Tema 3

Transmisión de señales a través de cuadripolos lineales invariantes en el tiempo. Análisis en dominio de tiempo. Convolución. Convolución discreta. Análisis en frecuencia. Función de transferencia, amplitud y fase. Ancho de banda equivalente. Distorsión de amplitud y fase. Condiciones necesarias para transmisión sin distorsión.

Retardos de fase y grupo. Efecto de alinealidades leves. Modelado de la distorsión no lineal. Análisis en tiempo y frecuencia. Puntos de intercepción de segundo y tercer orden. Ruido térmico. Modelo de resistencia ruidosa. Caracterización del ruido térmico en sistemas lineales. Número de ruido y Temperatura equivalente de ruido. Cascada de cuadripolos. Relación señal/ruido. Rango dinámico.

Condiciones necesarias para transmisión sin distorsión

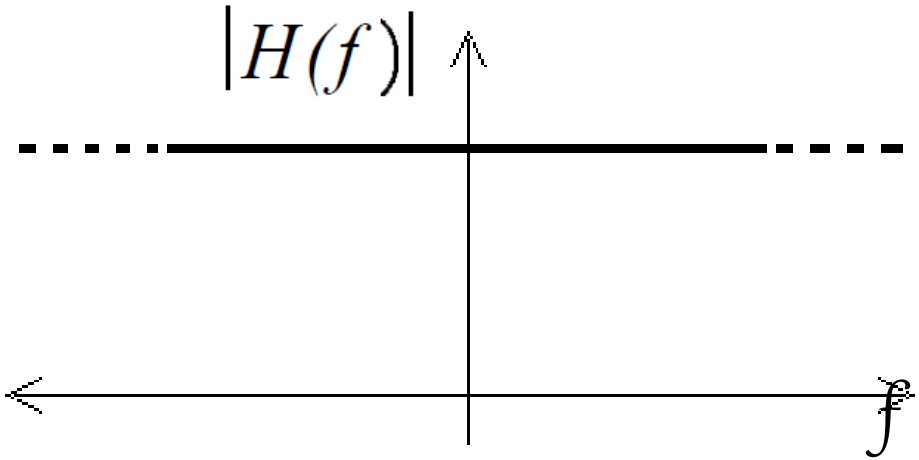
$$y(t) = Kx(t - t_d)$$

$$Y(f) = H(f)X(f)$$

$$Y(f) = \mathcal{F}[y(t)] = Ke^{-j\omega t_d}X(f)$$

$$\boxed{H(f) = Ke^{-j\omega t_d}}$$

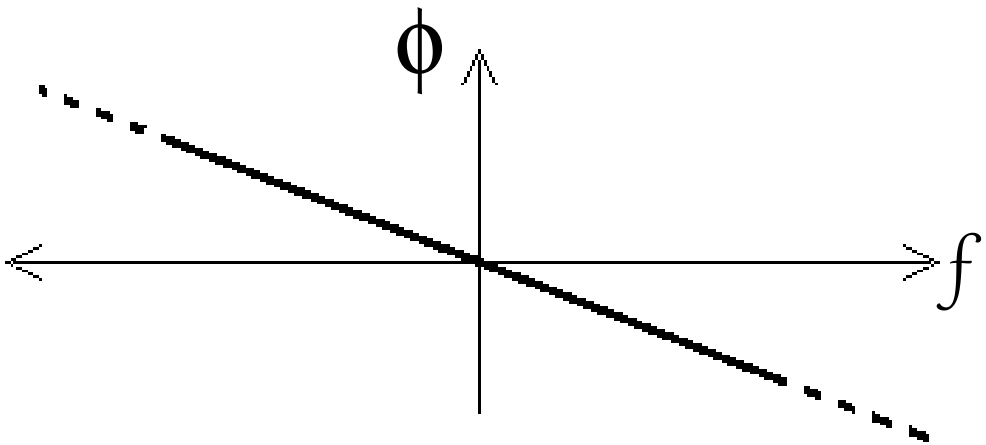
$$|H(f)| = |K| \qquad \arg H(f) = -2\pi t_d f \pm m180°$$



$$|H(f)| \neq |K|$$

(Módulo NO constante)

Distorsión de amplitud

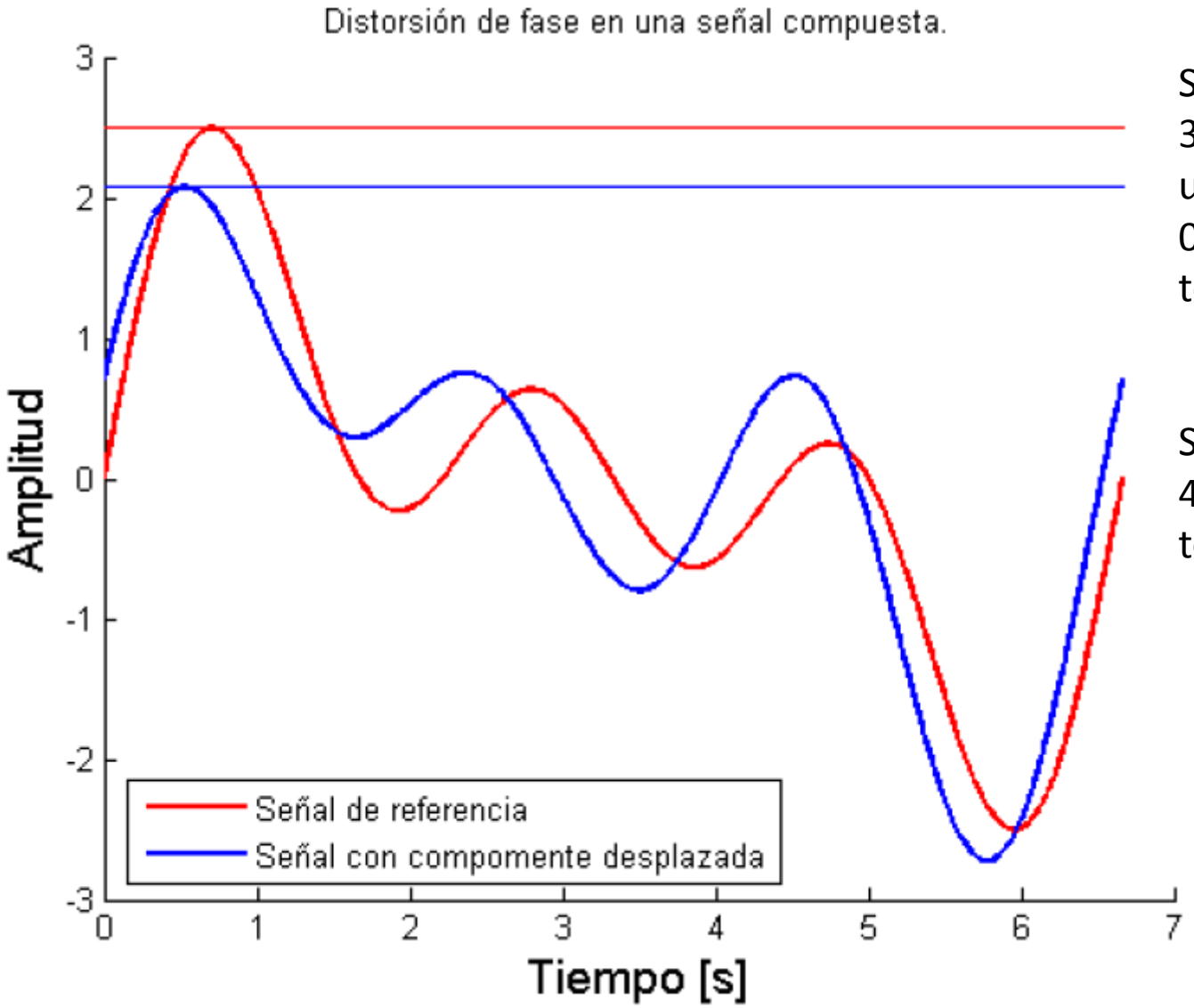


¡Fase lineal!

$$\arg H(f) \neq -2\pi t_d f \pm m180°$$

Distorsión de retardo

EJEMPLO DE DISTORSIÓN DE FASE

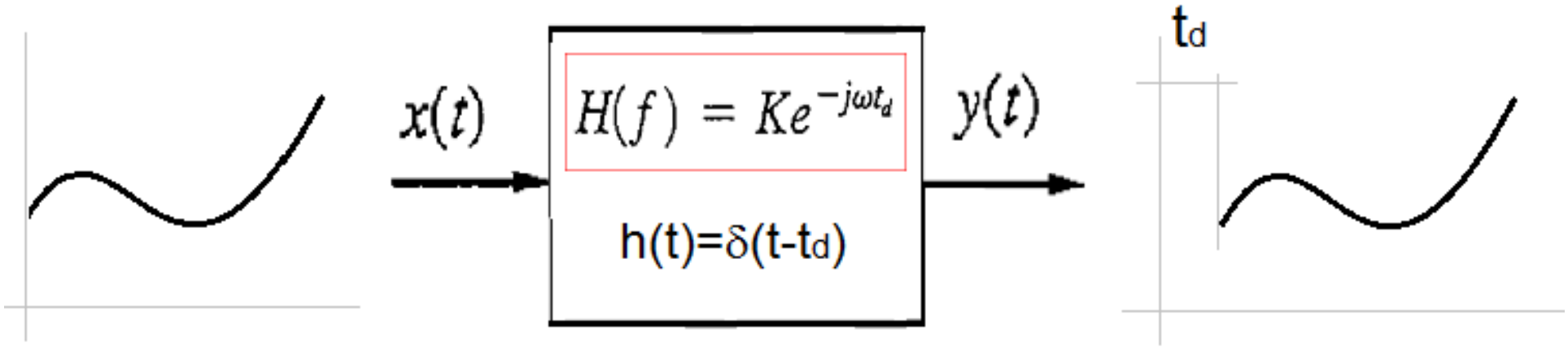


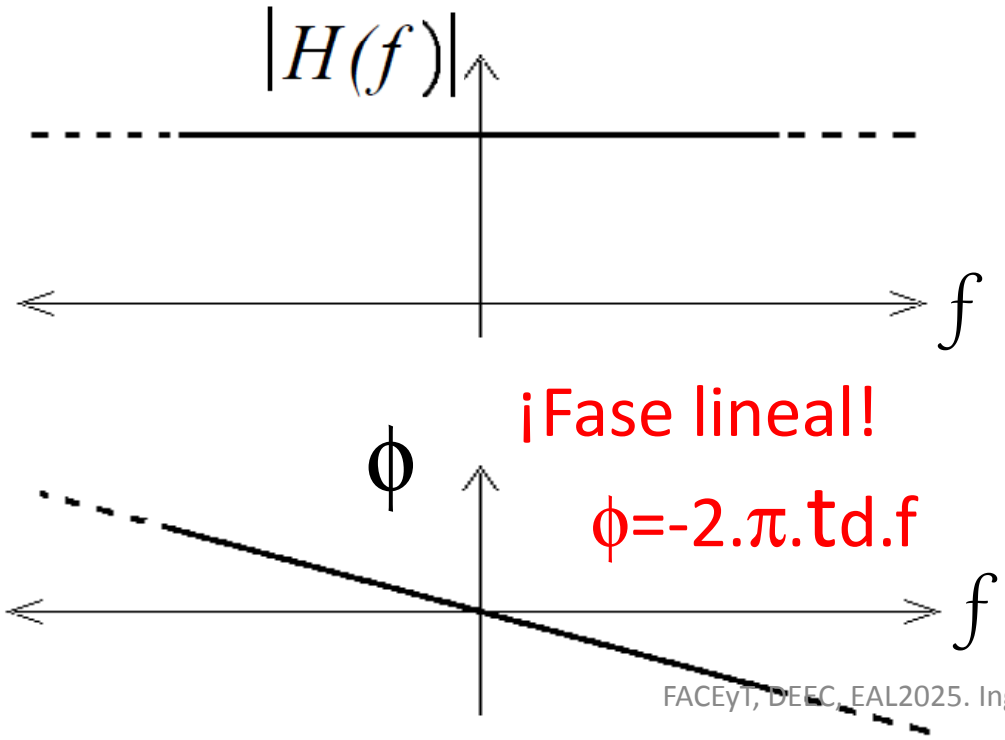
Señal de referencia (roja):
3 componentes de amplitud unitaria y frecuencias 0.15, 0.30 y 0.45Hz;
todas con fase cero.

Señal con distorsión (azul):
45° de avance en la tercera armónica.

Retardos de Fase y de Grupo

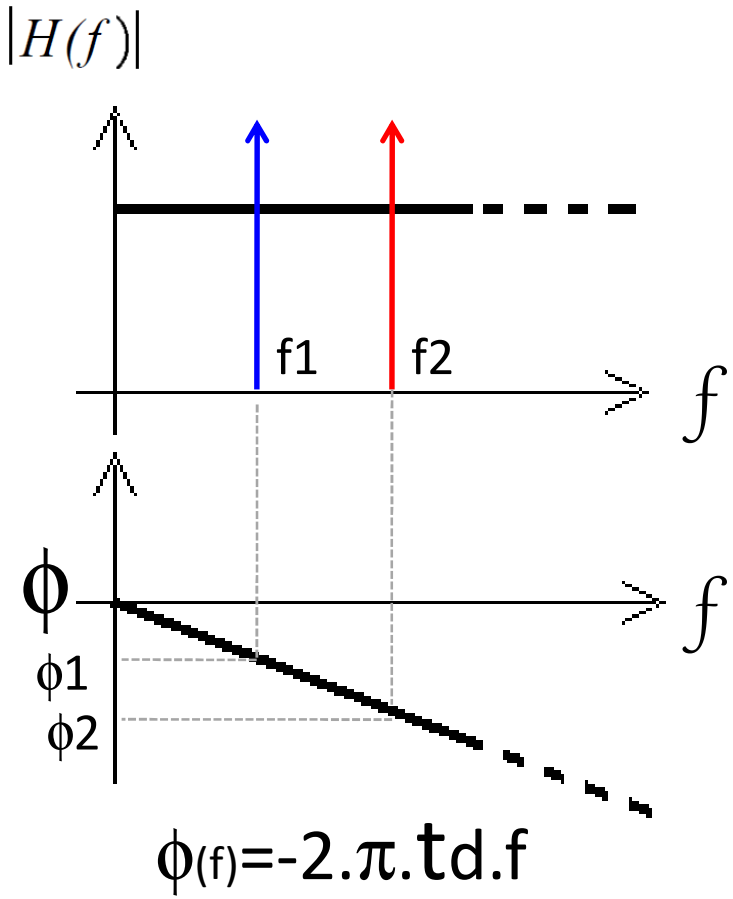
(Carlson-Crilly-Rutledge cap. 3.2)





Cada componentes de la señal desplazada en el tiempo tendrá un retardo de fase con respecto a la fase presente en la señal original. El retardo de fase será mayor cuanto mayor sea la frecuencia de la componente considerada.

*Retardo de **Fase***



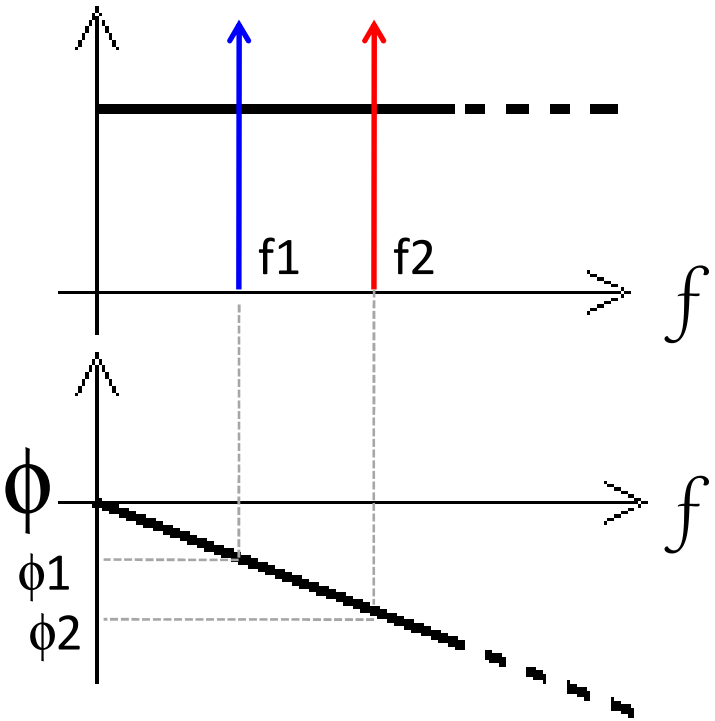
El **Retardo de Fase** (“phase delay”), es una medida de tiempo, que indica el equivalente en segundos del corrimiento de fase angular (phase shift, o phase lag/lead) que se observa a una frecuencia particular, entre las señales de entrada y salida de un bipuerto.

Cuando se tiene un sistema que presenta corrimiento de fase “lineal”, cada componente espectral sufrirá un corrimiento angular distinto, pero el equivalente en tiempo será el mismo para todas. Es decir: todas las componente tendrán el mismo **retardo** de fase.

Cuando se tiene un sistema de modulación de banda angosta, suele tomarse como referencia de frecuencia la correspondiente a la portadora, y se habla de “retardo de portadora”. O sea: el retardo de fase representativo para la banda de frecuencias de trabajo será el retraso angular de la portadora, pero expresado en segundos.

*Retardo de **Fase***

$|H(f)|$



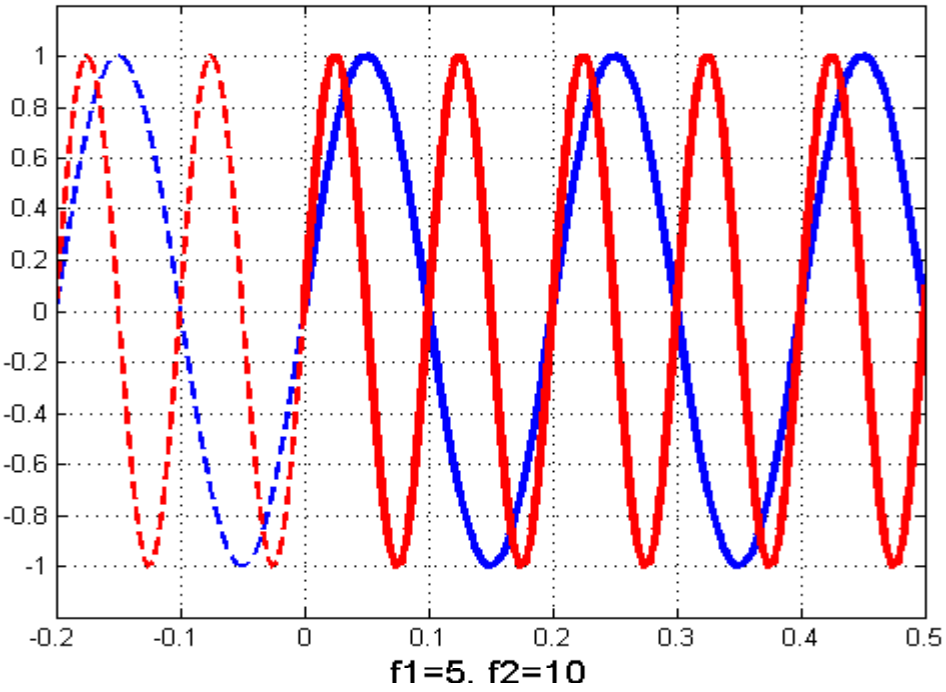
$\phi = -2.\pi.t_d.f$

si t_d=25ms,

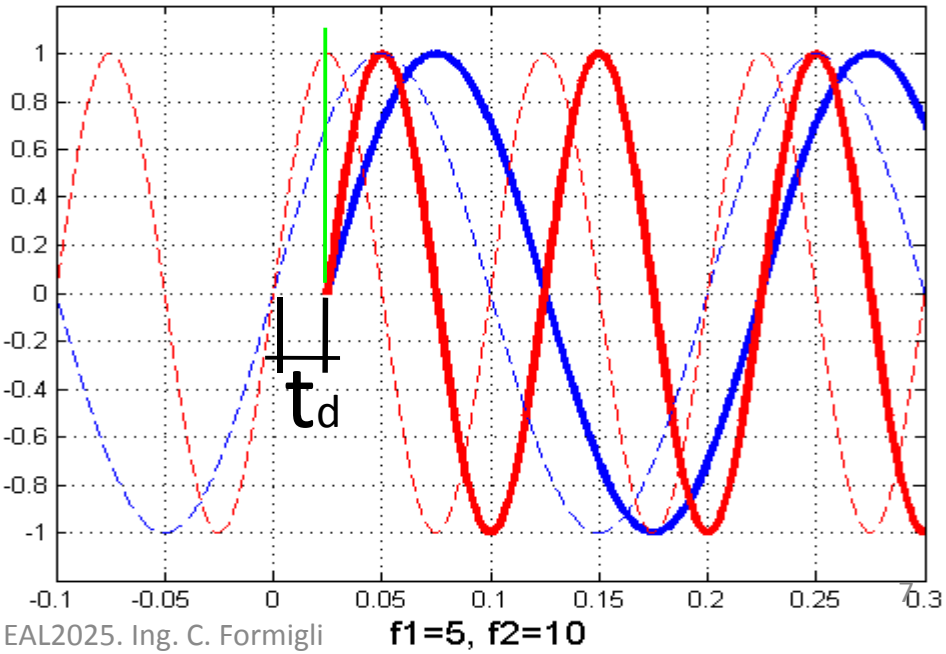
ϕ_1=-45°

ϕ_2=-90°

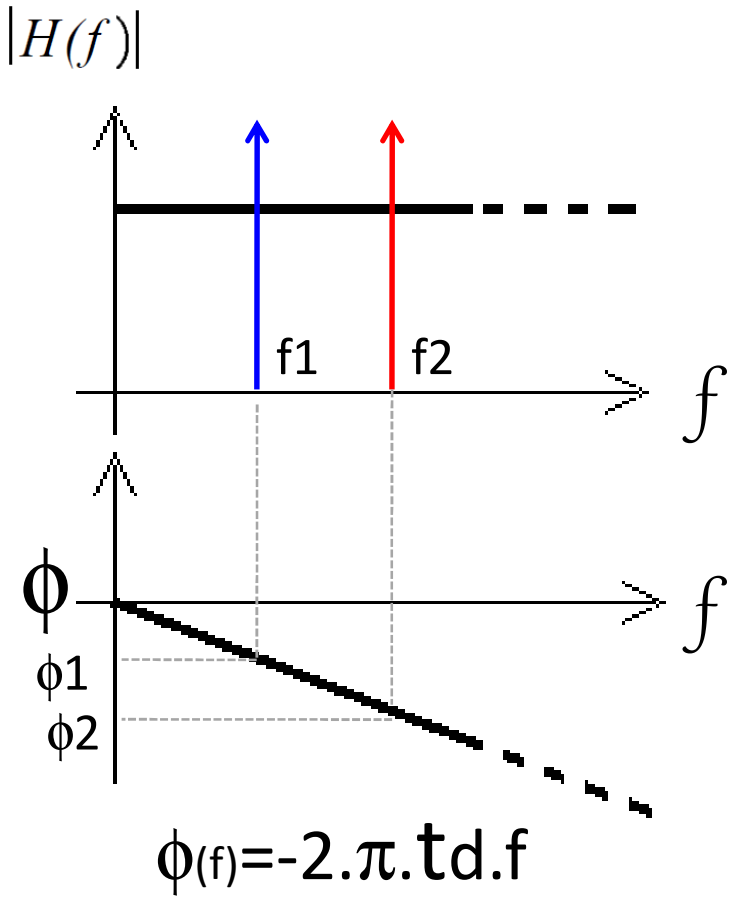
$x_{(t)}$



$y_{(t)}$



*Retardo de **Grupo***



El retardo de grupo es una medida de tiempo (en segundos) que se corresponde con el retardo entre la envolvente de la señal de entrada y envolvente de la señal de salida. También es llamado “Retardo de Envolvente”, “Group delay” o “Envelope Delay”.

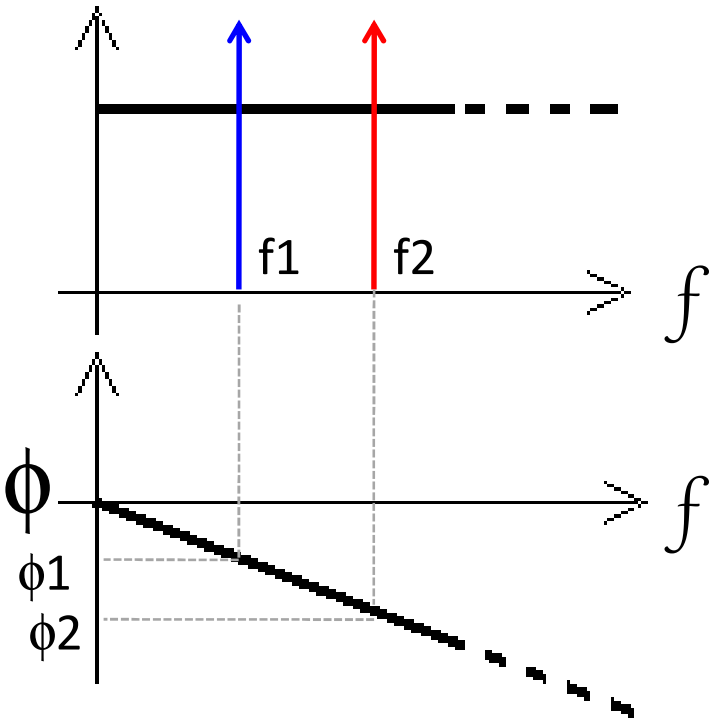
Se define matemáticamente como:

$$t_g = -1/2\pi . d\phi/df$$

De manera que cuando el sistema exhibe corrimiento de fase lineal, el retardo de grupo (t_g) resulta igual al retardo de fase (t_d).

*Retardo de **Grupo***

$|H(f)|$



$\phi = -2.\pi.t_d.f$

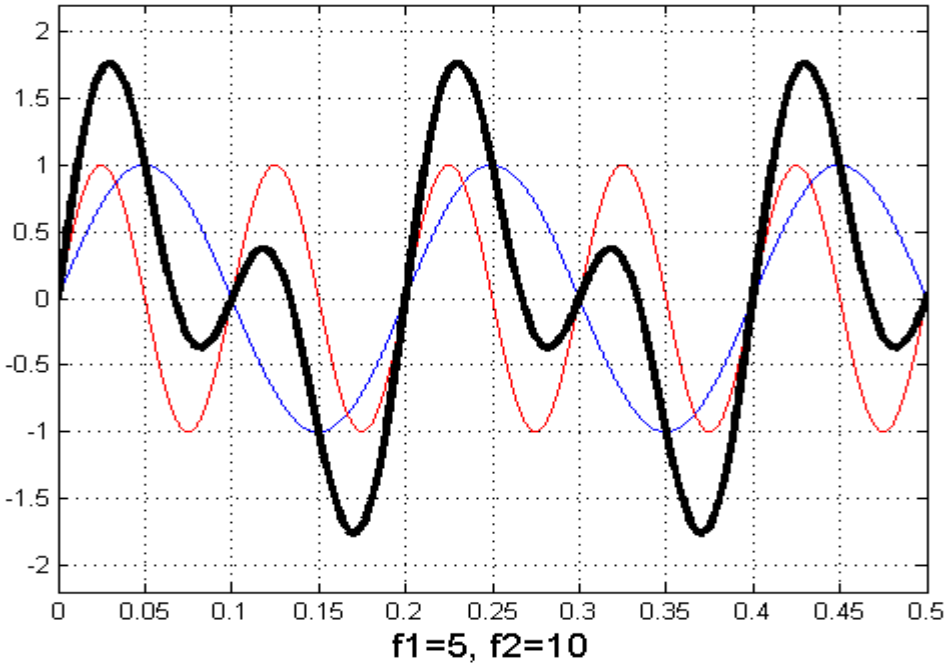
si t_d=25ms...

ϕ_1=-45°

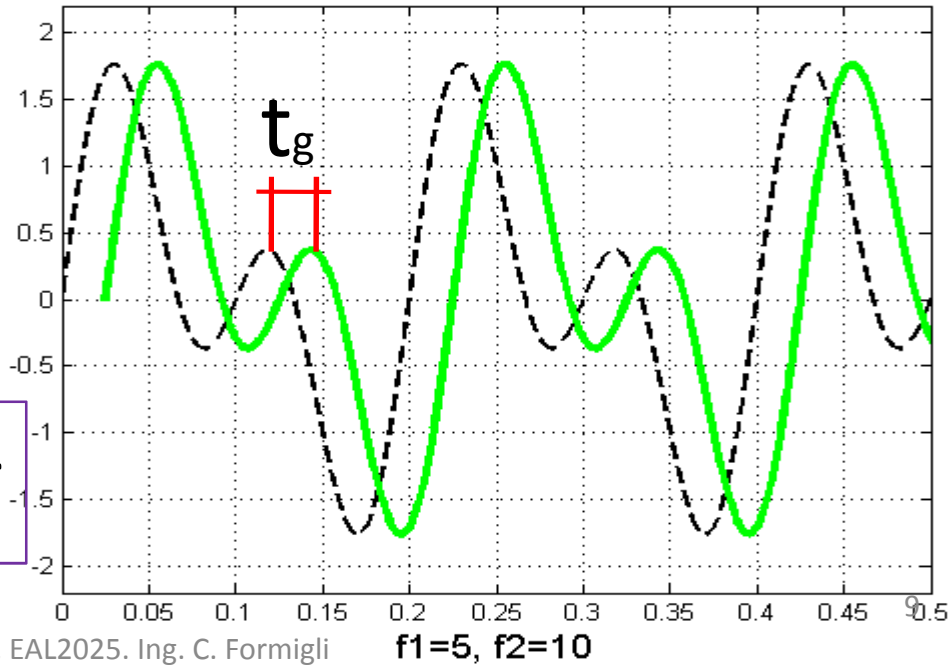
ϕ_2=-90°

$t_g = -1/2\pi * d\phi/df$

$x_{(t)}$



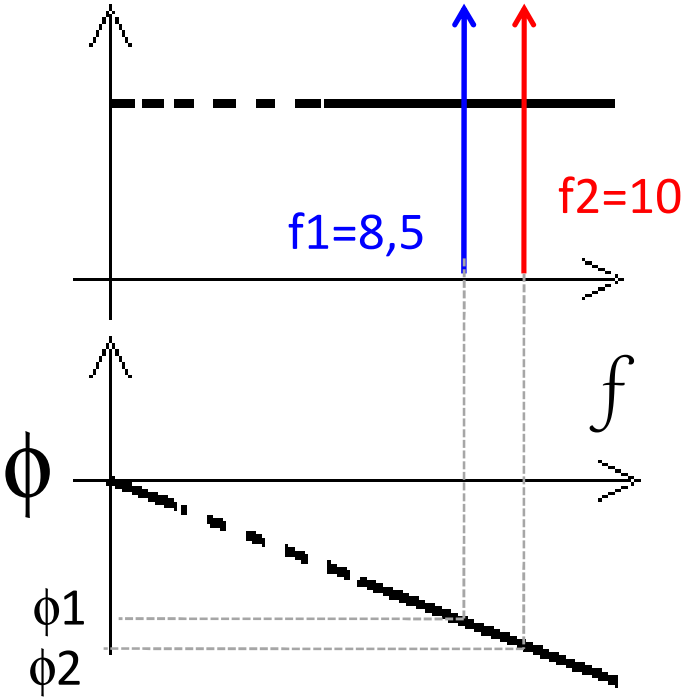
$y_{(t)}$



*Retardo de **Grupo***

$|H(f)|$

Suponiendo que la señal pasa por un elemento de fase lineal...



$\phi_{(f)}=-2.\pi.td.f$

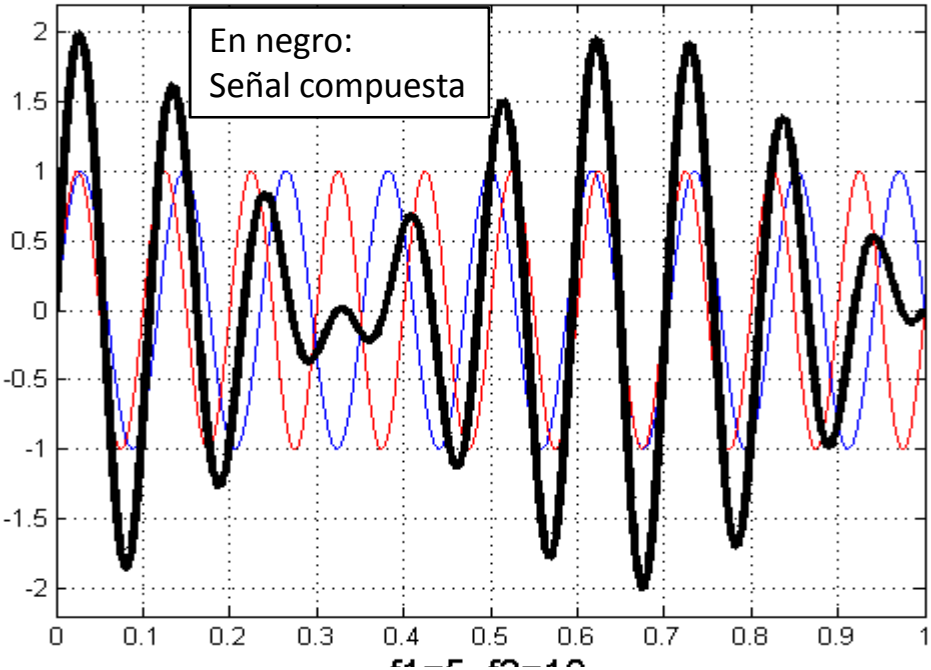
si td=25ms,

$\phi_1=-76,5°$

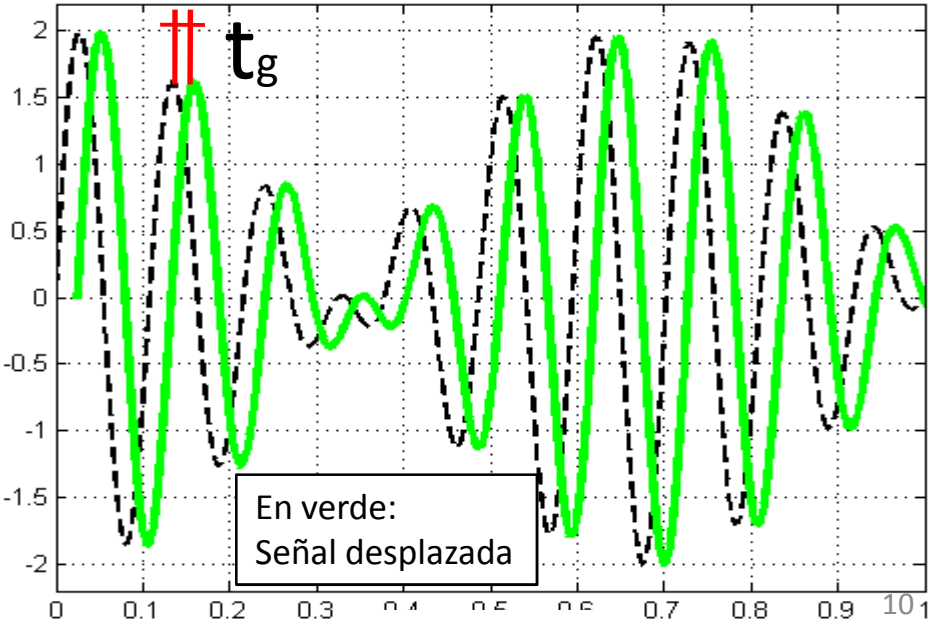
$\phi_2=-90°$

tg= td

$x_{(t)}$

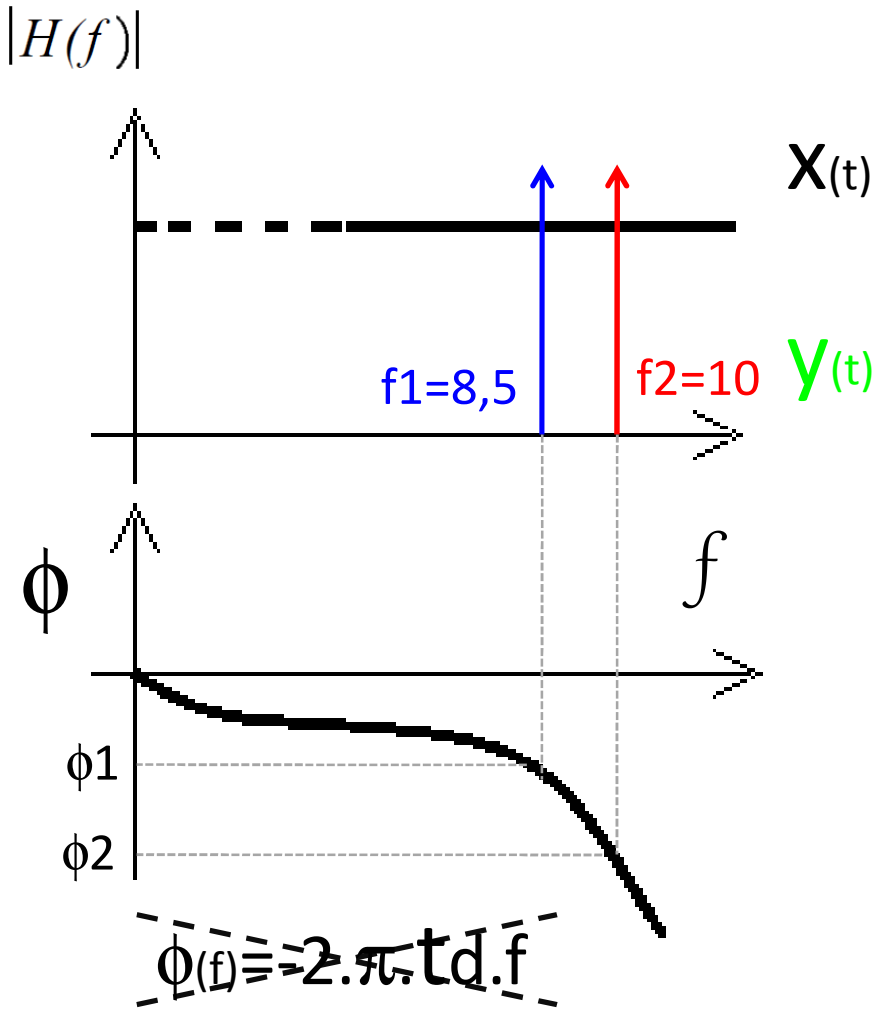


$y_{(t)}$



f1=8.5; f2=10Hz

*Retardo de **Grupo***

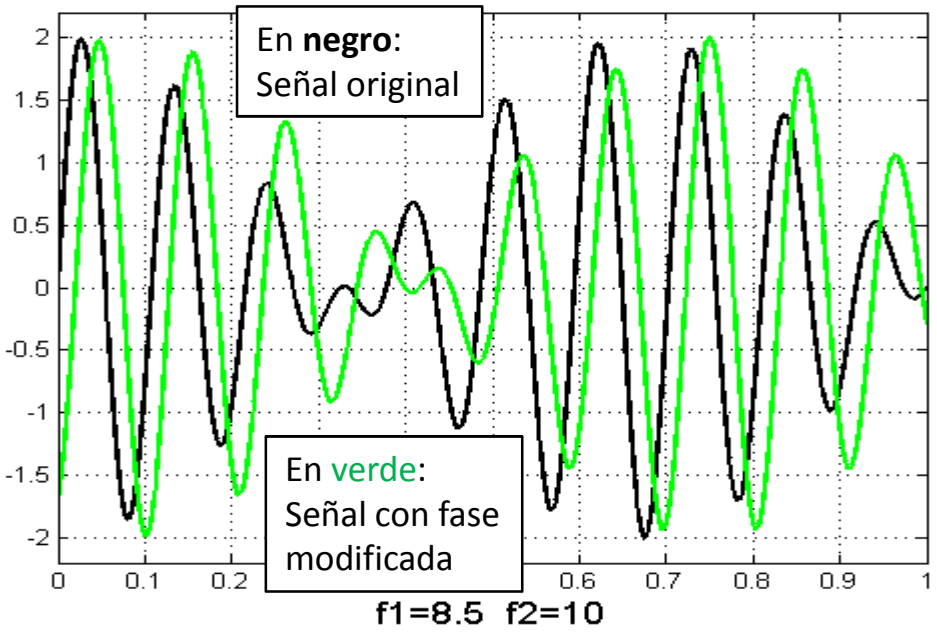


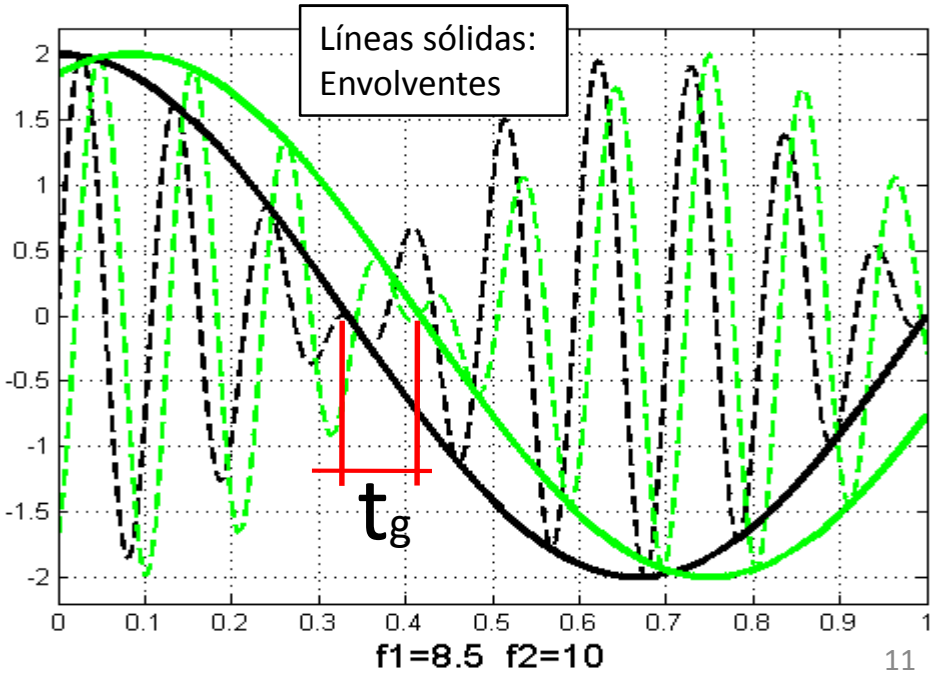
$t_{g=-1/2\pi*d\phi/df}$

ϕ_1=-45°

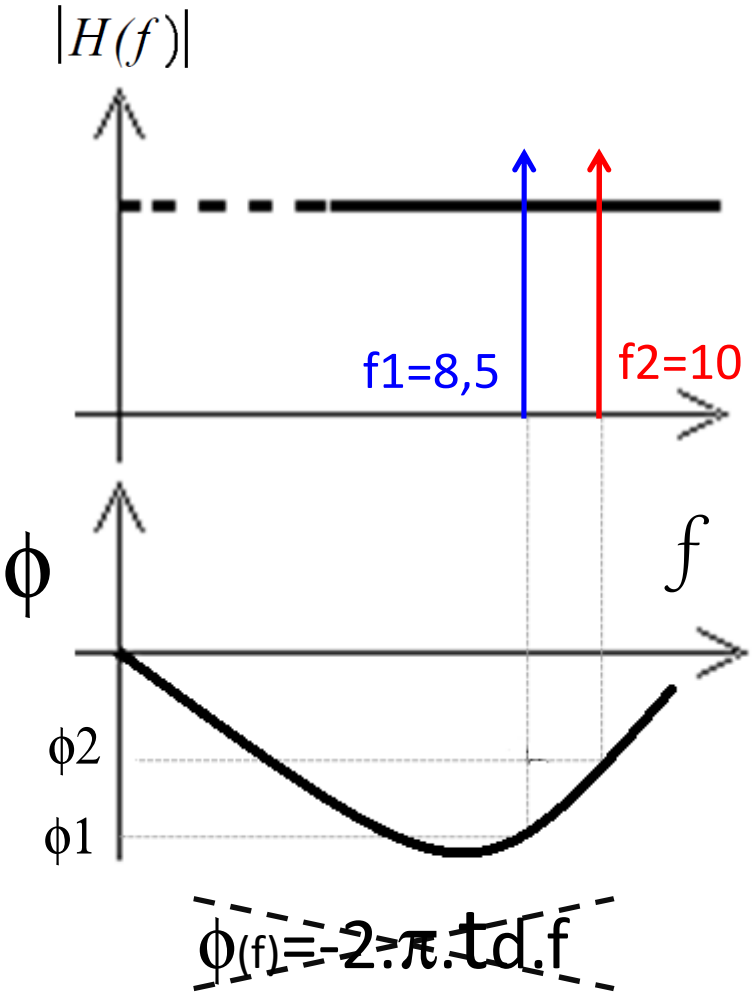
ϕ_2=-90°

tg= 83ms





*Retardo de **Grupo***



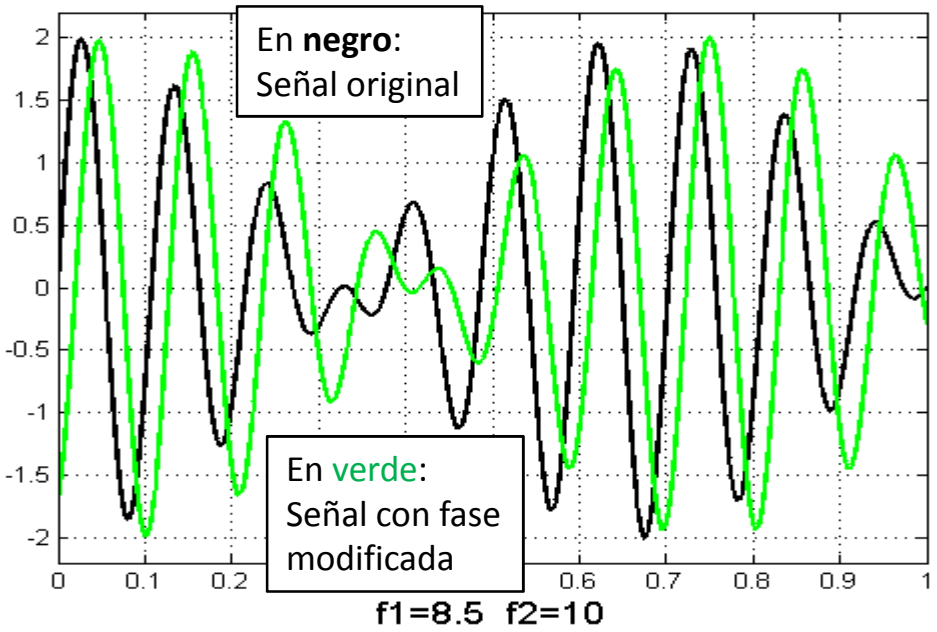
$\phi(f) = -2\pi \cdot td \cdot f$

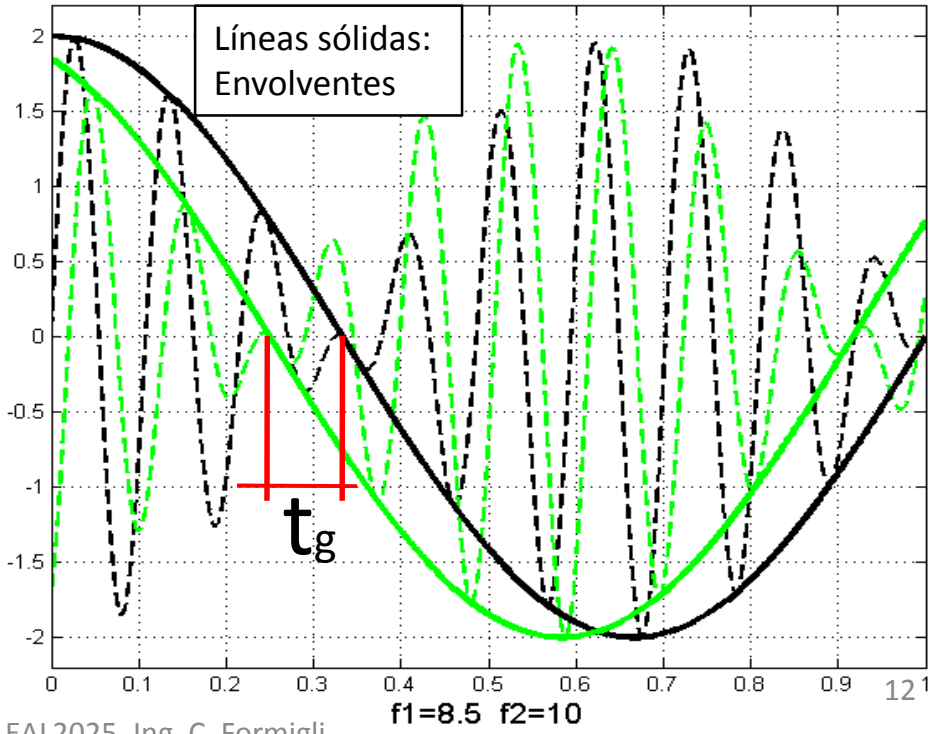
$t_{g=-1/2\pi*d\phi/df}$

$\phi_1 = -90°$

$\phi_2 = -45°$

$t_g = -83ms$





RESUMEN

* Habrá distorsión de fase siempre la señal pase a través de un canal (o sistema) que NO presente "fase lineal".

* Para tener transmisión sin distorsión, no es necesario que el medio (o cuadripolo) sea de fase lineal en todo el espectro, sólo es necesario que lo sea en la banda de frecuencias de la señal.

* El retardo de grupo muestra el desplazamiento de la envolvente de una señal de banda angosta con respecto a la envolvente original.

* Cuando el retardo de fase de la portadora, es igual al retardo de grupo, significa que todas las componentes tienen el mismo retardo temporal, y por lo tanto no hay distorsión de fase.