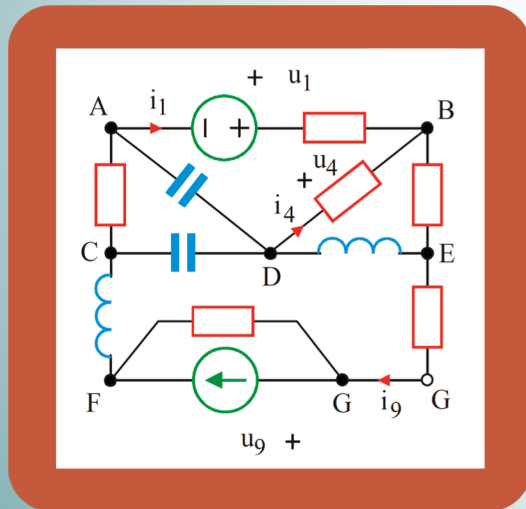


Fundamentos de Ingeniería Eléctrica

U.D. 1: ELEMENTOS DE CIRCUITOS LINEALES

Tema 1.2 – Formas de onda



Alberto Arroyo Gutiérrez
José Carlos Lavandero González
Sergio Bustamante Sánchez
Eugenio Sainz Ortiz
Alberto Laso Pérez
Raquel Martínez Torre
Mario Mañana Canteli

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ENERGÉTICA

Este material se publica bajo la siguiente licencia:

[Creative Commons BY-NC-SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)



Grado en Ingeniería Eléctrica y Grado en Ingeniería en
Electrónica Industrial y Automática

G412/G280 FUNDAMENTOS DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

U.D. 1: Elementos de Circuitos Lineales

Tema 1.2 - Formas de Onda

Tema 1.2 – Formas de Onda

- 1. Clase Previa**
- 2. Tipos de Formas de Onda**
- 3. Formas de Onda en la Ingeniería Eléctrica**
- 4. Ejemplos de Forma de Onda**
- 5. Resumen de la Clase**
- 6. Clase Siguiende**

2

Tipos de Formas de Onda

✓ Introducción

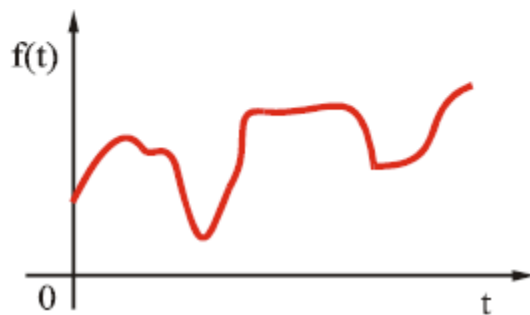
- Las excitaciones y respuestas describen distintas formas de onda, es decir, relaciones funcionales de las magnitudes con el tiempo.
- Éstas, pueden ser dadas, en forma:
 - + Analítica.
 - + Gráfica.
- Ondas utilizadas en Electrotecnia:
 - + Usuales:
 - * Continua
 - * Periódicas
 - Alterna sinusoidal
 - + Otras:
 - * Exponencial.
 - * Escalón, pulso, rampa e impulso.

✓ Ondas unidireccionales

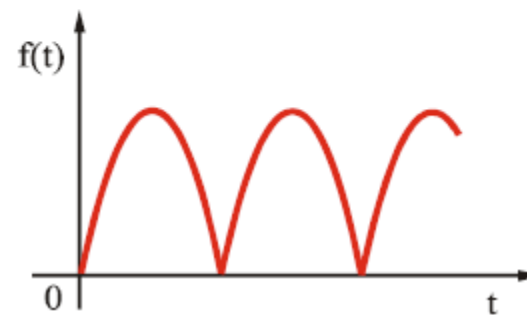
◆ **Propiedades**

- Sentido invariable: mantiene el signo a lo largo del tiempo.
- Valor instantáneo no necesariamente constante.
- Ejemplos:

+ Corriente unidireccional



+ Corriente rectificada



◆ **Caso particular: onda continua**

- Tensión e intensidad permanecen constantes a lo largo del tiempo.



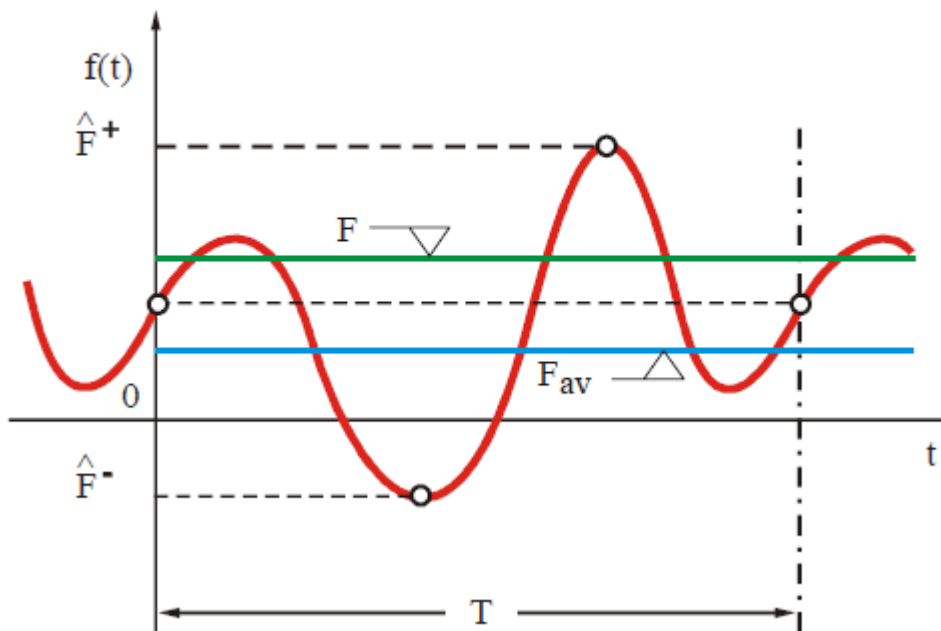
✓ Ondas periódicas. Valores asociados

◆ Definición

$$f(t) = f(t \pm hT), \quad h = 1, 2, \dots$$

T = periodo propio o fundamental.

◆ Ejemplo



- Valor medio, F_{av} : media integral

$$F_{av} = \frac{1}{T} \int_0^T f(t) dt$$

- Valor eficaz, F : media cuadrática integral.

$$F = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T f^2(t) dt}$$

- Factor de cresta, f_c : $f_c = \frac{\hat{F}}{F}$
- Factor de forma, f_f : $f_f = \frac{F}{F_{av}}$
- Valor de pico a pico, f_{pp} : $f_{pp} = \hat{F}^+ - \hat{F}^-$

3

Formas de Onda en la Ingeniería Eléctrica

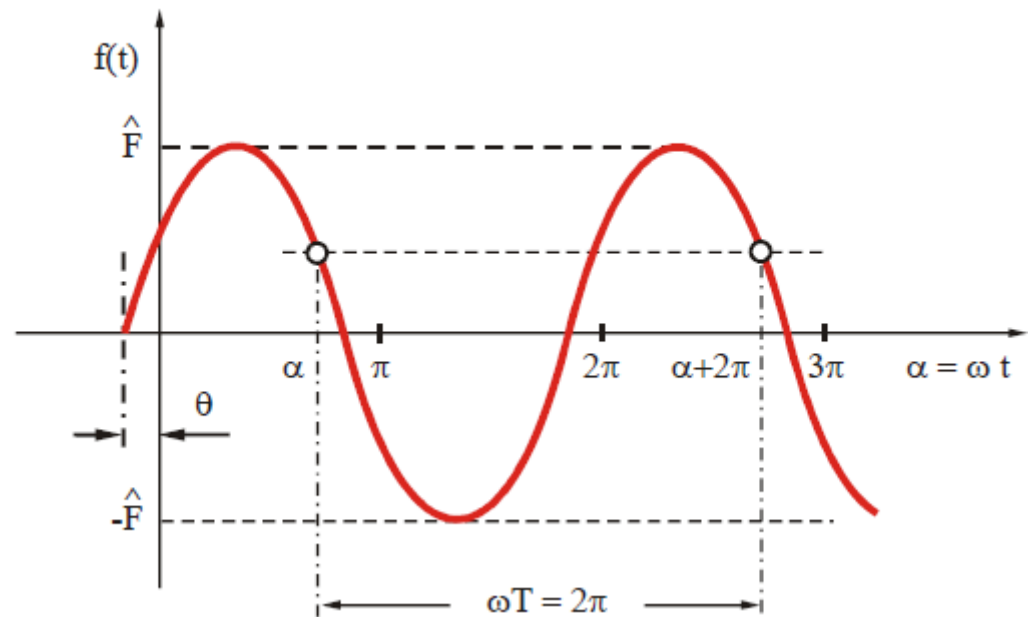
✓ Ondas sinusoidales

- Caso particular de funciones periódicas (seno ó coseno).

◆ Expresión general

$$f(t) = \hat{F} \sin(\omega t + \theta)$$

◆ Representación gráfica



\hat{F} = amplitud, valor máximo, valor de cresta, valor de pico.

ω = pulsación, frecuencia angular, velocidad angular (rad/s).

θ = ángulo de fase inicial ó, simplemente, fase (rad).

t = tiempo (s).

◆ **Propiedades**

- Periodo angular: 2π (rad)
- Pulsación y periodo temporal: ω (rad/s) y T (s).

$$\omega T = 2\pi \Rightarrow \omega = \frac{2\pi}{T}$$

- Frecuencia: número de ondas por unidad de tiempo.

$$f = \frac{1}{T} \quad (\text{Hz} = \text{s}^{-1})$$

- Pulsación y frecuencia: $\omega = 2\pi f$
- Valor medio, F_{av} : se define para un semiperiodo $T/2$ s ó π rad:

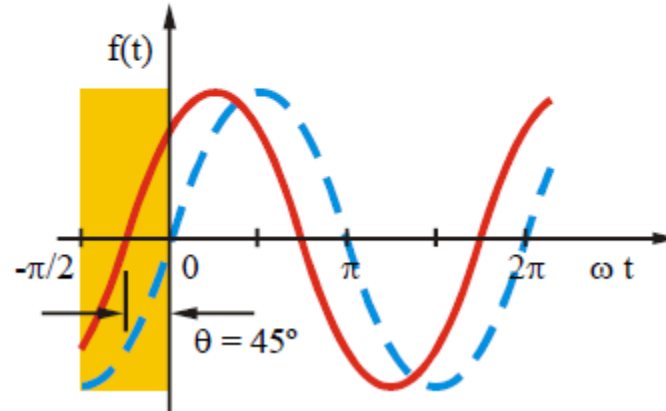
$$F_{av} = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} \hat{F} \sin \alpha \, d\alpha = \frac{2}{\pi} \hat{F}$$

- Valor eficaz, F : se define sobre un periodo T s, ó 2π rad:

$$F = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \hat{F}^2 \sin^2 \alpha \, d\alpha} = \frac{\hat{F}}{\sqrt{2}}$$

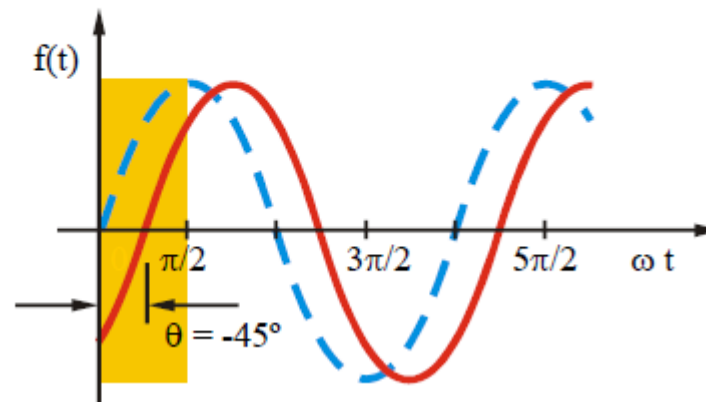
◆ **Sinusoides adelantadas y retrasadas**

- Respecto de la referencia angular $\omega t = 0$.
- Sinusoide adelantada: $0 < \theta \leq \pi/2$



+ Máximo adelanto: $f(t) = \hat{F} \sin(\omega t + 90^\circ)$.

- Sinusoide retrasada: $0 > \theta \geq -\pi/2$



+ Máximo retraso: $f(t) = \hat{F} \sin(\omega t - 90^\circ)$.

◆ **Función armónica**

$$f_h(t) = \hat{F}_h \sin(h\omega t + \theta_h), \quad h = 1, 2, ..$$

h = orden del armónico (entero).

θ_h = fase del armónico h-ésimo.

4

Ejemplos de Forma de Onda

Ejemplo 1.1

Calcular los parámetros de las ondas periódicas:

a) $u(t) = 380 \sin\left(120\pi t + \frac{\pi}{6}\right) \text{ V.}$

Pulsación:	$\omega = 120 \pi \text{ rad/s.}$
Frecuencia:	$f = \frac{\omega}{2\pi} = 60 \text{ Hz.}$
Periodo:	$T = \frac{1}{f} = 16,66 \text{ ms.}$
Longitud de onda:	$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \cdot 10^8}{60} = 5000 \text{ km}$
Fase:	$\varphi = \pi / 6 \text{ rad} = 30^\circ.$
Valor máximo:	$\hat{U} = 380 \text{ V.}$
Valor medio:	$U_{av} = \frac{2\hat{U}}{\pi} = 241,91 \text{ V.}$
Valor eficaz:	$U = \frac{\hat{U}}{\sqrt{2}} = 268,70 \text{ V.}$
Factor de cresta:	$f_c = \frac{\hat{U}}{U} = \sqrt{2}.$

Ejemplo 1.2

La placa de características de un receptor doméstico, señala: "220 V - 50 Hz". ¿qué representan?

♦ Respuesta

- Deberá conectarse a una red monofásica de c.a. y:
- 50 Hz de frecuencia y,
- y 220 V de tensión eficaz.
- De este modo su expresión temporal, o valor instantáneo, es:

$$u(t) = 220\sqrt{2} \sin(2\pi 50 t) \text{ V.}$$

- Sus valores máximo y medio, valen:

$$\hat{U} = \sqrt{2}V = 220\sqrt{2} \text{ V}, \quad U_{av} = \frac{2\hat{U}}{\pi} = \frac{440\sqrt{2}}{\pi} \text{ V}$$