

Cómo generar frecuencias bajas (VLF, siglas en inglés)

1. Generador de funciones con rango de frecuencias en VLF

- Un **generador de funciones** que sea capaz de generar señales en el rango de **VLF (Very Low Frequency)**, y específicamente a **60 kHz**.
- **Ejemplos de productos:**
 - **Siglent SDG1032X:** Este generador de funciones te permite generar señales de hasta 60 MHz y puedes configurarlo fácilmente para una frecuencia de 60 kHz. Es versátil y puede generar diferentes formas de onda (cuadrada, senoidal, triangular, etc.), lo cual es útil para diversas aplicaciones.
 - **Keysight 33500B:** Un generador de señales más avanzado, con alta precisión y control sobre las formas de onda. También puede generar señales de 60 kHz.
- **Precio aproximado:** Entre **\$300 y \$1000 USD** dependiendo del modelo y las características avanzadas.

2. Generador de RF con frecuencia en el rango de VLF

- Un **generador de RF** (Radio Frecuencia) especializado que opere en frecuencias bajas o ultra bajas (como la banda de 60 kHz).

- **Ejemplo:**

- **TGR1040 de Aim-TTi:** Este generador de RF tiene un rango que puede cubrir desde los pocos kHz hasta varios GHz. Si bien es más costoso, es muy preciso y adecuado para transmisiones en rangos de baja frecuencia.

- **Precio aproximado:** Alrededor de **\$1000 a \$5000 USD.**

3. Transmisores y receptores de onda oarga (LW) o onda VLF

- También podrías buscar **transmisores VLF** o **transmisores de onda larga (LW)**, que son equipos que ya están diseñados para operar en estas bandas de frecuencia bajas.

- **Ejemplo:**

- **Transmisor VLF de AlexLoop o similares:** Este tipo de transmisores se utilizan en comunicaciones experimentales de VLF. Aunque no es fácil encontrar equipos comerciales específicos para 60 kHz, algunas soluciones de aficionados a la radio incluyen transmisores VLF modulares.

- **Precio aproximado:** Varía según el proveedor, pero en el mercado de radioaficionados puedes encontrar equipos de unos **\$200 a \$500 USD.**

4. Placas de desarrollo y microcontroladores con módulo PWM

- Si deseas una opción económica y tienes habilidades para el desarrollo de hardware, puedes utilizar un

microcontrolador como **Arduino** o **ESP32**, y configurar su módulo **PWM** (modulación por ancho de pulso) para generar una señal de 60 kHz. Esta señal podría luego ser amplificada y transmitida.

- Necesitarías un **filtro de salida** para transformar la señal de onda cuadrada a algo más parecido a una onda senoidal.
- **Cómpralo:** Arduino, ESP32 y otros microcontroladores están disponibles por menos de **\$50 USD**.

5. Antena de transmisión VLF (loop antenna)

- Las **antenas de loop magnético** son ideales para la transmisión en frecuencias bajas como **60 kHz**. Estas antenas suelen ser grandes bucles de alambre que pueden sintonizarse a las frecuencias deseadas.
- **Ejemplo:**
 - **AlexLoop Walkham** o construir tu propia antena de loop.
- **Precio aproximado:** **\$200 a \$500 USD**, dependiendo de si la compras o la construyes.