

## NOTA TÉCNICA

## FUENTE DE VOLTAJE DC INALÁMBRICA, A PARTIR DE ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS

Pirela Ronald<sup>1</sup>, González Charlo<sup>1</sup>

(Recibido abril 2013, Aceptado junio 2013)

<sup>1</sup>UNEXPO, Puerto Ordaz, Venezuela[pirelalacruz@gmail.com](mailto:pirelalacruz@gmail.com), [chgonzal2006@gmail.com](mailto:chgonzal2006@gmail.com)

**Resumen:** El presente trabajo consiste en generar una Fuente de Voltaje DC inalámbrica, a partir de Ondas Electromagnéticas en la banda de Mediana Frecuencia (MF). Se expone el diseño y la implementación de un circuito electrónico pasivo que cumple la función de convertir las Ondas Electromagnéticas emitidas por las Estaciones de Radio Difusión AM en voltaje de corriente directa. Se fabricó un prototipo y llevaron a cabo pruebas de campo donde se demostró el buen funcionamiento del prototipo. Los resultados obtenidos demuestran que los niveles de potencia suministrados por la fuente de voltaje permiten alimentar dispositivos electrónicos.

**Palabras clave:** Amplitud modulada/ Banda MF/ Energía Inalámbrica/ Fuente de poder DC/ Radiofrecuencia.

## I. INTRODUCCIÓN

Uno de los pioneros en la transmisión y recepción de la energía eléctrica en forma inalámbrica fue Nikola Tesla, con la construcción a principios del Siglo XX de la torre Wardenclyffe en Nueva York, que disponía de una antena de 60 metros para la emisión de energía eléctrica [1].

Los primeros experimentos de transmisión de energía inalámbrica se iniciaron en el Siglo XIX y durante todos estos años se han ideado y probado diversos desarrollos con distintos resultados. En el año 2005, un grupo de investigadores del Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT), demostraron experimentalmente un paso importante hacia el cumplimiento de esta visión y fueron capaces de encender una bombilla de 60W desde una fuente de alimentación situada a siete pies de distancia. El equipo del MIT se refiere a su concepto como “WiTricity” o “WiTricidad” (como en la electricidad inalámbrica) [2]. En el año 2009, la empresa líder en el sector de los microprocesadores Intel, presentó un trabajo titulado Sistema para la transmisión de electricidad sin cables [3]. Para el año 2010, la empresa RCA, presentó un prototipo de una batería de recolección de energía portátil diseñado para convertir la energía transmitida en una señal Wi-Fi en corriente continua [4]. Sin embargo, en las publicaciones de trabajos de investigaciones y avances tecnológicos en este campo del saber, presentan los cálculos matemáticos, los esquemáticos de los circuitos diseñados e implementados; es decir, los mismo son presentados como cajas negras.

El desarrollo de esta investigación, consiste en diseñar e

implementar un circuito electrónico pasivo, que permita demostrar como generar una fuente de voltaje DC inalámbrica a partir de ondas electromagnéticas dentro del espectro radioeléctrico, específicamente en la banda MF, realizando el desarrollo matemático del análisis circuital, simulación del esquemático del diseño y pruebas de campo del prototipo.

Así como evaluar el nivel de potencia recibida y la suministrada por la fuente de voltaje de corriente directa inalámbrica.

## II. DESARROLLO

## 1. Descripción de la Fuente de Voltaje DC a partir de Ondas Electromagnéticas.

La Fuente de Voltaje DC a partir de Ondas Electromagnética en la banda de MF, lo constituye fundamentalmente un circuito electrónico pasivo, el cual cumple la función de convertir las ondas electromagnéticas emitidas por las Estaciones de Radio Difusión AM en voltaje de corriente directa. El Circuito Electrónico Pasivo diseñado e implementado, está compuesto a su vez, por tres etapas principales; como se muestra en la Figura 1.

La primera etapa consta de un circuito resonante RLC o filtro pasabandas pasivo, con configuración serie o paralelo acoplado a una Antena Monopolo; lo que permite sintonizar el circuito receptor a la frecuencia de trabajo del transmisor de la Estación de Radio Difusión AM y convertir las Ondas Electromagnéticas que viajan en el espacio libre en una señal eléctrica de corriente alterna.

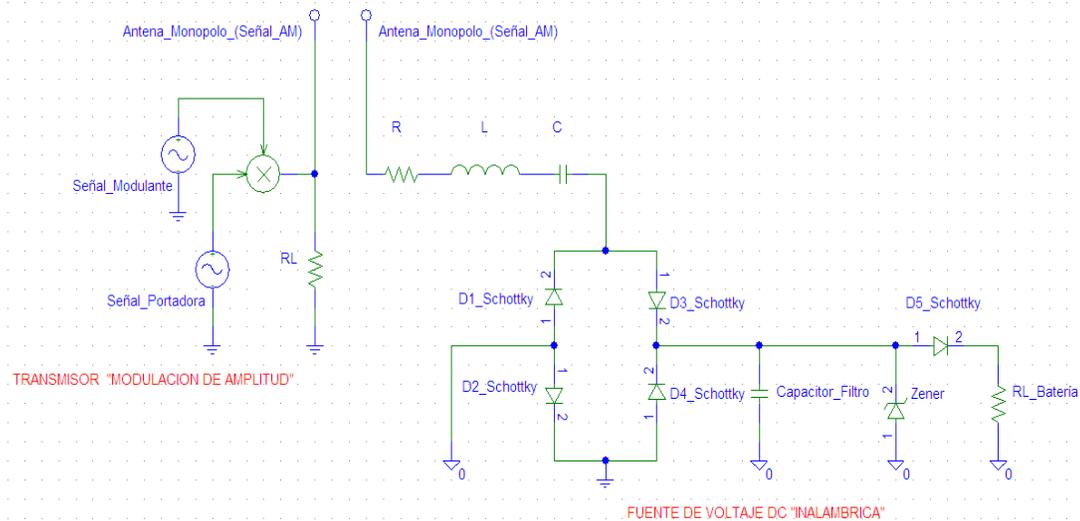


Figura1. Sistema de Transmisión y Recepción Inalámbrica de Energía Eléctrica.

La segunda etapa lo constituye un puente de onda completa implementado con diodos schottky de barrera, el cual cumple la función de rectificar señales inalámbricas de frecuencia que van desde muy bajas frecuencias hasta ultra altas frecuencias.

La tercera etapa la integra un filtro pasivo pasabajas y un diodo zener, los cuales cumplen la función de suavizar y estabilizar el voltaje de corriente directa. Esta etapa, se puede optimizar proporcionando la señal de salida del circuito electrónico pasivo, como entrada a un Circuito Integrado Regulador de Voltaje; que a su vez produce como salida un nivel de voltaje de corriente directa bien definido, con un voltaje de rizo extremadamente bajo sobre un intervalo de carga [5].

Por otra parte, para el puente de onda completa, se debe elegir diodos que presenten tiempos de respuestas acorde a la banda de trabajo; para poder ver la señal inalámbrica.

Determinar el valor del Capacitor que constituye el filtro pasabajas e implementar uno o varios Diodos Zener en función del voltaje o los voltajes deseado a la salida de la fuente de voltaje de corriente directa inalámbrica.

**2.1. Cálculo exacto de la Frecuencia Resonante, Corriente Máxima, Potencia Máxima y Ancho de Banda de la Fuente de Voltaje DC Inalámbrica.**

Para obtener los valores del Circuito Resonante RLC del Circuito Electrónico Pasivo, se hace uso de la teoría de respuesta en frecuencia para circuitos con alimentación senoidal [6]. Tomando en cuenta que la Resonancia es una condición en un circuito RLC en la cual las reactancias capacitiva e inductiva son de igual magnitud, por lo cual dan lugar a una impedancia puramente resistiva. A continuación se desarrolla el cálculo del circuito electrónico pasivo resonante en configuración serie

mostrado en la Figura 2:

$$Z = H(\omega) = \frac{V}{I} = R + j\omega L + \frac{1}{j\omega C} \quad (1)$$

La resonancia se produce cuando la parte imaginaria de la función de transferencia es cero, como se muestra en la ecuación (2),

$$Im(Z) = \omega L - \frac{1}{\omega C} \quad (2)$$

El valor de  $\omega$  que satisface esta condición recibe el nombre de Frecuencia Resonante  $\omega_0$ . De tal modo, la condición de resonancia es

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \text{ [rad/seg]} \quad (3)$$

Puesto que  $\omega_0 = 2\pi f_0$ ,

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \text{ [Hz]} \quad (4)$$

Note que en la resonancia:

- ✓ La impedancia es puramente resistiva, por lo que  $Z=R$ . En otras palabras, la combinación en serie LC actúa como cortocircuito, y toda la tensión está a través de R.
- ✓ La tensión V la corriente I se encuentran en fase, de modo que el factor de potencia es unitario.
- ✓ La tensión a través del inductor y del capacitor pueden ser muchos mayores que la tensión de la fuente.
- ✓ La magnitud de la función de transferencia  $H(\omega)=Z(\omega)$  es mínima.

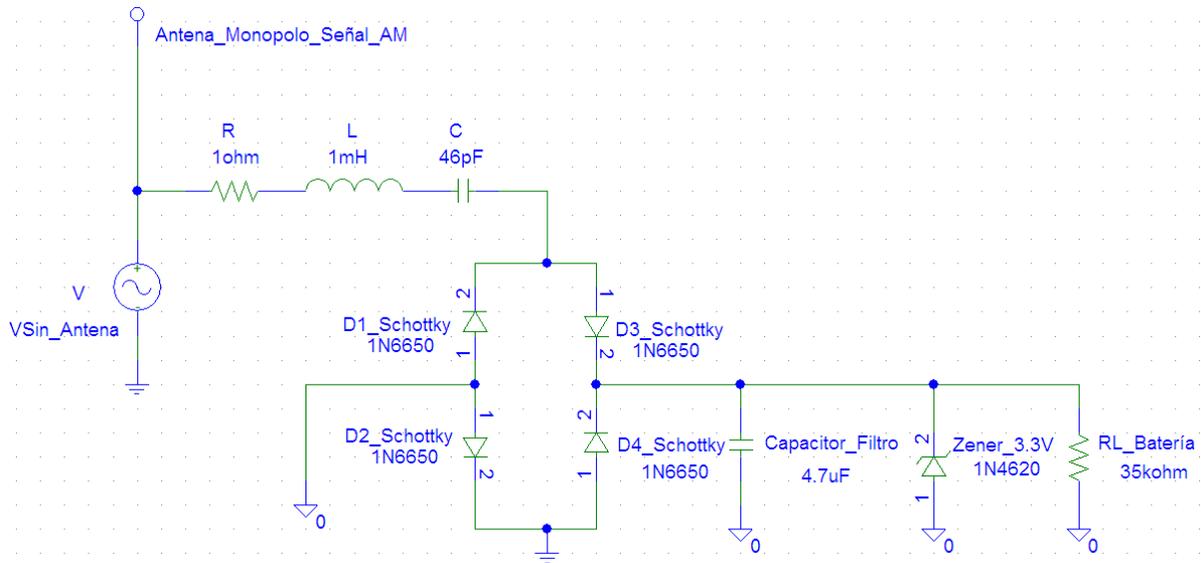


Figura 2. Circuito Electrónico Pasivo Recepto. Fuente de Voltaje DC.

La repuesta en frecuencia de la magnitud de corriente del circuito resonante se representa por medio de la ecuación (5).

$$I = |I| = \frac{V_{m\acute{a}x}}{\sqrt{R^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2}} [A] \quad (5)$$

Donde,  $V_{m\acute{a}x}$  es el voltaje máximo obtenido en la antena y extrae de la ecuación (6) que representa la distribución de voltaje de una señal modulada en amplitud [7].

$$V_{am}(t) = V_c \sin(2\pi f_c t) - \frac{mV_c}{2} \cos[2\pi(f_c + f_m)t] + \frac{mV_c}{2} \cos[2\pi(f_c - f_m)t] \quad (6)$$

Donde:

$V_{am}$ : Distribución del Voltaje de la Señal AM

$V_c$ : Voltaje Máximo de la Señal Portadora

$f_c$ : Frecuencia de la Señal Portadora

$f_m$ : Frecuencia de la Señal Modulante

$m$ : ndice de Modulación

La potencia promedio que disipa en el circuito RLC se obtiene por medio de la ecuación (7).

$$P(\omega) = \frac{1}{2} I^2 R [W] \quad (7)$$

La mayor potencia que se disipa ocurre en la resonancia, cuando  $I = V_{m\acute{a}x}/R$ , por lo que,

$$P(\omega_0) = \frac{1}{2} \frac{(V_{m\acute{a}x})^2}{R} [W] \quad (8)$$

En ciertas frecuencias correspondientes a  $\omega = \omega_1, \omega = \omega_2$ ,

la potencia disipada es la mitad del valor máximo y se obtiene de las ecuaciones (9) y (10).

$$P(\omega_1) = P(\omega_2) = \frac{\left(\frac{V_{m\acute{a}x}}{\sqrt{2}}\right)^2}{2R} \quad (9)$$

$$P(\omega_1) = P(\omega_2) = \frac{V_{m\acute{a}x}^2}{2R} \quad (10)$$

Por consiguiente  $\omega_1$  y  $\omega_2$  se denominan *frecuencias de media potencia*. Estas frecuencias se obtienen igualando  $Z$  a  $\sqrt{2}$ .

$$\sqrt{R^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2} = \sqrt{2}R \quad (11)$$

Al resolver para  $\omega$ , obtenemos la ecuación (12) y (13),

$$\omega_1 = -\frac{R}{2L} + \sqrt{\frac{R^2}{2L^2} + \frac{1}{LC}} \quad (12)$$

$$\omega_2 = \frac{R}{2L} + \sqrt{\frac{R^2}{2L^2} + \frac{1}{LC}} \quad (13)$$

Es posible seleccionar las frecuencias de media potencia con la frecuencia resonante. De acuerdo a la ecuación de  $\omega_0, \omega_1$  y  $\omega_2$ , se obtiene que,

$$\omega_0 = \sqrt{\omega_1 \omega_2} \quad (14)$$

Lo que muestra que la frecuencia resonante es la media geométrica de las frecuencias de media potencia. Note que en general  $\omega_1$  y  $\omega_2$  no son simétricas alrededor de la frecuencia  $\omega_0$ , debido a que la respuesta en frecuencia no es generalmente simétrica. Sin embargo, la simetría de las frecuencias de media potencia alrededor de la frecuencia resonante resulta muchas veces una aproximación razonable.

El ancho de la curva de respuesta depende del ancho de banda  $B$ , que se define como la diferencia entre las dos frecuencias de media potencia.

$$B = \omega_2 - \omega_1 \quad (15)$$

Esta definición de ancho de banda es solo una de las que se utilizan comúnmente. En sentido estricto,  $B$  es en un ancho de banda de media potencia, ya que es el ancho de la banda de frecuencia entre las potencias de media frecuencia.

Lo “pronunciado” de la resonancia es un circuito resonante se mide cuantitativamente por medio del factor calidad  $Q$ . En la resonancia, la energía reactiva en el circuito oscila entre el inductor y el capacitor. El factor de calidad relaciona la energía máxima o pico almacenada con la energía que se disipa en el circuito por ciclo de oscilación

$$Q = 2\pi \frac{\text{Energía pico almacenada en el circuito}}{\text{Energía que se disipa por el circuito en un periodo de resonancia}} \quad (16)$$

Se considera también como una medición de la propiedad de un circuito de almacén de energía, en relación con su propiedad de disipación de energía. En el circuito  $RLC$  en serie, la energía pico almacenada equivale  $\frac{1}{2}LI^2$ , en tanto que la energía que se disipa en un periodo corresponde a la ecuación (17),

$$\frac{1}{2}(I^2R) \left(\frac{1}{f}\right) \quad (17)$$

Por consiguiente, se obtienen las ecuaciones (18) y (19),

$$Q = 2\pi \frac{\frac{1}{2}LI^2}{\frac{1}{2}I^2R \left(\frac{1}{f}\right)} = \frac{2\pi fL}{R} \quad (18)$$

$$Q = \frac{\omega_0 L}{R} = \frac{1}{\omega_0 CR} \quad (19)$$

Observe que el factor de calidad es dimensional. La relación entre el ancho de banda  $B$  y el factor de calidad  $Q$  está determinada por la (20),

$$B = \frac{R}{L} = \frac{\omega_0}{Q} \quad (20)$$

$$B = \omega_0^2 CR \quad (21)$$

Por lo tanto, el factor de calidad es un circuito resonante es la razón entre la frecuencia resonante y su ancho de banda.

Cuando mas alto el valor de  $Q$ , tanto más selectivo resulta el circuito, aunque el ancho de banda se vuelve más pequeño. La selectividad de un circuito  $RLC$  es la capacidad del mismo para responder a cierta frecuencia y discriminar a todas las demás. Si la banda de frecuencia que se va a seleccionar o a rechazar es estrecha, el factor de calidad del circuito resonante debe ser alto. Si la banda de frecuencia es amplia, el factor de calidad debe ser bajo.

El circuito resonante es diseñado para operar en o cerca de su frecuencia resonante. Se afirma que será un circuito de alta  $Q$  cuando su factor de calidad es igual o mayor que 10. Para circuitos de alta  $Q$  ( $Q \geq 10$ ), las frecuencias de media potencia son, para todos los fines prácticos, simétricas en torno a la frecuencia resonante y es posible aproximarlas como se muestra en las ecuaciones (22) y (23).

$$\omega_1 \approx \omega_0 - \frac{B}{2} \quad (22)$$

$$\omega_2 \approx \omega_0 + \frac{B}{2} \quad (23)$$

### 3. Discusión y resultados

#### 3.1. Resultados obtenidos por medio del Simulador Microsim Orcad Family Release 9.2

El Simulador MicroSim, permite obtener las respuestas en el dominio de tiempo y en el dominio de la frecuencia, del Circuito Electrónico Pasivo [4]; a partir de una Señal Modulada en Amplitud. Los parámetros del diseño son:  $f_c = 740\text{KHz}$ ;  $V_c = 1\text{V}$ ;  $f_m = 1\text{KHz}$ ;  $V_m = 1\text{V}$ ;  $L = 1\text{mH}$ ;  $C = 46\text{pF}$  y  $R = 10\text{ohm}$ .

##### 3.1.1. Análisis de la Respuesta en el Dominio del Tiempo

En la Figura 3, se observa la Señal de Amplitud Modulada, con una señal portadora a 740KHz de frecuencia y una Señal Modulante de 1KHz de frecuencia. Adicionalmente se puede apreciar que la envolvente de la Señal de Amplitud Modulada tiene una amplitud de  $3V_p$  y  $6V_{pp}$ , y una frecuencia de 1KHz. La Señal de Amplitud Modulada es inyectada al Puente de Onda Completa implementado con Diodos Schottky.

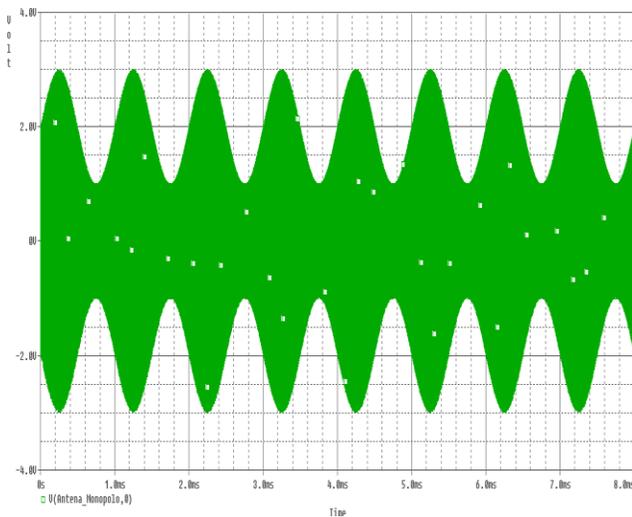


Figura 3. Señal de Amplitud Modulada.

La Figura 4, muestra la Señal a la Salida del Puente de Onda Completa implementado con Diodos Schottky, como respuesta a la inyección de una Señal de Amplitud Modulada. Además, se observa los picos del rizado de la señal rectificada, los cuales son de mayor frecuencia que la envolvente y corresponden a la Señal Portadora. Por otra parte, la Señal de Amplitud Modulada es una señal tipo envolvente; lo que puede dar cabida a mal interpretar que el Puente Rectificador de Onda Completa implementado con Diodos Schottky, rectifica la parte positiva y la parte negativa simultáneamente; es decir, los cuatro Diodos Schottky del Puente de Onda Completa siempre están en conducción. Sin embargo, lo que realmente ocurre es que la frecuencia de la portadora es mucho más alta que la señal modulante y el Puente Rectificador de Onda Completa implementado con Diodos Schottky, rectifica la parte positiva y la parte negativa en tiempos distintos pero muy cortos; es decir, en el semiciclo positivo D3 y D2 están en conducción y D1 y D4 en corte, y en el semiciclo negativo solo D1 y D4 están en conducción y D2 y D3 en corte [2], pero la señal portadora rectificada queda dentro de la parte positiva la envolvente de AM.

En la Figura 5, se presentan la Señal de Amplitud Modulada y la Señal a la Salida del Puente rectificador de Onda Completa Implementado con Diodos Schottky, ambas superpuestas. También se puede apreciar el nivel de voltaje de la Señal a la Salida del Puente. En el caso de una configuración RLC en serie, si el nivel de voltaje de la Señal de Amplitud Modula en la Antena, es menor que el voltaje de ruptura de los Diodos Schottky, se puede obtener aún una señal rectificada a la salida del Puente de Onda Completa, dado que el circuito RLC se carga y la tensión a través del inductor y del capacitor pueden ser muchos mayores que la tensión en la Antena; lo que permite poner en conducción a los Diodos Schottky [2].

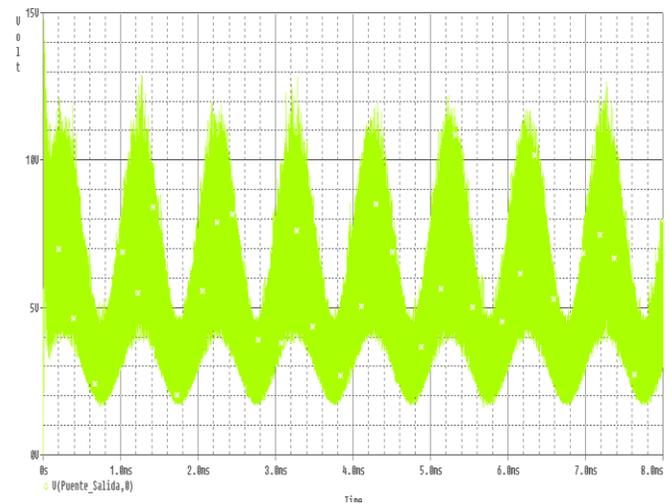


Figura 4. Señal de Amplitud Modulada Rectificada.

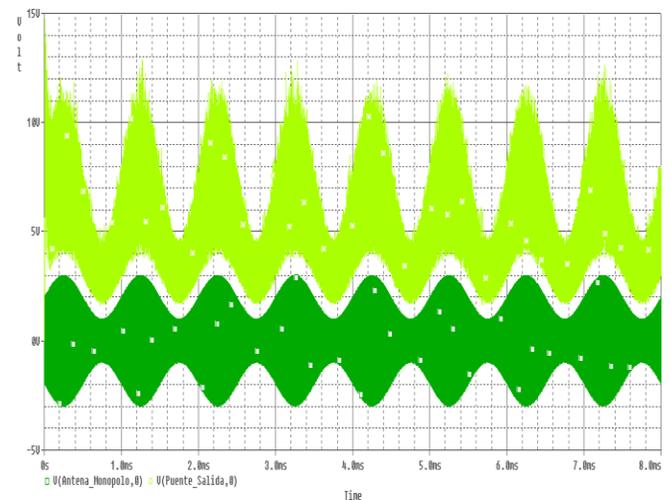


Figura 5. Señal de Amplitud Modulada y Señal de Amplitud Modulada.

Y en el caso de una configuración RLC en paralelo, si el nivel de Corriente de la Señal de Amplitud Modula en la Antena, es menor que la requerida para estimular los Diodos Schottky, se puede obtener aún una señal rectificada a la salida del Puente de Onda Completa, dado que el circuito RLC se carga y la corriente a través del inductor y del capacitor pueden ser muchos mayores que la corriente en la Antena; lo que permite poner en conducción a los Diodos Schottky [6].

En la Figura 6, se aprecia la Señal de Salida del Puente Rectificador, suavizada por el Capacitor Filtro y Estabilizada al voltaje del Diodo Zener 3.3V. Adicionalmente, se puede observar que se puede estabilizar la Señal con un Diodo Zener de mayor voltaje que el utilizado en la simulación, dado que el nivel de la señal rectificada lo permite, aunque se debe considerar la corriente mínima para la polarización del Diodo Zener.

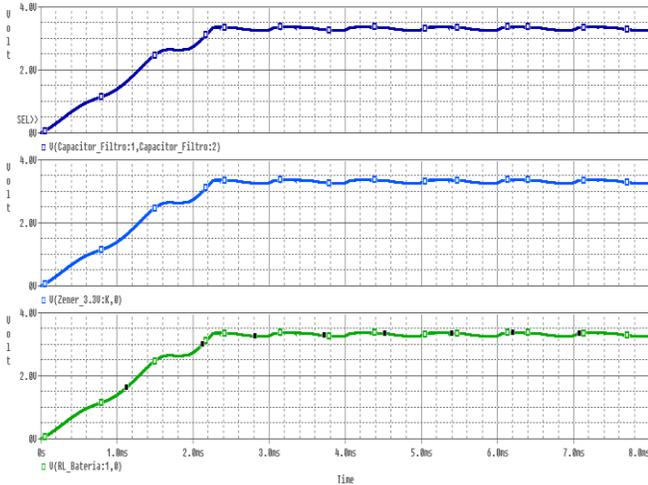


Figura 6. Señal de Amplitud Modulada Rectificada, Filtrada y Estabilizada.

En la Figura 7, se presentan la Señal de Amplitud Modulada y la Señal Filtrada y Estabilizada a la Salida del Puente de Onda Completa Implementado con Diodos Schottky. Es notable, que estamos en la presencia de una Fuente de Voltaje de Corriente Directa, a partir de una Señal de Amplitud Modulada.

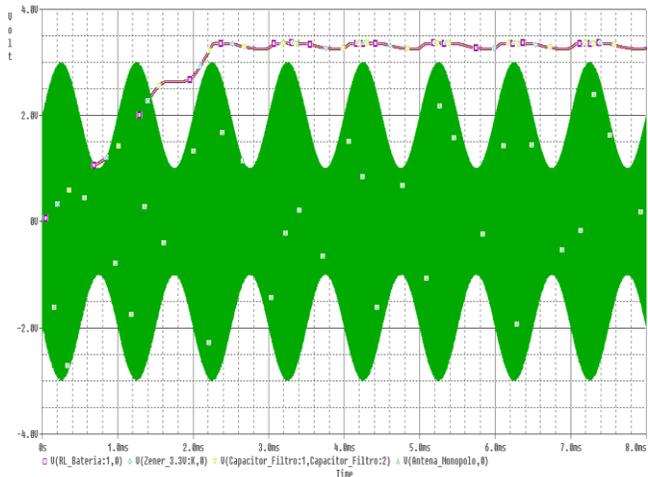


Figura 7. Señal de Amplitud Modulada y Señal de Amplitud Modulada Rectificada, Filtrada y Estabilizada.

3.1.2. Análisis de la Respuesta en el Dominio de la Frecuencia

La Figura 8, muestra superpuestas, la Señal de Amplitud Modulada sintonizada por el Circuito Resonante RLC, la Señal a la Entrada y a la Salida del Puente Rectificador de Onda Completa. Se aprecia, que la Señal de Amplitud Modulada es desfasada al ser sintonizada por el Circuito Resonante RLC o Filtro Pasabandas. La Señal a la Entrada y a la Salida del Puente Rectificador de Onda Completa, se encuentran en fase. La amplitud de la Señal a la Salida del Puente Rectificador de Onda Completa, que se obtiene en el Análisis de la Respuesta en Frecuencia, corresponde a la amplitud del rizado de la misma. Es importante

resaltar, que se confirma que el Circuito Resonante RLC resuena a la Frecuencia del Transmisor de la Señal de Radio Difusión; es decir, el Circuito Resonante RLC resuena a 740Khz.

En la Figura 9, se presenta el diagrama de Bode, usando un barrido por décadas para un rango de frecuencia entre 300KHz y 3.000KHz, con 101 puntos por décadas. Se elige este intervalo debido a que la Frecuencia de Resonancia está dentro del intervalo. El resultado es el diagrama de fase de Bode del Circuito Resonante de segundo orden, el cual confirma que la Frecuencia de Resonancia es 740KHz. El alto valor de la amplitud se debe a que la magnitud de la Señal a la Entrada del Puente Rectificador de Onda Completa fue llevada a la escala de los Decibels Voltios.

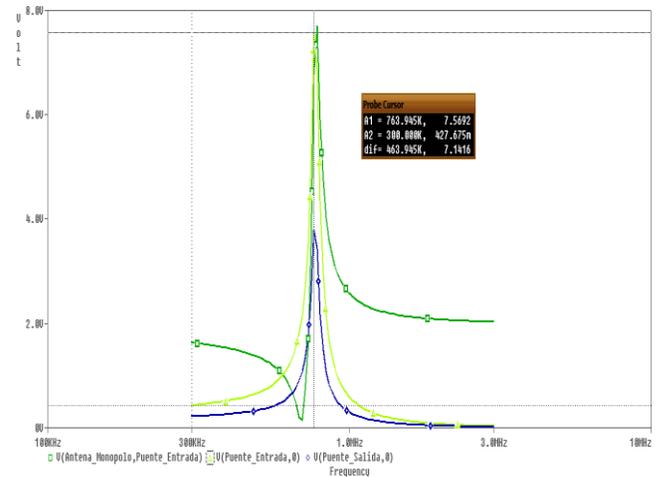


Figura 8. Señal de Amplitud Modulada Sintonizada y a la Entrada y a la Salida del Puente Rectificador de Onda Completa.

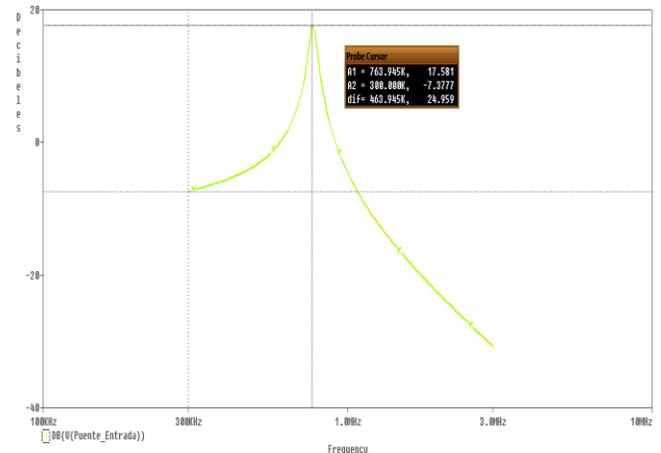


Figura 9. Señal a la Entrada del Puente de Onda Completa, en la escala de Decibels Voltios.

3.2. Resultados Experimentales

La fase experimental consistió en la fabricar un prototipo de la Fuente de Voltaje DC Inalámbrica diseñada, el cual

se aprecia en la Figura 10. Realizar pruebas de campos, sintonizando el circuito resonante a la frecuencia de trabajo del transmisor de 50KW de la Estación de Radio Difusión en banda AM “Radio Caroní 740KHz”; ubicada en la Ciudad de Puerto Ordaz, Estado Bolívar - Venezuela. La antena del transmisor se encuentra ubicada a 184m aproximadamente sobre el nivel del mar, con coordenadas N 08° 17.121' - W 62° 42.007'. Se realizaron mediciones eléctricas de campo, dentro de un radio de 10Km de distancia y a distintas alturas sobre el nivel del mar; con respecto a la Antena de la Estación de Radio Difusión. Se realizaron pruebas con polarización horizontal y vertical de la Antena Monopolo utilizada en el prototipo. Las mediciones de campo se presentan en las Tablas I, II, III, IV y V. Los niveles de tensión arrojados por la fuente de voltaje de corriente directa inalámbrica dependen de la potencia de transmisor, de la longitud y polarización de la antena, de la distancia y la altura entre las antenas transmisora y receptora.

En los puntos de medición, el rango de corriente directa obtenida estuvo entre 1µA y 10mA. Los resultados experimentales concuerdan con los cálculos matemáticos y la simulación.

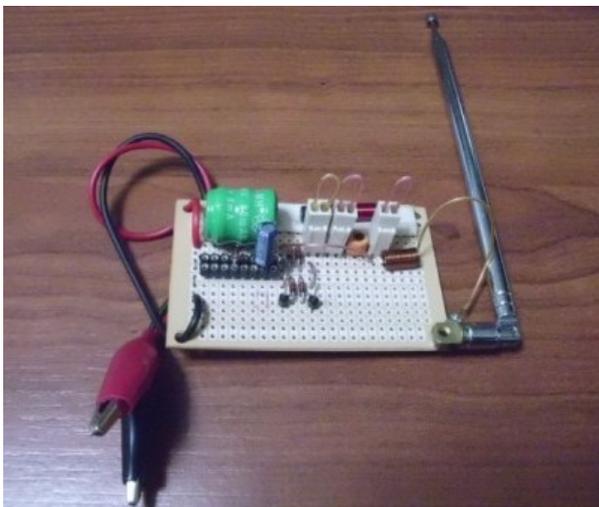


Figura 10. Prototipo de la Fuente de Voltaje DC, a partir de Ondas Electromagnéticas.

Tabla I. Mediciones de Voltaje. A 0Km de Distancia de la Estación “Radio Caroní - 740KHz”, 84m Sobre el Nivel del Mar y con Coordenadas N 08° 17.121' - W 62° 42.007'.

| Estación Radio Base “Radio Caroní 740KHz” |                            |                            |
|---|----------------------------|----------------------------|
| Antena Monopolo (cm)                      | Polarización Vertical      | Polarización Horizontal    |
|   | Voltaje (V <sub>DC</sub> ) | Voltaje (V <sub>DC</sub> ) |
| 54,0                                      | -0,43                      | -0,43                      |
| 46,0                                      | -0,44                      | -0,44                      |
| 37,5                                      | -0,44                      | -0,45                      |
| 29,5                                      | -0,45                      | -0,46                      |
| 21,0                                      | 0,46                       | 0,47                       |
| 12,0                                      | -0,46                      | -0,47                      |

Tabla II. Mediciones de Voltaje. A 5Km de Distancia de la Estación “Radio Caroní - 740KHz”, a 20m Sobre el Nivel del Mar y con Coordenadas N 08° 19.746' ; W 62° 39.626'.

| Parque La Llovizna   |                            |                           |
|----------------------|----------------------------|---------------------------|
| Antena Monopolo (cm) | Polarización Vertical      | Polarización horizontal   |
|                      | Voltaje (V <sub>DC</sub> ) | Voltaje(V <sub>DC</sub> ) |
| 54,0                 | -0,33                      | -0,34                     |
| 46,0                 | -0,33                      | -0,35                     |
| 37,5                 | -0,37                      | -0,37                     |
| 29,5                 | -0,36                      | -0,37                     |
| 21,0                 | -0,37                      | -0,36                     |
| 12,0                 | -0,36                      | -0,35                     |

Tabla III. Mediciones de Voltaje. A 10Km de Distancia de la Estación “Radio Caroní - 740KHz”, 105m Sobre el Nivel del Mar y con Coordenadas N 08° 20.312' - W 62° 39.409'.

| Redoma El Dorado     |                            |                           |
|----------------------|----------------------------|---------------------------|
| Antena Monopolo (cm) | Polarización Vertical      | Polarización Horizontal   |
|                      | Voltaje (V <sub>DC</sub> ) | Voltaje(V <sub>DC</sub> ) |
| 54,0                 | 6,00                       | 3,37                      |
| 46,0                 | 4,50                       | 2,80                      |
| 37,5                 | 3,12                       | 1,67                      |
| 29,5                 | 1,89                       | 0,96                      |
| 21,0                 | 0,68                       | 0,10                      |
| 12,0                 | -0,13                      | -0,30                     |

Tabla IV. Mediciones de Voltaje. A 5Km de Distancia de la Estación “Radio Caroní - 740KHz”, 159m Sobre el Nivel del Mar y con Coordenadas N 08° 17.610' - W 62° 43.757'.

| Babilonia Mall       |                            |                           |
|----------------------|----------------------------|---------------------------|
| Antena Monopolo (cm) | Polarización Vertical      | Polarización Horizontal   |
|                      | Voltaje (V <sub>DC</sub> ) | Voltaje(V <sub>DC</sub> ) |
| 54,0                 | 12,50                      | 9,00                      |
| 46,0                 | 8,88                       | 6,22                      |
| 37,5                 | 6,40                       | 4,10                      |
| 29,5                 | 4,00                       | 2,56                      |
| 21,0                 | 2,40                       | 1,58                      |
| 12,0                 | 1,18                       | 0,99                      |

Tabla V. Mediciones de Voltaje. A 6Km de Distancia de la Estación “Radio Caroní - 740KHz”, 145m Sobre el Nivel del Mar y con Coordenadas N 08° 17.610' - W 62° 43.757'.

| Conjunto Residencial La Churuata |                            |                           |
|----------------------------------|----------------------------|---------------------------|
| Antena Monopolo (cm)             | Polarización Vertical      | Polarización Horizontal   |
|                                  | Voltaje (V <sub>DC</sub> ) | Voltaje(V <sub>DC</sub> ) |
| 54,0                             | 4,80                       | 3,95                      |
| 46,0                             | 3,42                       | 3,35                      |
| 37,5                             | 2,75                       | 2,40                      |
| 29,5                             | 2,05                       | 2,00                      |
| 21,0                             | 1,65                       | 1,33                      |
| 12,0                             | 1,33                       | 0,76                      |

#### IV. CONCLUSIONES

1. El presente trabajo de investigación permitió desarrollar y comprobar el funcionamiento de una fuente de voltaje de corriente directa inalámbrica a partir de ondas electromagnéticas en la banda MF, aprovechando las ondas radiadas por las Estación de Radio Difusión AM.
2. El circuito electrónico diseñado e implementado es capaz de obtener niveles de potencias considerables.
3. Es importante resaltar, que el circuito puede ser implementado para operar en cualquier banda de frecuencia del espectro radioeléctrico o para operar en banda ancha. Para esto, solo se requiere determinar los valores de capacitancia e inductancia necesarios para hacer resonar el circuito electrónico pasivo receptor a la frecuencia del trabajo del transmisor o con la implementación de una antena de ferrita.
4. Cuando se desee operar en banda ancha, hay que implementar un filtro pasabandas y tomar en cuenta, que cuanto más bajo es el Factor de Calidad del Circuito Resonante, tanto más grande será el ancho de banda y recíprocamente.
5. La novedad de operar en banda ancha, permite recolectar la radiación electromagnética que se encuentra disponible en el medio ambiente, que emiten los transmisores de Wi-Fi, celdas celulares, radio difusión AM, radio difusión FM, Radios VHF, TV y muchas otras fuentes de ondas electromagnéticas; para alimentar dispositivos electrónicos; tales como: teléfonos celulares, computadores personales, asistentes digitales personales, tabletas electrónicas y cualquier otro dispositivo que requiera ser alimentado con corriente

continua, logrando obtener una movilidad y portabilidad completa.

6. El circuito electrónico es de reducido tamaño, puede ser integrado y posicionado en la parte interna de los dispositivos electrónicos.

#### IV. REFERENCIAS

1. [http://es.wikipedia.org/wiki/Nikola\\_Tesla](http://es.wikipedia.org/wiki/Nikola_Tesla)
2. <http://es.wikipedia.org/wiki/WiTricity>
3. <http://www.wired.com/gadgetlab/2008/08/intel-demonstra/>
4. <http://www.ohgizmo.com/2010/01/09/ces2010-rca-airnergy-charger-harvests-electricity-from-wifi/>
5. Robert Boylestad, Louis Nashelsky. "Electrónica Teoría de Circuitos", 4ta ed., Prentice Hall, 1998.
6. Charles K. Alexander, Matthew N. O. Sadiku. "Fundamentos de Circuitos Eléctricos", 1era ed., Mc Graw Hill, 2001.
7. Wayne Tomasi. "Sistemas de Comunicaciones Electrónicas", 4ta ed., Prentice Hall, 2003.
8. Ronald Pirela, Miguel Leyton. "Cálculo Exacto de la Frecuencia de Corte Mínima de los Amplificadores Transistorizados BJT", Trabajo de Grado UNEXPO Puerto Ordaz, Venezuela, 2007.