

De lo inestable a lo estable

Transformación de una señal de voltaje alterna a una señal de voltaje continuo

Alan Stiven Camacho Restrepo¹

¹Universidad de Antioquia, Medellín, Instituto de física
alans.camacho@udea.edu.co

November 2020

Abstract

This work consisted in finding an appropriate circuit assembly, which could transform an alternating voltage (AC) signal to a direct voltage (DC) signal experimentally using electronic devices. For the desired assembly, first three assemblies were made that allowed an analysis of the devices to be used. Closed circuits were assembled with resistor, capacitor, LED, diodes, regulator, and a transformer connected to a household outlet as an AC voltage source. With the first circuit assembled, the modification of the sine wave to a half-wave signal was obtained through the behavior of the diode; with the second assembly, the modification to full wave was obtained and with the third assembly, the stability of the voltage signals were obtained through the capacitors. Finally, with the characteristics of the diodes, capacitors and regulator, an appropriate assembly was found that allowed the transformation of an alternating signal to a continuous signal. For a regulator that theoretically should get a voltage of 5 V, a value of 5,09 V was obtained experimentally, concluding that a suitable assembly was found.

1 Introducción

Hoy día la forma de usar los dispositivos en casa es a partir de la electricidad, a través de los enchufes que suministran la energía necesaria para el funcionamiento de estos. La energía eléctrica que llega a los hogares es transportada por medio de los cables que cuelgan sobre las calles y que recorren grandes distancias hasta el lugar donde se hace producir. La forma como se crea esta energía es mediante los giros de grandes turbinas (Energía mecánica) mediante maneras que hoy día el humano se ha permitido ingeniar, tales como los molinos que son generados por el viento, las centrales hidroeléctricas a través de la caída del agua (su movimiento), también a través de las olas del mar que chocan fuertemente contra las turbinas, mediante el vapor que se desprende al quemar carbón o petróleo (energía no renovable, ya que no es reutilizable), o a través de la energía solar (luz solar); modos distintos de crear movimiento sin destruir o contaminar recursos naturales (energías renovables). El movimiento de las turbinas hace generar corriente [1], lo que permite transformar la energía mecánica en energía eléctrica. Es así como estas corrientes son generadas y transportadas por los cables para que lleguen a los hogares. Las corrientes en estos procesos no son constantes en el tiempo (debido a que el movimiento de la turbina tampoco es constante en el tiempo y por la Ley de Faraday [1]), es decir que son corrientes variables, que comúnmente se llaman corrientes alternas. Pero las corrientes que

llegan a los hogares presentan un problema, ya que son alternas, varían entre un intervalo de valores alrededor del cero y por tanto no es eficiente al intentar cargar de energía a un dispositivo, ya que en promedio su energía sería nula, no permitiendo su funcionamiento. Para evitar este problema, lo que se busca es convertir la corriente alterna que llega a los enchufes a corriente continua, es decir que no varíe con el tiempo, así, habrá un valor de corriente que llegue a los dispositivos permitiendo su funcionamiento. Esto es lo que hace precisamente los cargadores por ejemplo del celular, que está constituido de una caja y un cable; dentro de la caja del cargador existe un circuito que permite que la corriente alterna que llega a la clavija se convierta dentro de esta en corriente continua, saliendo por el cable y así llegando al dispositivo. Es por esto, que estos circuitos son de gran importancia para ser aplicados en la vida cotidiana y tecnológica. Y para tener un mejor entendimiento de este y familiarizarse con el fenómeno, se decidió estudiar su comportamiento (¿Cómo se transforma la corriente alterna a corriente continua?). Gracias a cuatro dispositivos electrónicos, se puede realizar dicha hazaña, estos son: el transformador que consta de dos bobinas que permite el aumento o disminución de una corriente de entrada a través de una corriente de salida (es común verlos en los postes de luz, cajas grandes, que permiten que la corriente alta que llega desde el cable sea transmitida a los hogares con un menor valor); el condensador que permite el almace-

namiento de energía eléctrica; el diodo que permite el paso de corriente en una sola dirección y el regulador que permite la modificación de señales. A partir de los cuatro dispositivos, y el montaje de circuitos a través de la protoboard se obtuvieron datos que por medio del análisis permitieron la construcción en varios pasos para la modificación de la corriente.

Los objetivos planteados para el desarrollo del experimento son el montar diferentes circuitos que permitan la comprensión de cómo se va transformando poco a poco la corriente alterna, como también conseguir un montaje que permita la modificación de la corriente alterna a corriente continua.

2 Marco teórico

La corriente alterna que llega a los hogares se comporta como una onda sinusoidal (ver Figure 1) ya que este varía entre valores que se centran alrededor del cero.

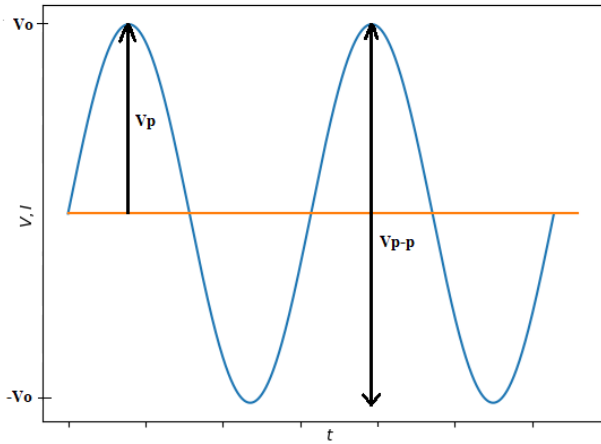


Figure 1: Comportamiento de la corriente o voltaje alterno en los enchufes. Varía en un intervalo de $[-V_0, V_0]$. V_{p-p} se llama voltaje pico a pico. V_p es el voltaje pico

El voltaje pico a pico es la longitud vertical completa de la onda de voltaje, es decir es la longitud del intervalo en el que varía el voltaje. Mientras el Voltaje pico es la amplitud o valor máximo (o mínimo) que puede tener el voltaje.

El Voltaje RMS o voltaje eficaz es la medida de voltaje que se obtiene en un enchufe, pues se ve que cuando se conecta un multímetro en voltaje alterno (AC) este no varía como indica la curva de la Figure 1, sino que se obtiene es el Voltaje RMS (V_{RMS}) dado por la siguiente expresión [2]:

$$V_{RMS} = \frac{V_{pico-pico}}{2\sqrt{2}} = \frac{V_{pico}}{\sqrt{2}} \quad (1)$$

Usando el multímetro en voltaje continua (DC) se obtiene un valor aproximadamente nulo o cero cuando se quiere medir el voltaje del enchufe, ya que el voltaje promedio de la Figure 1 es cero; es decir, el voltaje

cambia de polaridad y por tanto su promedio tiende a cero.

Un filtro paso-bajo es un circuito que permite cambiar la frecuencia con la que llega una señal a una frecuencia distinta para la salida, puede estar constituido de una resistencia y un condensador. La frecuencia de corte (con la que sale) teóricamente viene dada por [3]:

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC} \quad (2)$$

Donde R es la resistencia y C la capacitancia del condensador.

3 Método experimental

Para la realización del experimento, se hicieron 4 diferentes montajes de circuitos, usando resistencias de $R = 1k\Omega$, diodos, puente de diodos (Son 4 diodos integrados), un LED, un transformador con tres salidas (una es Ground (tierra) y las otras dos las polaridades del voltaje alterno; 9-0-9 Voltios), dos condensadores (capacitores) de $C = 100\mu F$ y $C = 1000\mu F$ y un regulador $L7805CV$; se comenzó con un primer montaje (ver Figure 2) para observar cómo es el comportamiento de un diodo en un circuito cerrado. Usando como fuente de voltaje el transformador conectado a un enchufe del hogar, que permite una salida de corriente alterna menor a la que llega al enchufe, pues este es el propósito del transformador.

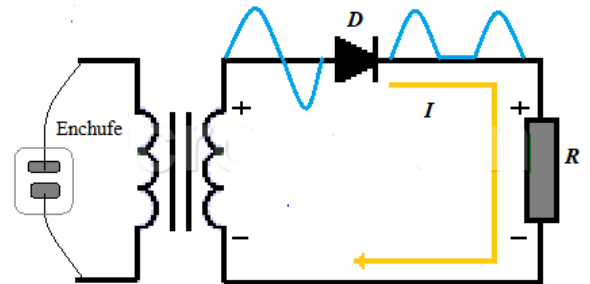


Figure 2: Circuito cerrado con diodo (D), resistencia (R) y transformador que conecta con el enchufe. I es la corriente que circula en el circuito. Se usa las dos salidas de corriente del transformador (no se hace uso de Ground)

A partir del primer montaje se tomaron medidas de voltaje en la salida del transformador y en la resistencia que va luego del diodo, a través del multímetro, para analizar sus valores y concluir algún comportamiento. Al circuito de la Figure 2 se le llama *Rectificador de media onda* [4].

Luego, se realizó un segundo montaje (ver Figure 3) que hace uso de los mismos dispositivos electrónicos

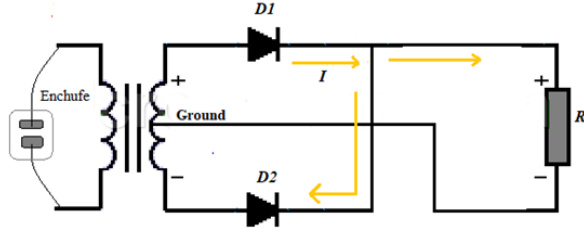


Figure 3: Circuito cerrado con dos diodos (D1 y D2), resistencia (R) y transformador que conecta con el enchufe. I es la corriente que circula en el circuito. Presenta nodos que es la parte donde la corriente se divide en dos caminos sobre el conductor. Se conecta la salida de Ground (Tierra) del transformador

que el montaje de la Figure 2, a diferencia de que se usa un diodo extra.

Análogo al primer montaje, se realizaron medidas de voltaje a través del multímetro en la salida del transformador y en la resistencia. Con el motivo de analizar el comportamiento de la corriente en este circuito. A este circuito se le llama *Rectificador de onda completa* [4].

Para el tercer montaje se hace uso del condensador para analizar su comportamiento en el circuito cerrado. Para esto se hizo el siguiente montaje (ver Figure 4).

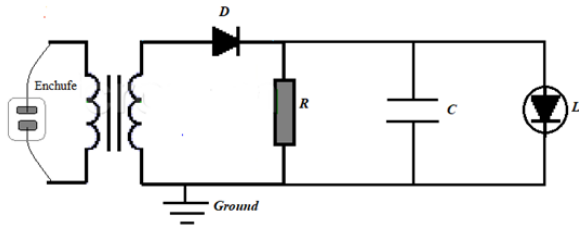


Figure 4: Circuito cerrado que consta de un diodo (D), resistencia (R), condensador (C) y un LED (L). Se suministra voltaje a través de la salida de Ground (Tierra) y una salida del voltaje alterno del transformador

Para el circuito de la Figure 4, se realizó las medidas de voltaje para la resistencia y para el condensador, para su respectivo análisis. Además, a través de la cámara de un celular se grabó la luz que emitía el LED para el circuito con y sin condensador, posteriormente se compararon. A este circuito se le llama *Filtro paso-bajo* [3]

Y por último, luego de haber analizado poco a poco los circuitos anteriores, se realizó el montaje de un circuito cerrado a partir del puente de diodos, condensadores y regulador (ver Figure 5); para analizar si la transformación de corriente alterna a continua funciona.

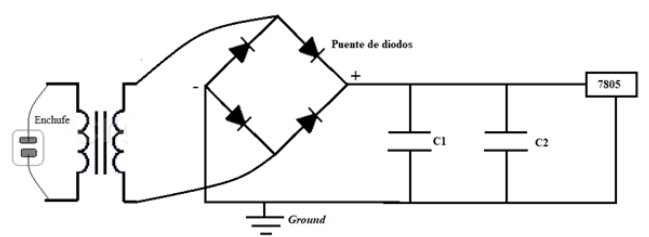


Figure 5: Circuito cerrado suministrando una fuente de voltaje alterno a través del transformador en el puente de diodos. Dos condensadores (C1 y C2), regulador 7805. Polarización positiva del diodo en la parte superior (+) y negativa en la parte inferior (-)

A través del último circuito, se mide el voltaje de salida en el regulador y se analizan los datos para concluir el funcionamiento del circuito.

4 Resultados y análisis

A través del multímetro se hicieron las medidas de voltaje alterno y continuo para la salida del transformador (V_T) y para la resistencia (V_R) en el primer circuito montado (Figure 2). A continuación, se muestran en tabla las medidas obtenidas. (Table 1)

	V_{AC}	V_{DC}
V_T	$(19,0 \pm 1,2) V$	0
V_R	$(18,4 \pm 1,2) V$	$(8,66 \pm 0,06) V$

Table 1: Medidas del voltaje alterno V_{AC} y continuo V_{DC} para el transformador y resistencia. Para voltaje alterno se hizo uso del multímetro en el rango de 200 V en ACV, mientras en continuo en el rango de 20 V en DCV. Errores dados por el multímetro

A partir de las medidas obtenidas en la Table 1, se puede observar que la entrada de voltaje AC para el circuito es de 19 V que es el voltaje pico de la onda sinusoidal (ver Figure 1) en la salida del transformador, es decir que en el circuito inicialmente se comienza a transmitir esta señal de onda (como se muestra en la Figure 2 antes del diodo, la onda completa que aparece en azul), luego, se obtuvo que su voltaje continuo es de 0 V, ya que el voltaje para el transformador variará de polaridad en el intervalo $[-19,19]$ y su media es 0, lo que indica el multímetro. Ahora, el voltaje alterno obtenido en la resistencia es de 18,4 V, es decir que disminuye un 0,6 del valor en el transformador; esto concuerda debido a que en el diodo existe una caída de potencial alrededor de $\sim 0,7$ [5]. El voltaje continuo en la resistencia que se obtuvo fue de 8,66 V que es la medida aproximada de la media de la onda de señal que pasa a través de la resistencia que mide el multímetro, como su valor no fue nulo (como en el transformador), entonces se obtiene que la onda que atraviesa el diodo no es completa, sino

que pasa es la media onda positiva (En la Figure 2 después del diodo se graficó media onda en azul) pues ya que el valor del voltaje en DC es positiva. Al cambiar el sentido del diodo (Invertir su posición) en el mismo circuito, se obtuvieron los mismos valores de la Table 1 pero negativos, es decir que el voltaje DC en este caso de la resistencia fue de $-8,66 V$, lo que implica que la onda de señal después del diodo, es inversa a la del caso anterior, es decir que la media onda dirige sus curvas hacia abajo (negativa). Con esto, se pudo analizar que el diodo permite el paso de la corriente en una sola dirección; cuando su posición es como se muestra en la Figure 2, el voltaje o corriente que pasa a través de este es de polarización positiva. Y que permite a la señal AC transformarla en una señal de media onda.

Para el segundo circuito (ver Figure 3) se obtuvieron las siguientes medidas de voltaje AC y DC para la resistencia (Table 2).

	V_{AC}	V_{DC}
V_R	$(17,2 \pm 1,2) V$	$(8,14 \pm 0,06) V$

Table 2: Medidas del voltaje alterno V_{AC} y continuo V_{DC} para la resistencia del segundo circuito. Para voltaje alterno se hizo uso del multímetro en el rango de $200 V$ en ACV, mientras en continuo en el rango de $20 V$ en DCV. Errores dados por el multímetro

Haciendo un mismo análisis que en el anterior párrafo, se observó que el voltaje alterno en la resistencia disminuyó $\sim 1,8$ que concuerda con la teoría, ya que en presencia de dos diodos debería existir una caída de voltaje de aproximadamente $\sim 1,4$. El voltaje continuo V_{DC} obtenido es aproximado a la media de la media onda con voltaje pico V_{AC} . Además, en la presencia de los dos diodos se puede analizar que la corriente con polarización positiva siempre llegará a la resistencia sin importar la polaridad que tomen los extremos de la salida del transformador debido a la función que tiene el diodo.

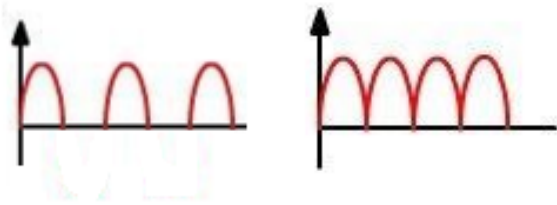


Figure 6: Señal de media onda para el circuito 1 después del diodo (Izquierda). Señal para el circuito 2 (Derecha)

Se muestra las dos señales recibidas en la resistencia para el circuito 1 (Figure 2) que consta de un diodo y para el circuito 2 (Figure 3) que consta de dos diodos, su diferencia es la no continuidad que hay en el circuito 1, debido a que la polarización negativa no pasa por

el único diodo, mientras que con dos diodos asegura siempre el paso de la polarización positiva.

A través del filtro paso-bajo (Figure 4) se realizaron grabaciones a través del celular para observar el comportamiento de la luz en la LED. Primero, se realizó la grabación sin el condensador en el circuito paso-bajo, lo que se obtuvo fue que la luz de la LED titilaba (pues la cámara del celular permite ver más fotogramas por segundo), lo que permitió deducir que sin condensador el voltaje alterno (por tanto corriente alterna) variaba de manera considerable, pues esto permitía que el LED se prendiera y apagara constantemente. El voltaje AC en la resistencia para este caso sin condensador fue de $(8,1 \pm 1,1) V$ y su voltaje DC fue de $(3,92 \pm 0,04) V$. Luego, a partir del circuito con el condensador (Figure 4) se obtuvo a través de la cámara del celular que la luz del la LED no titilaba, es decir que para este caso el voltaje AC no variaba considerablemente como para que el celular lo captara (su corriente alterna variaba en intervalos más pequeños que cuando la luz titilaba) y por tanto la corriente y el voltaje son más estables en presencia del condensador. En la siguiente tabla se muestran los voltajes AC y DC obtenidos para dos diferentes condensadores que se pusieron en el circuito, uno de $25 V - 1000 \mu F$ y el otro de $50 V - 100 \mu F$.

	V_{AC}	V_{DC}
C_1	$(22,2 \pm 1,3) V$	$(10,49 \pm 0,07) V$
C_2	$(19,8 \pm 1,2) V$	$(9,40 \pm 0,07) V$

Table 3: Medidas del voltaje alterno V_{AC} y continuo V_{DC} para el condensador del circuito paso-bajo. C_1 es el condensador de $1000 \mu F$ y C_2 es el de $100 \mu F$

Entonces los condensadores permiten que la señal de onda que sale del diodo, las transforme en una señal más estable (con crestas y valles más pequeñas, rizado) (ver Figure 7). En este punto, se tiene que una señal de onda como la de la Figure 1 que sale del transformador para llegar al circuito, se transforma en una señal más estable y un poco rizada.

Por último, a través del montaje del último circuito (Figure 5) se hicieron medidas de voltaje para la salida del regulador (ver Table 4).

	V_{AC}	V_{DC}
$L7805$	$(10,8 \pm 1,1) V$	$(5,09 \pm 0,04) V$

Table 4: Medidas del voltaje alterno V_{AC} y continuo V_{DC} para la salida del regulador $L7805$. Para voltaje alterno se hizo uso del multímetro en el rango de $200 V$ en ACV, mientras en continuo en el rango de $20 V$ en DCV. Errores dados por el multímetro

Como la función del regulador es tomar una señal que no sea muy inestable para transformarla en una

señal continua, lo que hace el circuito (Figure 5) es: primero, a partir del puente de diodos permitir sin importar la polaridad del voltaje alterno que suministra el transformador, el paso de la polaridad positiva en la parte superior del circuito (debido al comportamiento de los diodos) y luego, a partir de los dos condensadores, transformar esta señal de entrada de onda completa a una señal más estable (como se dijo en el análisis de la luz de la LED) y por tanto, que la señal llegue al regulador lo más estable posible para que la transforme a continua. En este caso, se hizo uso de un regulador *L7805* lo que significa que, tomando una señal poco inestable la modificará en una señal de 5 V.

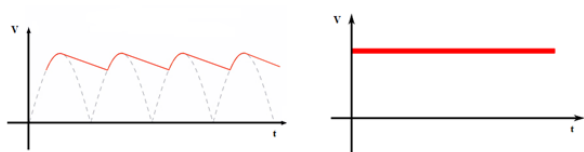


Figure 7: Señal de media onda estableciéndose o rizada para el circuito 3 con condensador (Izquierda). Señal para el circuito 4 modifica por el regulador (Derecha)

Gracias a la Table 4, se obtuvo que la señal de salida en DC es de $5,09 \sim 5$, un resultado muy aproximado a lo que teóricamente se debe obtener.

5 Conclusiones

- Experimentalmente se obtuvo el comportamiento de un diodo, resultando que solo deja el paso de la corriente en solo una dirección.

- Se encontró a través de la cámara de un celular, el funcionamiento del circuito filtro paso-bajo, que permite a través del condensador suavizar la señal de entrada, modificándola a ser más estable

- Se encontró 4 montajes de circuitos apropiados que permitieron poco a poco conocer la utilidad de los cuatro dispositivos electrónicos usados (Transformador, diodos, condensador y regulador) para poder montar un circuito que permitiera realizar el proceso de modificación de señal AC a DC.

- Se encontró un montaje apropiado que permitió la transformación de una señal de voltaje alterna a una señal de voltaje continua. A través del montaje se obtuvo una señal de salida continua de $5,09 \text{ V}$ aproximado a lo que debería dar dado por el regulador.

References

- [1] YOUNG, HUGH D. y ROGER A. FREEDMAN, *Física universitaria, con física moderna volumen 2*, decimosegunda edición, México, DF, 2009.
- [2] <https://unicrom.com/valor-rms-promedio-pico/#:text=La%20corriente%20alterna%20y%20los,son%20valores%20RMS%20o%20eficaces>.
- [3] <https://unicrom.com/filtro-rc-paso-bajo/>
- [4] <https://mantenimientoia.wordpress.com/2016/03/11/rec-tificadores-de-media-onda-y-onda-completa/>
- [5] <http://roble.pntic.mec.es/jlop0164/archivos/diodo.pdf>