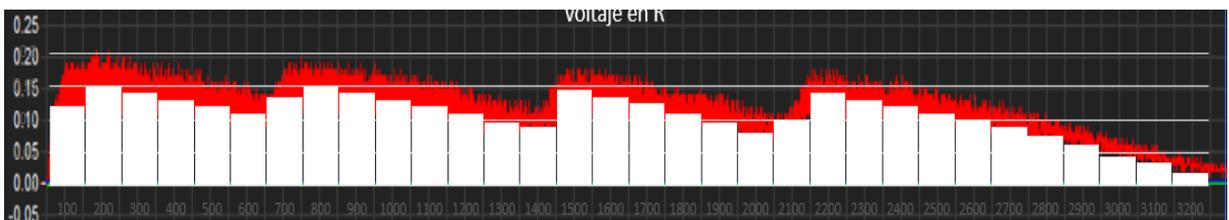


n	t (ms)	Condensador	Resistencia		Áreas	
		Voltaje(V)	Altura (V)	Altura(I)	Condensador(V.ms)	Corriente en R (A.ms)
1	100	1.75	0.145	0.00725	175	0.725
2	200	2.9	0.175	0.00875	290	0.875
3	300	2.85	0.17	0.0085	285	0.85
4	400	2.82	0.155	0.00775	282	0.775
5	500	2.78	0.145	0.00725	278	0.725
6	600	2.73	0.12	0.006	273	0.6
7	700	2.7	0.105	0.00525	270	0.525
8	800	2.75	0.155	0.00775	275	0.775
9	900	2.85	0.15	0.0075	285	0.75
10	1000	2.8	0.145	0.00725	280	0.725
11	1100	2.76	0.134	0.0067	276	0.67
12	1200	2.74	0.123	0.00615	274	0.615
13	1300	2.71	0.112	0.0056	271	0.56
14	1400	2.68	0.101	0.00505	268	0.505
15	1500	2.66	0.09	0.0045	266	0.45
16	1600	2.62	0.0798	0.00399	262	0.399
17	1700	2.58	0.06	0.003	258	0.3
18	1800	2.53	0.043	0.00215	253	0.215
19	1900	2.5	0.03	0.0015	250	0.15
20	2000	2.47	0.016	0.0008	247	0.08
<b>TOTAL</b>					<b>5318</b>	<b>11.269</b>
Valor prom. =Total/T =					2.659	0.0056345

n	Áreas			Energía	
	Voltaje en C (V.ms)	Corriente en R (A.ms)	Energía (W.ms <sup>2</sup> )	W.ms	W.s
1	175	0.725	126.875	1.26875	0.00126875
2	290	0.874	253.46	2.5346	0.0025346
3	285	0.85	242.25	2.4225	0.0024225
4	282	0.775	218.55	2.1855	0.0021855
5	278	0.725	201.55	2.0155	0.0020155
6	273	0.6	163.8	1.638	0.001638
7	270	0.525	141.75	1.4175	0.0014175
8	275	0.775	213.125	2.13125	0.00213125
9	285	0.75	213.75	2.1375	0.0021375
10	280	0.725	203	2.03	0.00203
11	276	0.67	184.92	1.8492	0.0018492
12	274	0.615	168.51	1.6851	0.0016851
13	271	0.56	151.76	1.5176	0.0015176
14	268	0.505	135.34	1.3534	0.0013534
15	266	0.45	119.7	1.197	0.001197
16	262	0.399	104.538	1.04538	0.00104538
17	258	0.3	77.4	0.774	0.000774
18	253	0.215	54.395	0.54395	0.00054395
19	250	0.15	37.5	0.375	0.000375
20	247	0.08	19.76	0.1976	0.0001976
TOTAL					0.03031933

**Circuito 1. R: 20 Ohm C: 100 uF**

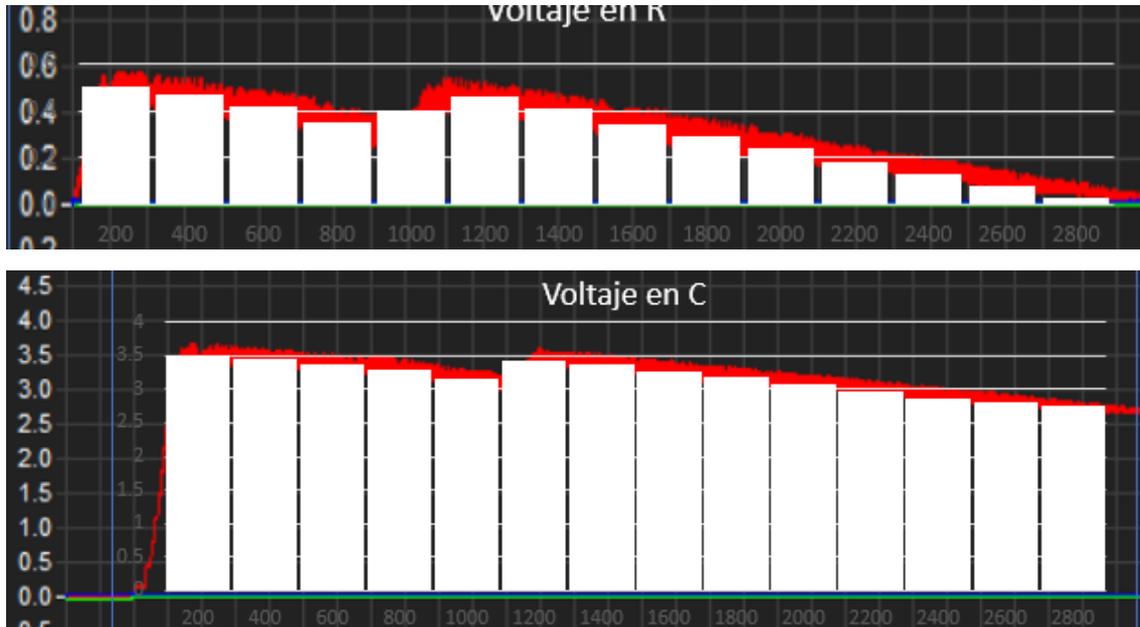
**4 Pulsaciones**



n	t (ms)	Condensador	Resistencia		Áreas	
		Voltaje(V)	Voltaje (V)	Corriente (A)	Condensador(V.ms)	Corriente en R (A.ms)
1	100	1.8	0.12	0.006	180	0.6
2	200	2.93	0.15	0.0075	293	0.75
3	300	2.92	0.14	0.007	292	0.7
4	400	2.91	0.13	0.0065	291	0.65
5	500	2.88	0.12	0.006	288	0.6
6	600	2.84	0.11	0.0055	284	0.55
7	700	2.8	0.135	0.00675	280	0.675
8	800	2.87	0.15	0.0075	287	0.75
9	900	2.88	0.14	0.007	288	0.7
10	1000	2.85	0.13	0.0065	285	0.65
11	1100	2.8	0.12	0.006	280	0.6
12	1200	2.77	0.11	0.0055	277	0.55
13	1300	2.8	0.095	0.00475	280	0.475
14	1400	2.85	0.09	0.0045	285	0.45
15	1500	2.83	0.145	0.00725	283	0.725
16	1600	2.81	0.135	0.00675	281	0.675
17	1700	2.75	0.125	0.00625	275	0.625
18	1800	2.7	0.11	0.0055	270	0.55
19	1900	2.73	0.095	0.00475	273	0.475
20	2000	2.85	0.08	0.004	285	0.4
21	2100	2.83	0.1	0.005	283	0.5
22	2200	2.79	0.14	0.007	279	0.7
23	2300	2.77	0.13	0.0065	277	0.65
24	2400	2.75	0.12	0.006	275	0.6
25	2500	2.7	0.11	0.0055	270	0.55
26	2600	2.67	0.1	0.005	267	0.5
27	2700	2.64	0.09	0.0045	264	0.45
28	2800	2.62	0.075	0.00375	262	0.375
29	2900	2.58	0.062	0.0031	258	0.31
30	3000	2.54	0.045	0.00225	254	0.225
31	3100	2.5	0.035	0.00175	250	0.175
32	3200	2.48	0.02	0.001	248	0.1
<b>TOTAL</b>					<b>8744</b>	<b>17.285</b>
Valor prom. =Total/T =					2.7325	0.005401563

n	Áreas			Energía	
	Voltaje en C (V.ms)	Corriente en R (A.ms)	Energía (W.ms <sup>2</sup> )	W.ms	W.s
1	180	0.6	108	1.08	0.00108
2	293	0.75	219.75	2.1975	0.0021975
3	292	0.7	204.4	2.044	0.002044
4	291	0.65	189.15	1.8915	0.0018915
5	288	0.6	172.8	1.728	0.001728
6	284	0.55	156.2	1.562	0.001562
7	280	0.675	189	1.89	0.00189
8	287	0.75	215.25	2.1525	0.0021525
9	288	0.7	201.6	2.016	0.002016
10	285	0.65	185.25	1.8525	0.0018525
11	280	0.6	168	1.68	0.00168
12	277	0.55	152.35	1.5235	0.0015235
13	280	0.475	133	1.33	0.00133
14	285	0.45	128.25	1.2825	0.0012825
15	283	0.725	205.175	2.05175	0.00205175
16	281	0.675	189.675	1.89675	0.00189675
17	275	0.625	171.875	1.71875	0.00171875
18	270	0.55	148.5	1.485	0.001485
19	273	0.475	129.675	1.29675	0.00129675
20	285	0.4	114	1.14	0.00114
21	283	0.5	141.5	1.415	0.001415
22	279	0.7	195.3	1.953	0.001953
23	277	0.65	180.05	1.8005	0.0018005
24	275	0.6	165	1.65	0.00165
25	270	0.55	148.5	1.485	0.001485
26	267	0.5	133.5	1.335	0.001335
27	264	0.45	118.8	1.188	0.001188
28	262	0.375	98.25	0.9825	0.0009825
29	258	0.31	79.98	0.7998	0.0007998
30	254	0.225	57.15	0.5715	0.0005715
31	250	0.175	43.75	0.4375	0.0004375
32	248	0.1	24.8	0.248	0.000248
Total					0.0476848

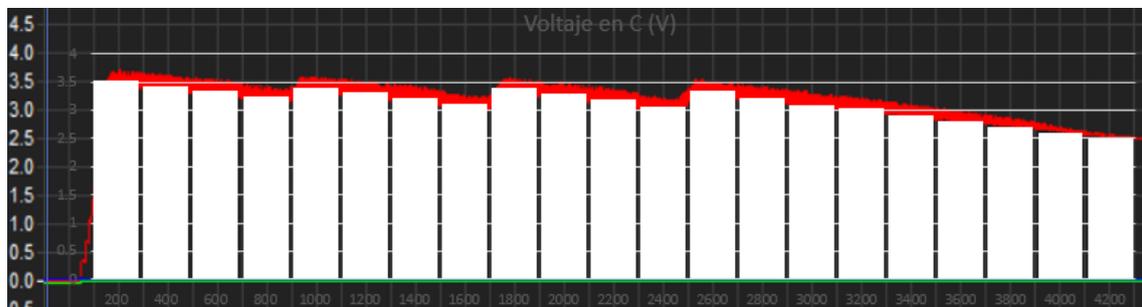
Circuito 2. R: 20 Ohm C: 100 uF  
2 Pulsaciones



n	Condensador		Resistencia		Áreas	
	t (ms)	Voltaje(V)	Voltaje(V)	Corriente (A)	Condensador(V.ms)	Corriente en R (A.ms)
1	200	3.5	0.5	0.025	700	5.0000
2	400	3.44	0.47	0.0235	688	4.7000
3	600	3.36	0.415	0.02075	672	4.1500
4	800	3.3	0.35	0.0175	660	3.5000
5	1000	3.15	0.4	0.02	630	4.0000
6	1200	3.43	0.46	0.023	686	4.6000
7	1400	3.37	0.41	0.0205	674	4.1000
8	1600	3.27	0.34	0.017	654	3.4000
9	1800	3.17	0.29	0.0145	634	2.9000
10	2000	3.08	0.24	0.012	616	2.4000
11	2200	2.96	0.18	0.009	592	1.8000
12	2400	2.87	0.13	0.0065	574	1.3000
13	2600	2.8	0.08	0.004	560	0.8000
14	2800	2.74	0.03	0.0015	548	0.3000
<b>TOTAL</b>					<b>8888.000</b>	<b>42.950</b>
<b>Valor prom. =Total/T =</b>					<b>3.174</b>	<b>0.0153</b>

n	Áreas			Energía	
	Voltaje en C (V.ms)	Corriente en R (A.ms)	Energía (W.ms <sup>2</sup> )	W.ms	W.s
1	700	5	3500	17.5	0.0175
2	688	4.7	3233.6	16.168	0.016168
3	672	4.15	2788.8	13.944	0.013944
4	660	3.5	2310	11.55	0.01155
5	630	4	2520	12.6	0.0126
6	686	4.6	3155.6	15.778	0.01578
7	674	4.1	2763.4	13.817	0.01382
8	654	3.4	2223.6	11.118	0.01112
9	634	2.9	1838.6	9.193	0.00919
10	616	2.4	1478.4	7.392	0.00739
11	592	1.8	1065.6	5.328	0.00533
12	574	1.3	746.2	3.731	0.00373
13	560	0.8	448	2.24	0.00224
14	548	0.3	164.4	0.822	0.00082
TOTAL					0.14118

**Circuito 2. R: 20 ohm C: 100 uf  
4 Pulsaciones**



n	t (ms)	Condensador	Resistencia		Áreas	
		Voltaje(V)	Voltaje (V)	Corriente (A)	Condensador(V.ms)	Corriente en R (A.ms)
1	200	3.52	0.5	0.025	704	5
2	400	3.42	0.47	0.0235	684	4.7
3	600	3.35	0.42	0.021	670	4.2
4	800	3.24	0.35	0.0175	648	3.5
5	1000	3.4	0.44	0.022	680	4.4
6	1200	3.33	0.38	0.019	666	3.8
7	1400	3.22	0.33	0.0165	644	3.3
8	1600	3.12	0.28	0.014	624	2.8
9	1800	3.4	0.42	0.021	680	4.2
10	2000	3.3	0.37	0.0185	660	3.7
11	2200	3.19	0.29	0.0145	638	2.9
12	2400	3.07	0.44	0.022	614	4.4
13	2600	3.35	0.41	0.0205	670	4.1
14	2800	3.23	0.36	0.018	646	3.6
15	3000	3.1	0.3	0.015	620	3
16	3200	3.03	0.25	0.0125	606	2.5
17	3400	2.9	0.19	0.0095	580	1.9
18	3600	2.8	0.15	0.0075	560	1.5
19	3800	2.7	0.1	0.005	540	1
20	4000	2.6	0.05	0.0025	520	0.5
21	4200	2.5	0.015	0.00075	500	0.15
<b>TOTAL</b>					<b>13154</b>	<b>65.15</b>
Valor prom. =Total/T =					3.131904762	0.015511905

n	Áreas			Energía	
	Voltaje en C (V.ms)	Corriente en R (A.ms)	Energía (W.ms <sup>2</sup> )	W.ms	W.s
1	704	5	3520	17.6	0.0176
2	684	4.7	3214.8	16.074	0.016074
3	670	4.2	2814	14.07	0.014070
4	648	3.5	2268	11.34	0.011340
5	680	4.4	2992	14.96	0.014960
6	666	3.8	2530.8	12.654	0.012654
7	644	3.3	2125.2	10.626	0.010626
8	624	2.8	1747.2	8.736	0.008736
9	680	4.2	2856	14.28	0.014280
10	660	3.7	2442	12.21	0.012210
11	638	2.9	1850.2	9.251	0.009251
12	614	4.4	2701.6	13.508	0.013508
13	670	4.1	2747	13.735	0.013735
14	646	3.6	2325.6	11.628	0.011628
15	620	3	1860	9.3	0.009300
16	606	2.5	1515	7.575	0.007575
17	580	1.9	1102	5.51	0.005510
18	560	1.5	840	4.2	0.004200
19	540	1	540	2.7	0.002700
20	520	0.5	260	1.3	0.001300
21	500	0.15	75	0.375	0.000375
TOTAL					0.211632