Amplificador Lock-in

Funcionamiento y aplicaciones

Laboratorio 4 - DF-UBA

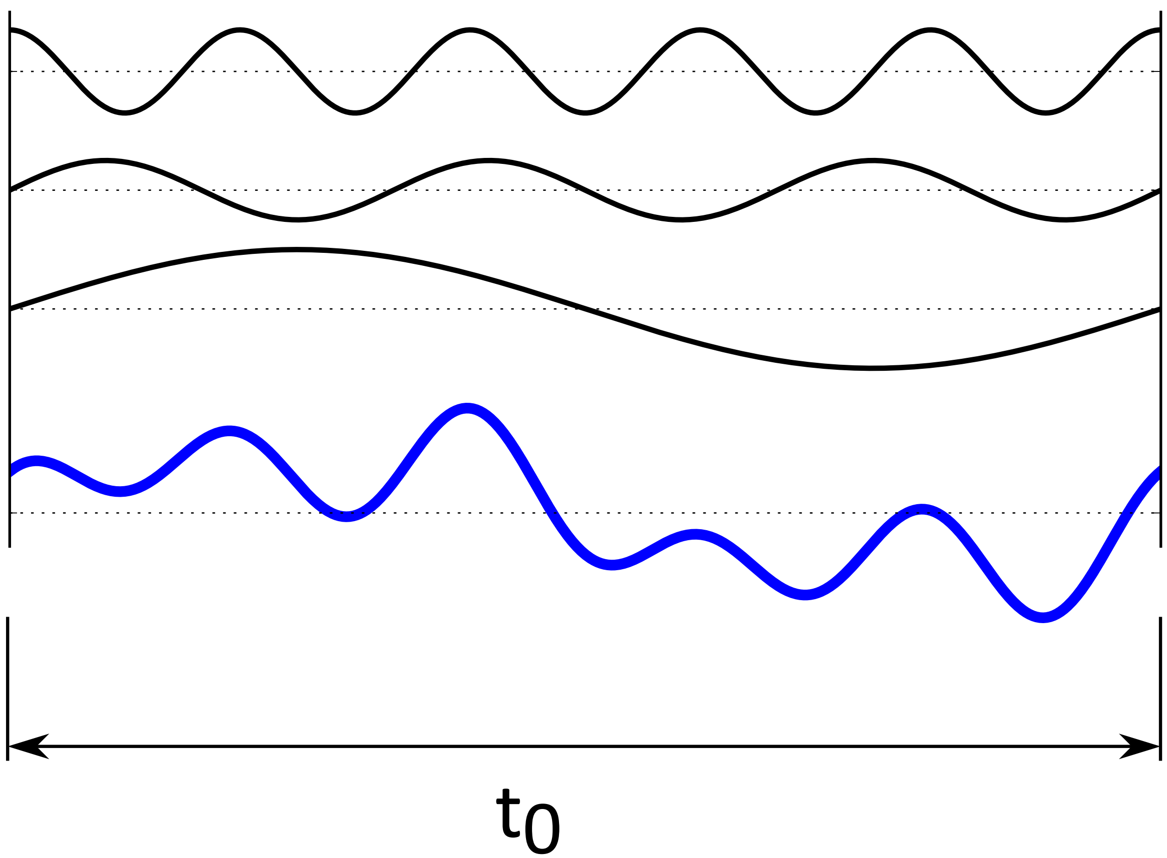
¿Para que sirve un Lock-in?

Series de Fourier

$$v(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\text{ínf}} \left[a_n cos(n2\pi f_0) + b_n sin(n2\pi f_0) \right]$$

$$a_n = \frac{2}{t_0} \int_0^{t_0} v(t) cos(n2\pi f_0 t) dt$$

$$b_n = \frac{2}{t_0} \int_0^{t_0} v(t) sin(n2\pi f_0 t) dt$$



Relaciones de ortogonalidad

$$\int_0^{t_0} cos(n2\pi f_0 t) \cdot cos(m2\pi f_0 t) dt = \frac{t_0}{2} \delta_{mn}$$

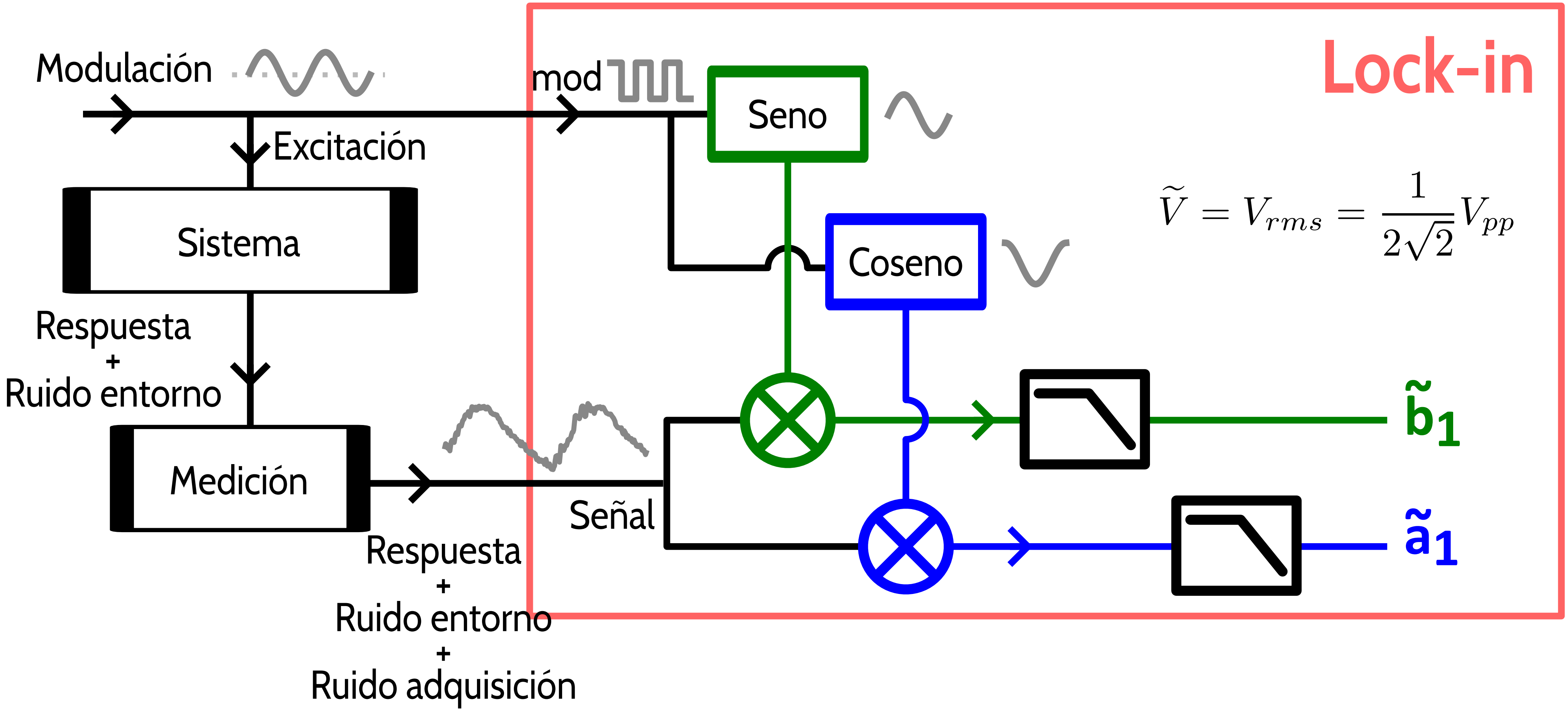
$$\int_0^{t_0} sin(n2\pi f_0 t) \cdot sin(m2\pi f_0 t) dt = \frac{t_0}{2} \delta_{mn}$$

¿Para que sirve un Lock-in?

Extrae a_1 y b_1 !!

En primer lugar, es un filtro de frecuencias

Filtra la respuesta del sistema ante una excitación periódica definida



¿Para que sirve un Lock-in?

Extrae a_1 y b_1 !!

En primer lugar, es un filtro de frecuencias

Filtra la respuesta del sistema ante una excitación periódica definida

$$a_1 + i\, b_1 = R_1\, e^{i\Phi}$$

$$R_1 = \mathrm{sqrt}(a_1{}^2 + b_1{}^2)$$

$$\Phi = \mathrm{atan}(-\, b_1/a_1)$$

El Lock-in mide cambios!

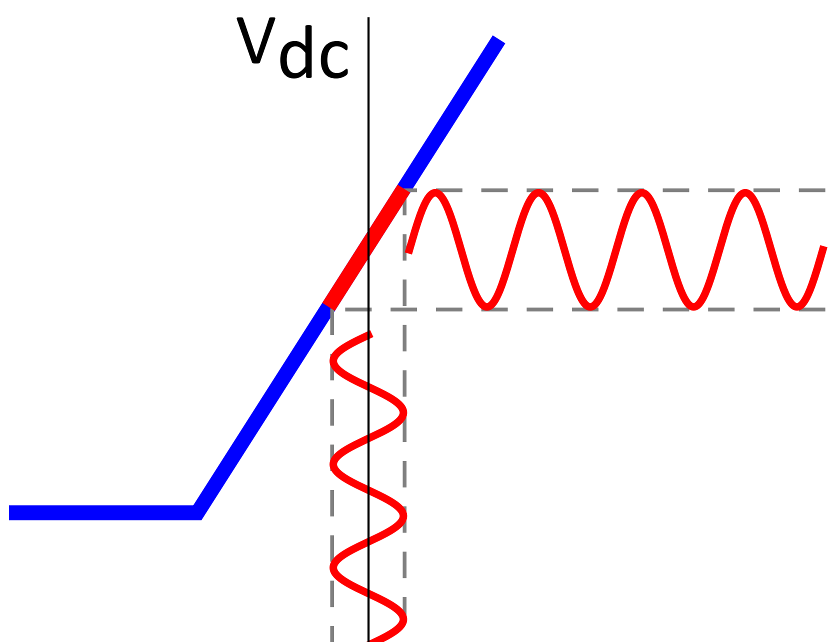
Mide la variación de amplitud de la respuesta del sistema ante una variación en la señal de exitación (modulación)

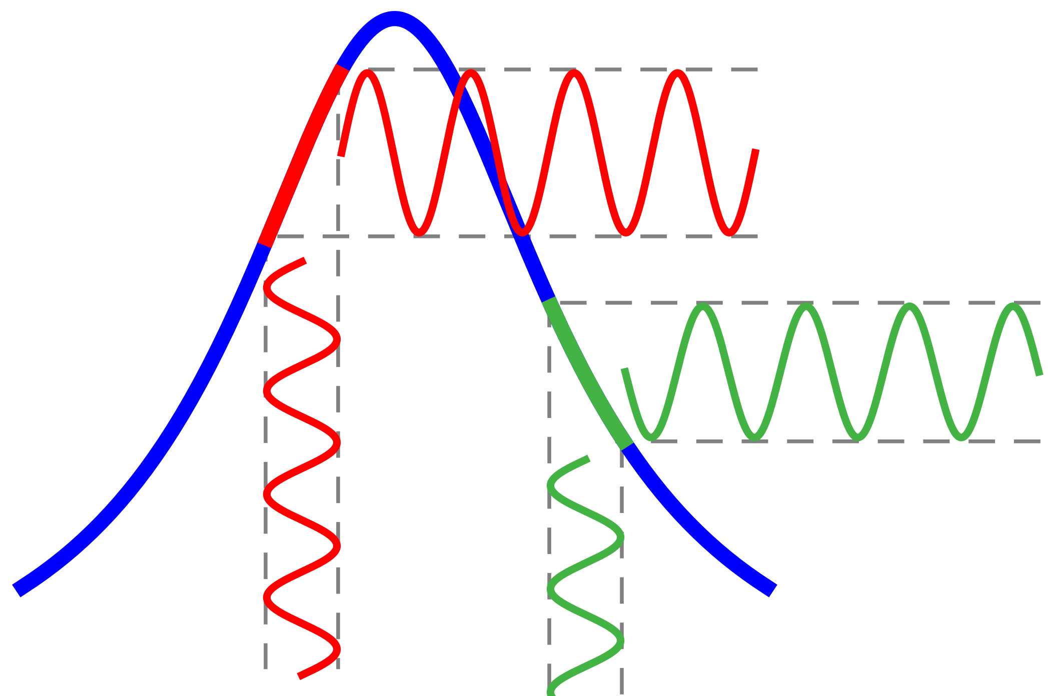
No extrae la componente continua a_0

Sensible a la fase!

Para sistemas lineales, a_1 y b_1 no dependen del punto de trabajo V_{dc}

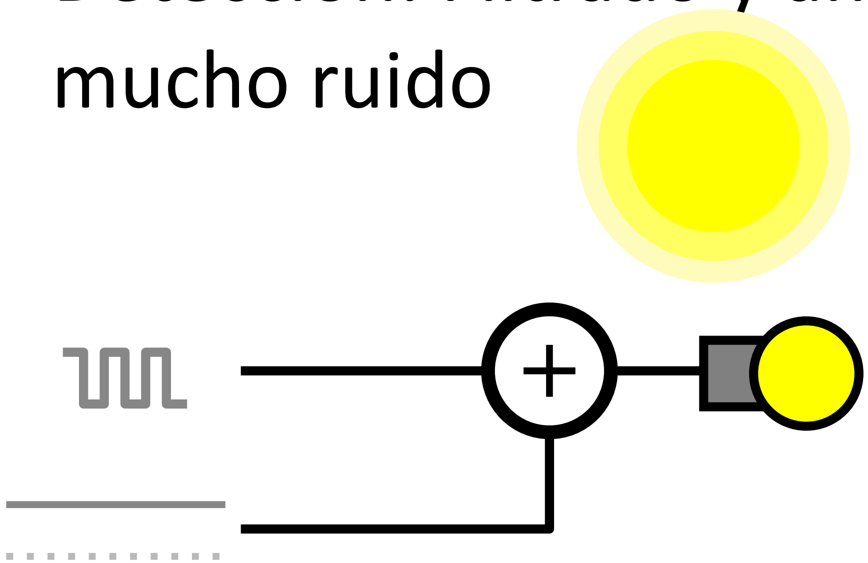
En sistemas no lineales, se deforma la señal de respuesta (armónicos superiores)

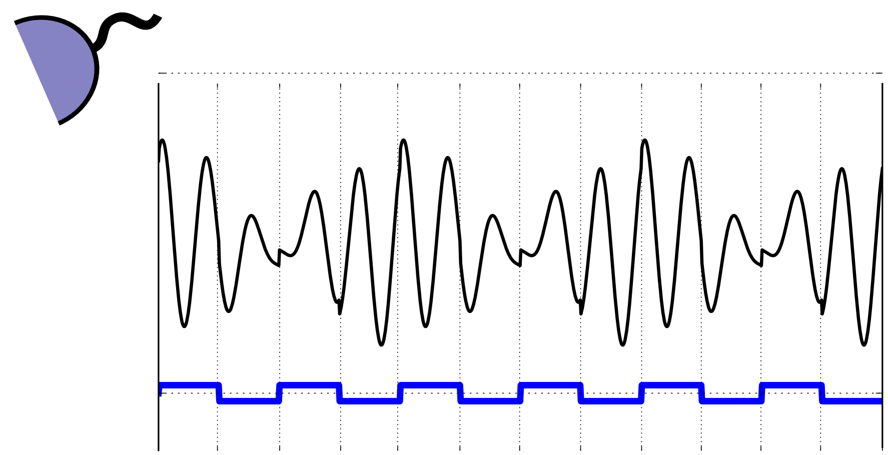




Ejemplo de uso

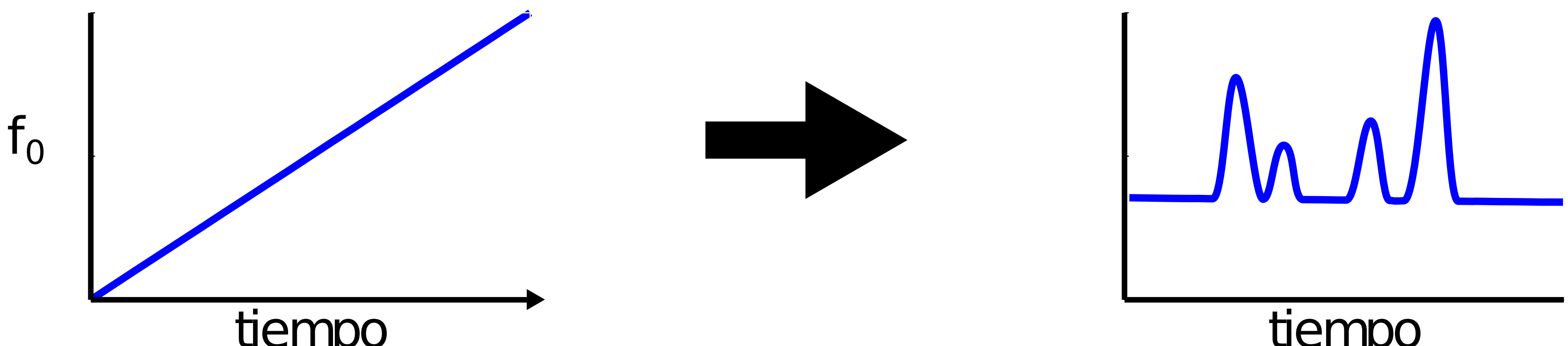
Detección: Filtrado y amplificación de una señal tenue con mucho ruido





El "ruido" (las componentes fuera de f_0) promedia a cero

Barrido en la señal de modulación para hallar resonancias



Descripción completa

Constante de tiempo y filtros pasabajos

Transformada de Fourier

Una descripción más precisa se obtiene usando la transformada de Fourier

$$v(t) = \frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{\infty} V(\omega)e^{i\omega t}d\omega$$

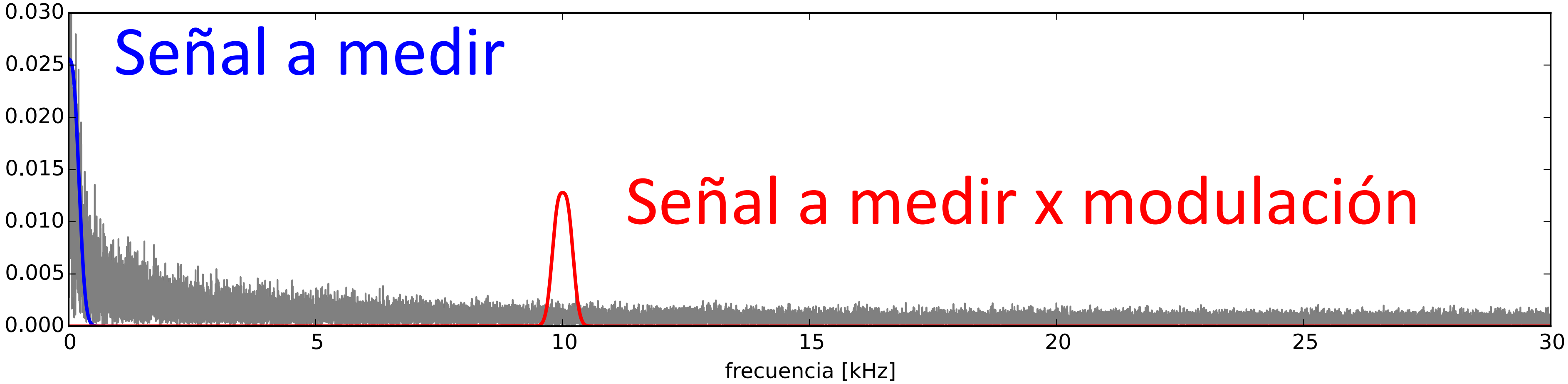
$$V(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} v(t)e^{-i\omega t}dt = \int_{-\infty}^{\infty} v(t)e^{-i2\pi f t}dt$$

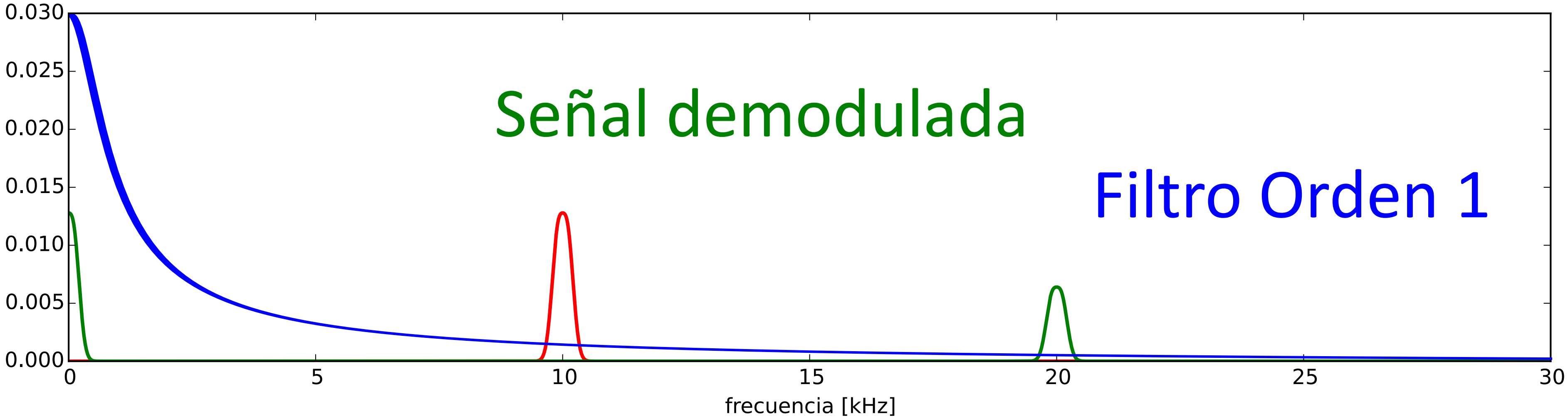
$$V(\omega) = \int_{0}^{\tau} v(t)e^{-i\omega t}dt$$

La integración de cero a τ se obtiene mediante el filtro pasabajos

Relación señal ruido

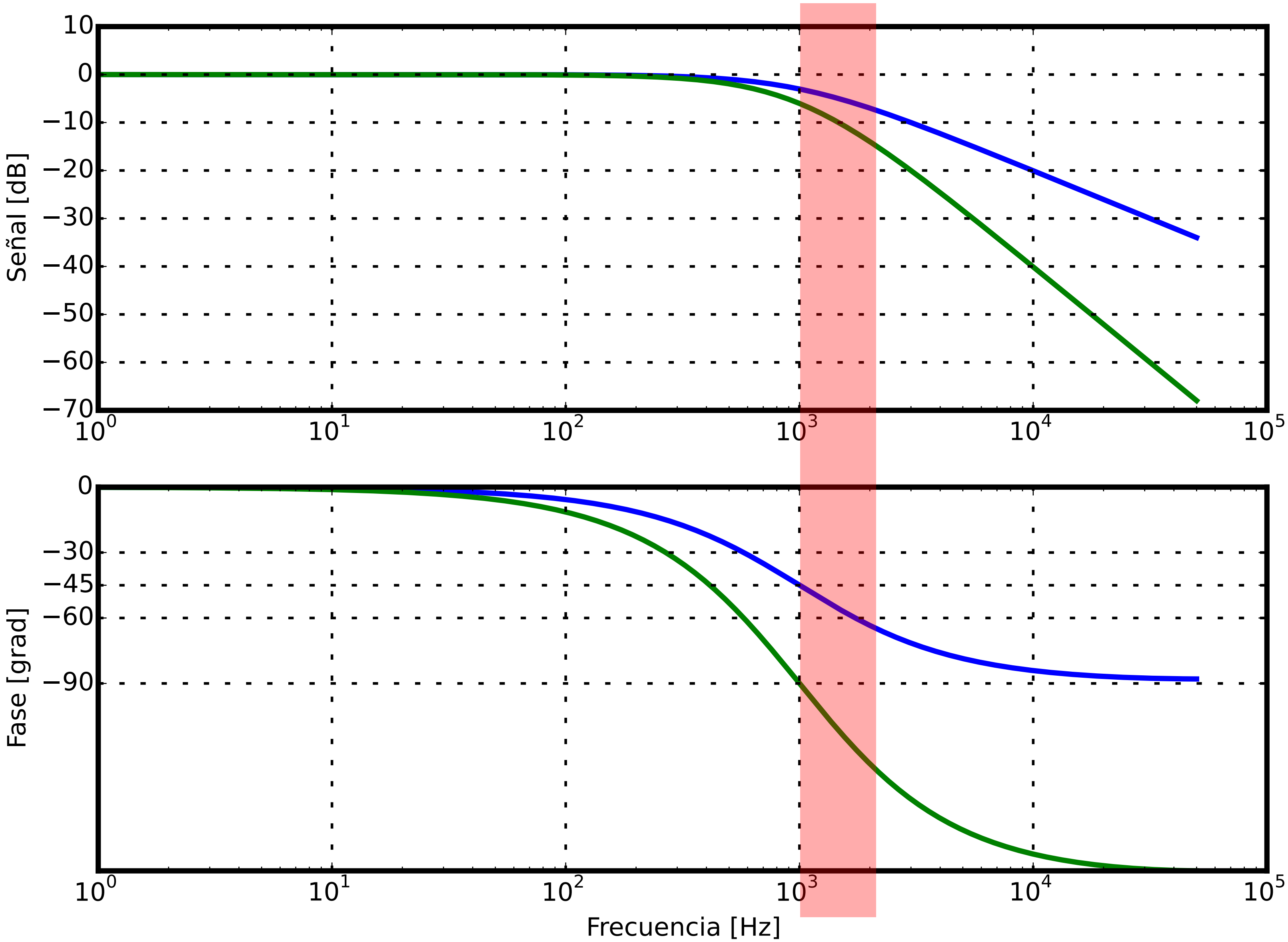
Ruido típico de 1/f





Relación señal ruido

Los filtros tienen una frecuencia de corte y un orden



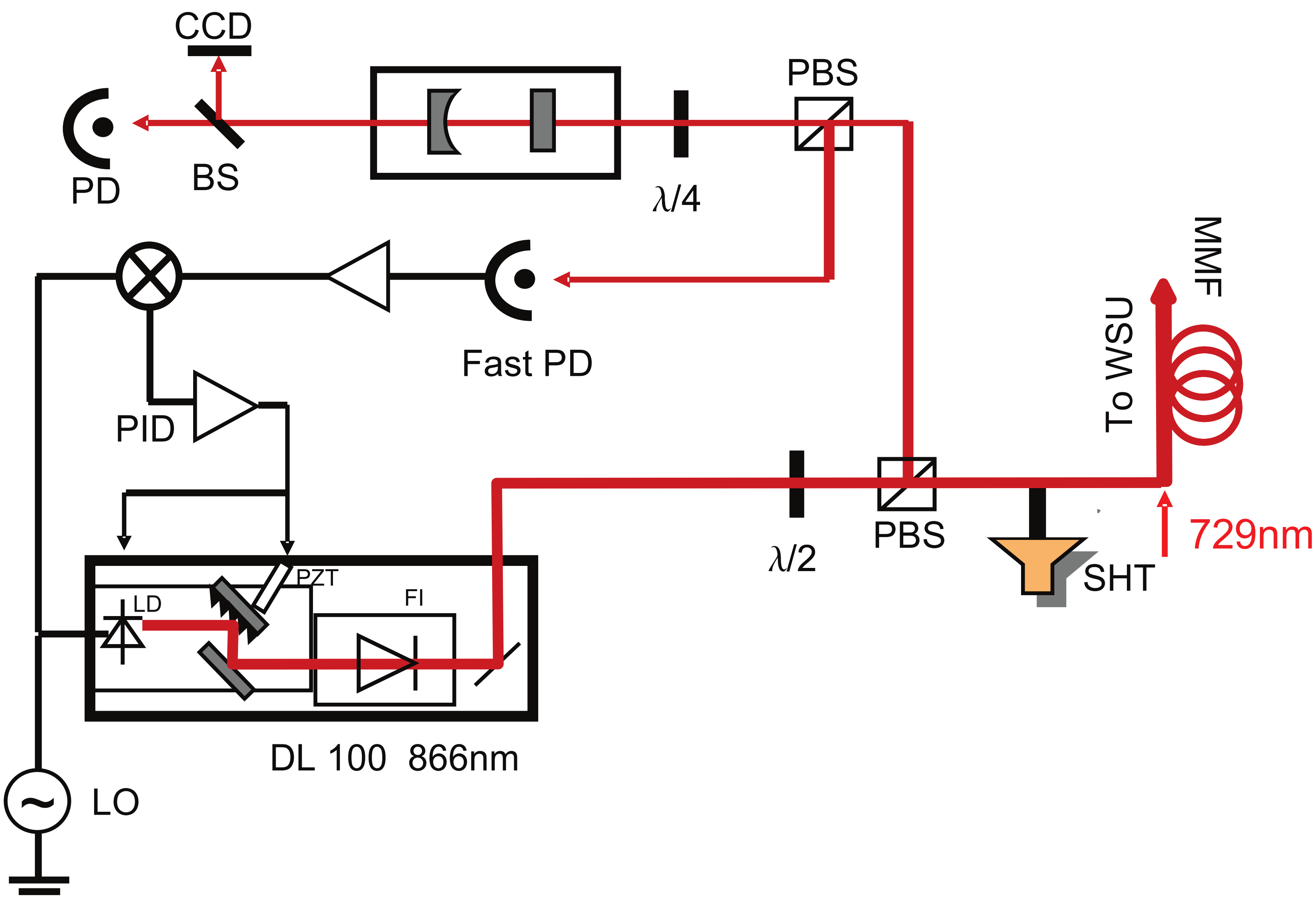
$f_c = 1/(2\pi\ \tau)$

Filtro orden 1 es el RC de Labo 3! (por ejemplo)

τ = RC

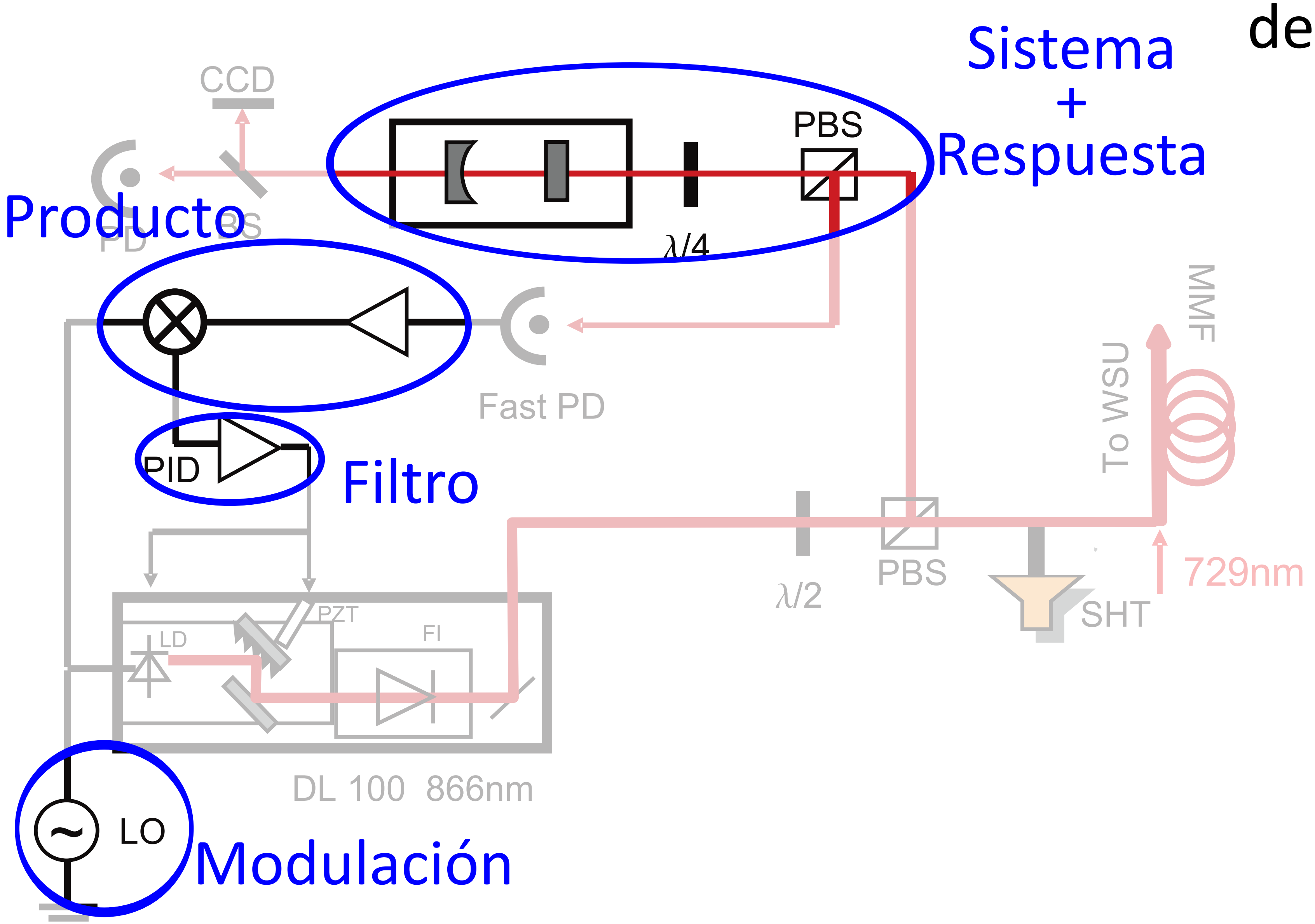
Lock-in es una técnica!

No es un aparato, es una técnica basada en la modulación y demodulación



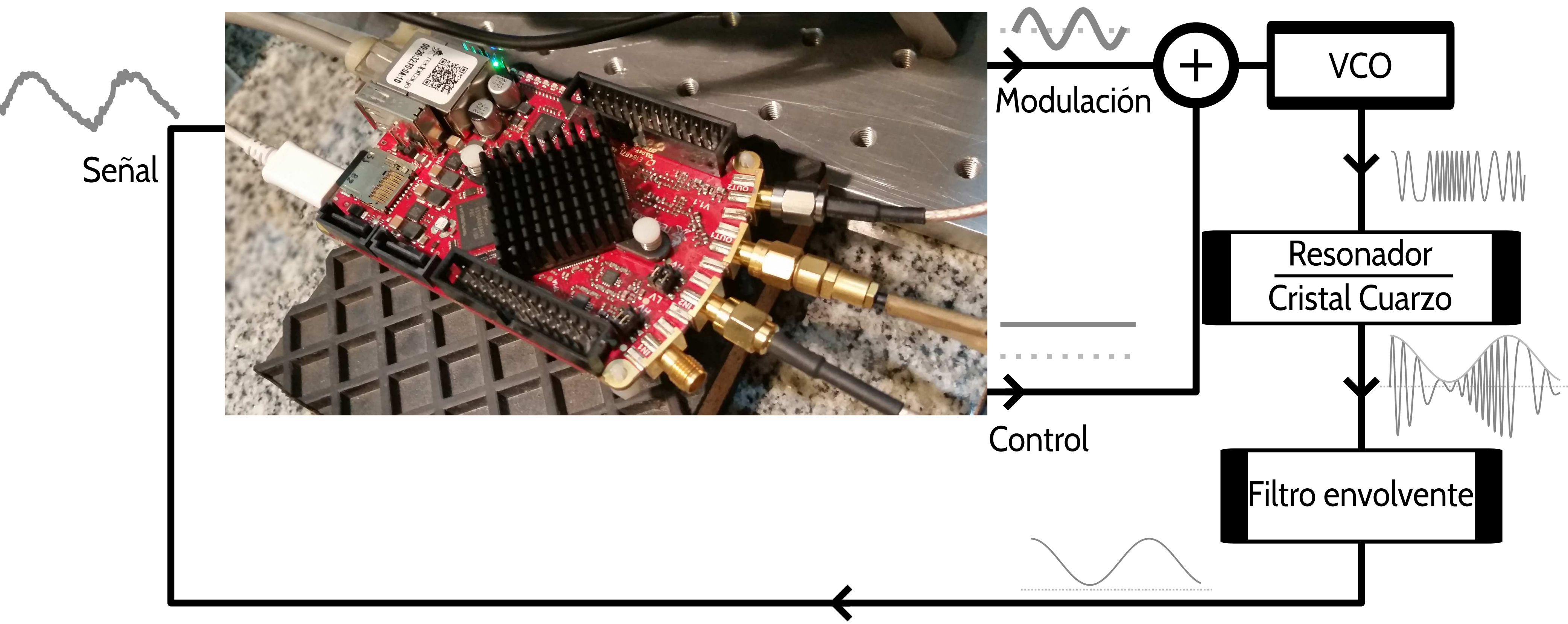
Lock-in es una técnica!

No es un aparato, es una técnica basada en la modulación y demodulación



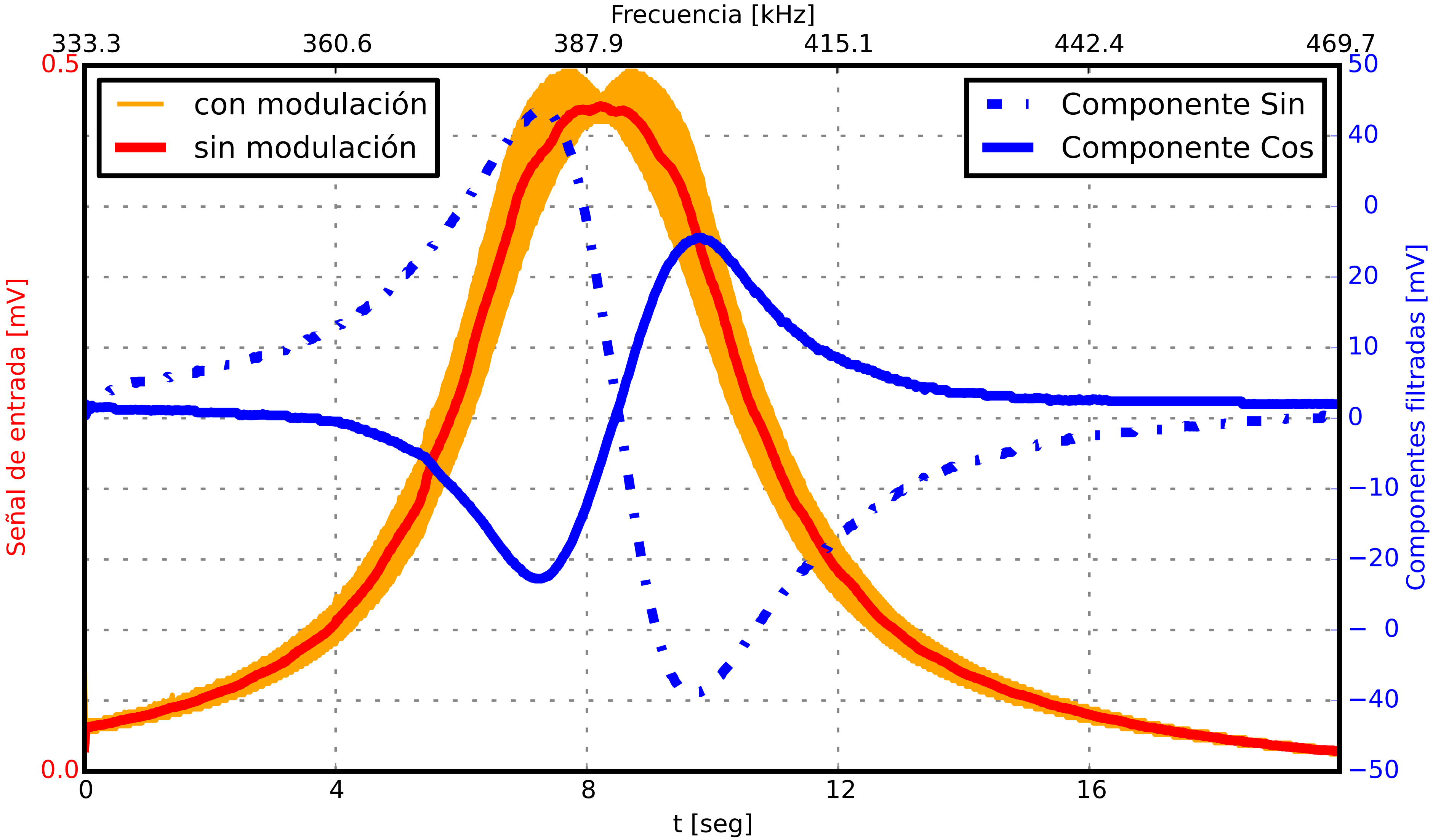
Lock-in es una técnica!

No es un aparato, es una técnica basada en la modulación y demodulación



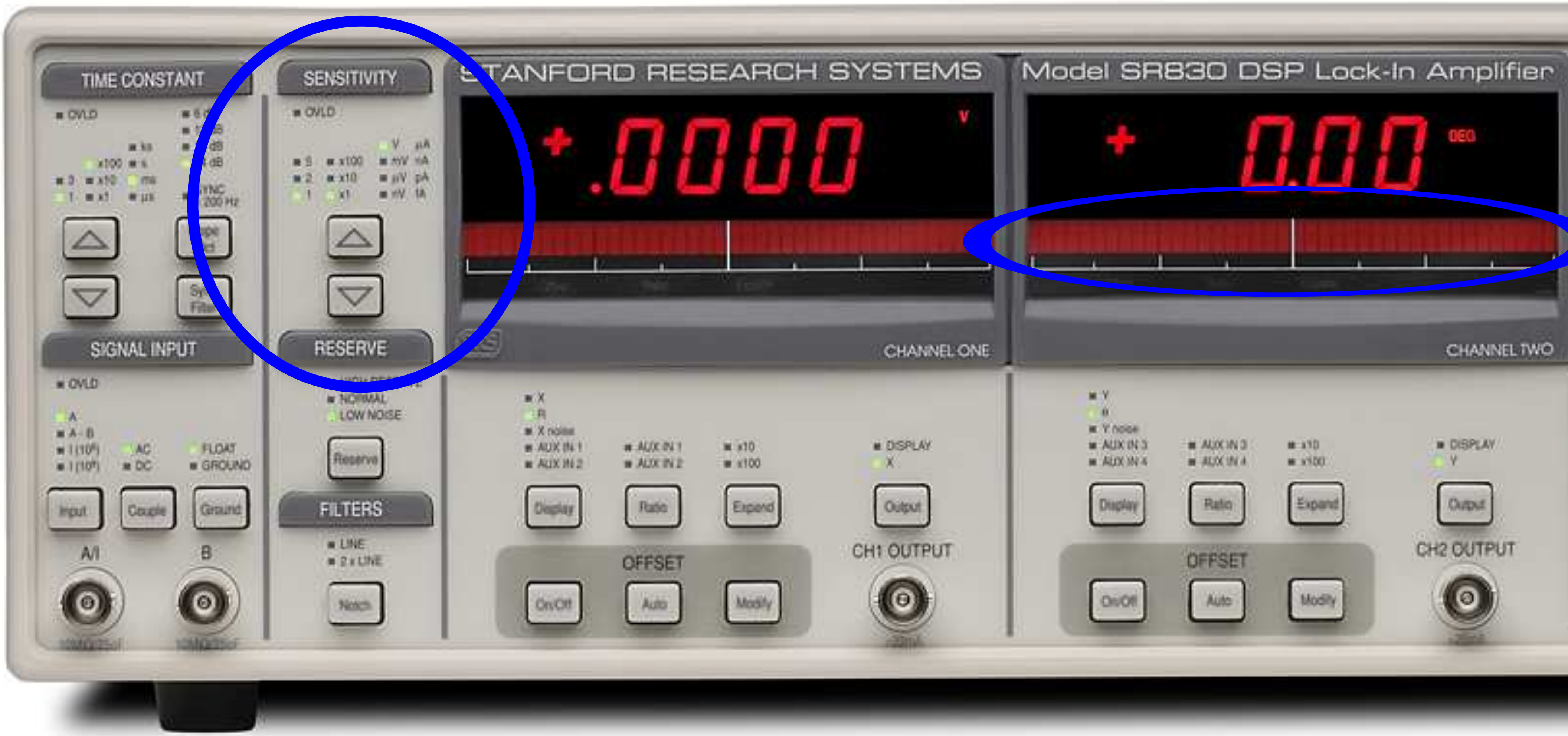
Lock-in es una técnica!

No es un aparato, es una técnica basada en la modulación y demodulación

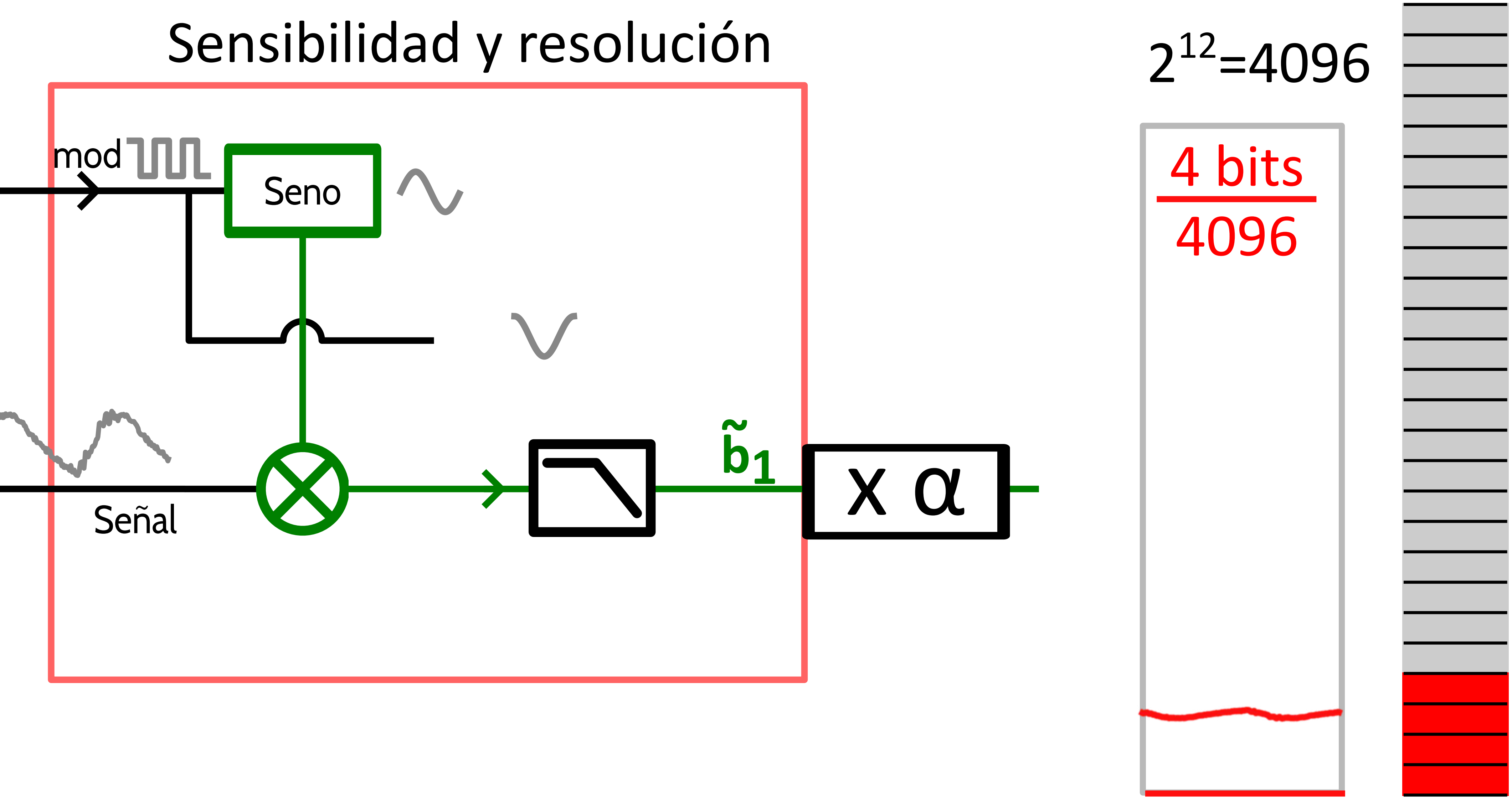


Descripción completa

Sensibilidad y resolución

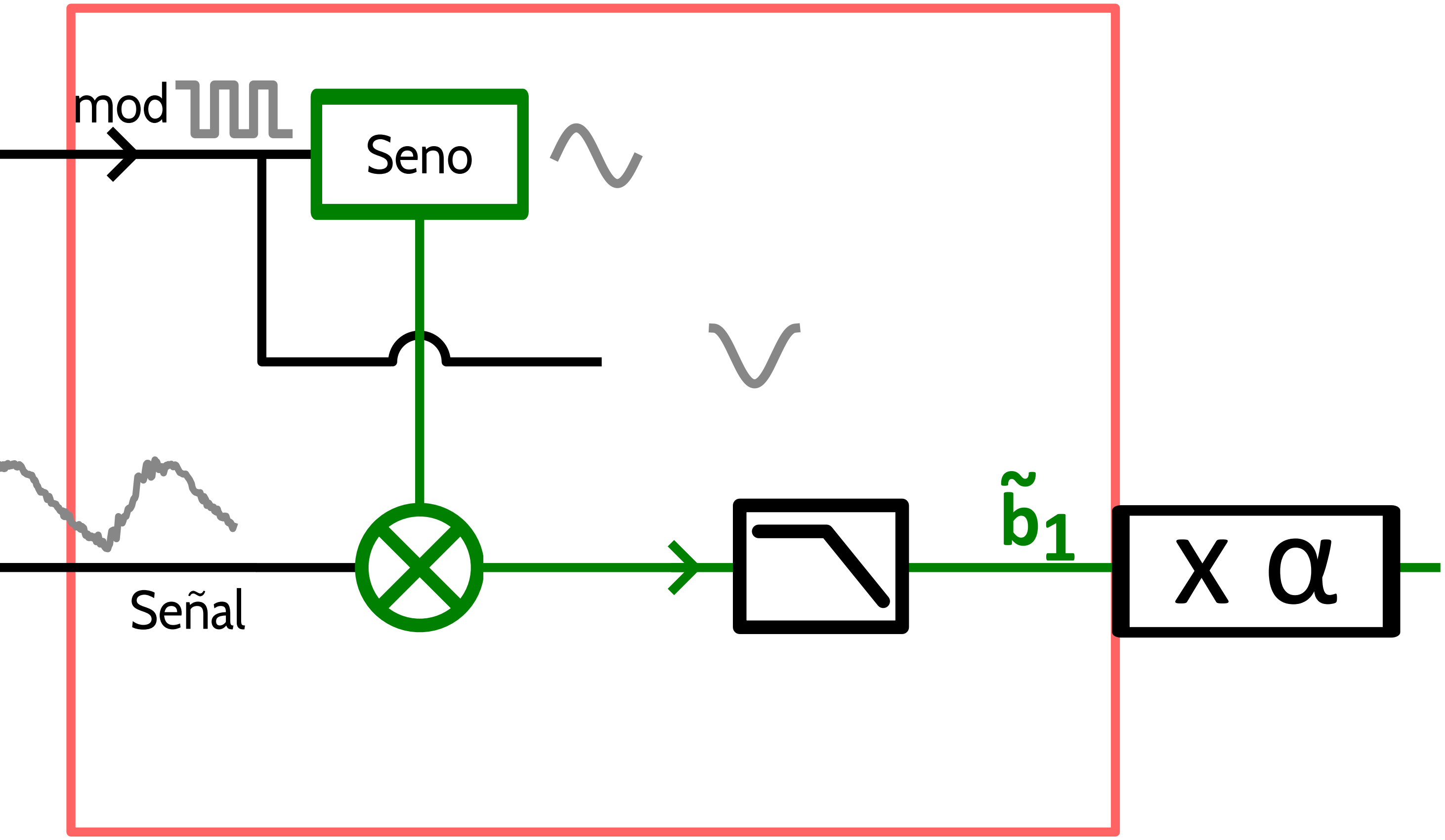


Descripción completa



Descripción completa

Sensibilidad y resolución



2^{12}=4096

$\frac{2500 \text{ bits}}{4096}$