

# Transporte, Distribución y Logística Energética

Bloque II. Transporte, Distribución y Logística de Energía Eléctrica

TEMA 1. INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA



**Ramón Lecuna Tolosa**

DPTO. DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ENERGÉTICA

Este tema se publica bajo Licencia:

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



# Transporte, Distribución y Logística Energética

## Bloque II. Transporte, Distribución y Logística de Energía Eléctrica.

### TEMA 1: INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA

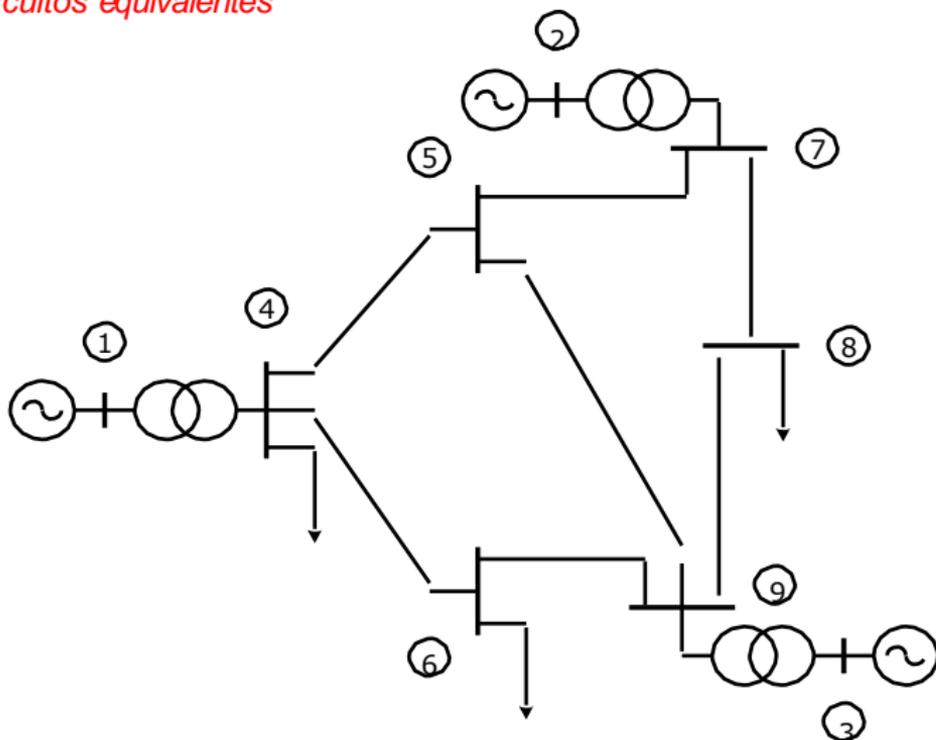
## Índice

---

**1** Representación de un sistema eléctrico de potencia

**2** Método de las cantidades por unidad

- Para representar sistemas eléctricos se utilizan *símbolos*, *diagramas unifilares* y *circuitos equivalentes*



# Transporte, Distribución y Logística Energética

## Bloque II. Transporte, Distribución y Logística de Energía Eléctrica.

### TEMA 1: INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA

#### Representación de un SEE: diagramas unifilares

Es la representación esquemática de un SEE

Dado que un sistema trifásico y equilibrado se resuelve por medio del circuito monofásico equivalente  $\Rightarrow$  fase+neutro

Se simplifica, aún más, eliminando el neutro e indicando las partes que lo componen mediante símbolos normalizados

No se muestran los parámetros del circuito

Las líneas se representan por una sola línea entre terminales

Objetivo del diagrama es presentar información concisa acerca del SEE

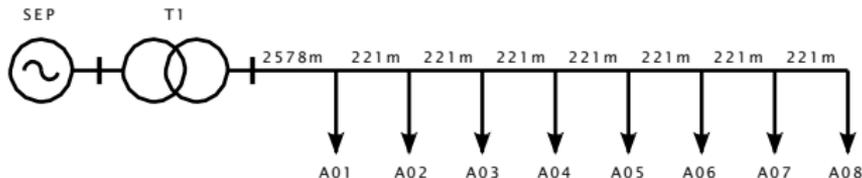
Dependerá del propósito para el que se hace el diagrama

Un estudio del transporte de P y Q en régimen permanente no necesita saber que protecciones existen y sus características

En otros tipos de problemas es posible que sea necesario incluirlos  
Para dar más información se dibuja al lado de los símbolos:

Valores relacionados con las cargas

Valores nominales de generadores,  
transformadores y líneas Puestas a tierra,  
longitudes, etc.



## Transporte, Distribución y Logística Energética

### Bloque II. Transporte, Distribución y Logística de Energía Eléctrica.

#### TEMA 1: INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA

### Representación de un SEE: circuitos equivalentes

El circuito equivalente se obtiene a partir del diagrama unifilar

Si el sistema está funcionando en régimen permanente equilibrado

Circuito monofásico equivalente

Si el sistema está funcionando en régimen permanente desequilibrado

Circuito trifásico equivalente

Circuitos equivalentes obtenidos por métodos matemáticos

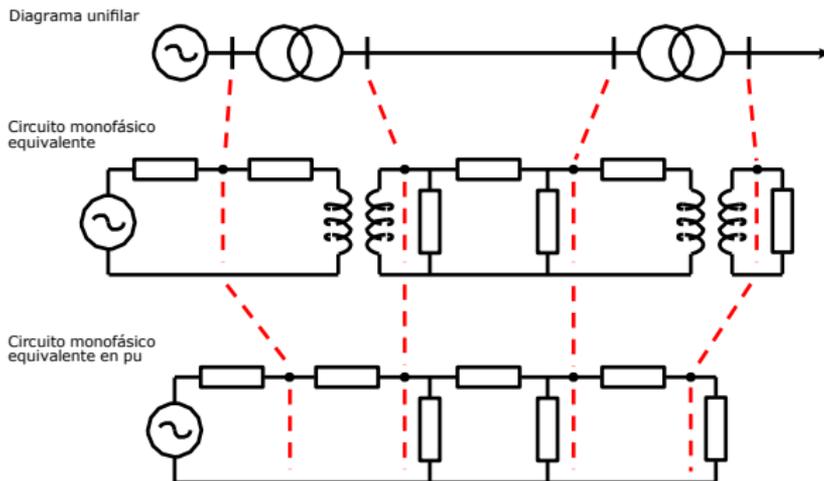
Componentes simétricas  $\Rightarrow$  circuitos/redes de frecuencia

# Transporte, Distribución y Logística Energética

## Bloque II. Transporte, Distribución y Logística de Energía Eléctrica.

### TEMA 1: INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA

Este curso considerará el sistema funcionando en régimen permanente equilibrado



# Transporte, Distribución y Logística Energética

## Bloque II. Transporte, Distribución y Logística de Energía Eléctrica.

### TEMA 1: INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA

## Índice

---

- 1 Representación de un sistema eléctrico de potencia
- 2 Método de las cantidades por unidad

# Transporte, Distribución y Logística Energética

## Bloque II. Transporte, Distribución y Logística de Energía Eléctrica.

### TEMA 1: INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA

## Método de las cantidades por unidad (pu)

### Normalización

Una cantidad normalizada se define como una cantidad que es multiplicada o dividida por una cantidad fija denominada base

En los SEE al hecho de normalizar las cantidades físicas se denomina **paso a pu**

Este proceso de normalización, paso a pu, aplicado al análisis de SEE suele presentar las siguientes ventajas:

Los valores de las tensiones de los nudos del análisis de un SEE están en torno a 1 pu

Los circuitos equivalentes de los transformadores y de los autotransformadores no necesitan, en la mayoría de los casos, el uso del transformador ideal

Los circuitos equivalentes de las máquinas eléctricas, en general, presentan impedancias que varían dentro de rangos estrechos cuando los valores base utilizados para la normalización son los valores nominales de la propia máquina

# Transporte, Distribución y Logística Energética

## Bloque II. Transporte, Distribución y Logística de Energía Eléctrica.

### TEMA 1: INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA

#### Método de las cantidades por unidad (pu)

#### Magnitud o cantidad expresada en por unidad

Dado  $\bar{A}(t)$ , una cantidad que puede depender del tiempo, real o compleja, expresada en una unidad convencional (Voltios, Amperios, etc)

Dado  $B$ , una cantidad que no depende del tiempo, real, expresada en la misma unidad que  $A(t)$

Se define **magnitud en por unidad** como:

$$\bar{A}_{pu}(t) = \frac{\bar{A}(t)}{B}$$

# Transporte, Distribución y Logística Energética

## Bloque II. Transporte, Distribución y Logística de Energía Eléctrica.

### TEMA 1: INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA

#### Método de las cantidades por unidad (II)

En los SEE las magnitudes que nos encontramos usualmente son:

⇒ ¿Elegimos 4 ctes de la base?

Magnitud	Base	Paso a pu
Voltios (V)	$V_{base}$	$V_{pu} = \frac{V}{V_{base}}$
Amperios (A)	$I_{base}$	$I_{pu} = \frac{I}{I_{base}}$
Ohmios ( $\Omega$ )	$Z_{base}$	$Z_{pu} = \frac{Z}{Z_{base}}$
Potencia Aparente (VA)	$S_{base}$	$S_{pu} = \frac{S}{S_{base}}$

#### ■ Requisitos

- La ecuación de tensiones se debe escribir igual en pu que en MKS
  - $\bar{V} = \bar{Z}\bar{I} \Rightarrow \bar{V}_{pu} = \bar{Z}_{pu}\bar{I}_{pu}$
- La ecuación de potencias se debe escribir igual en pu que en MKS
  - $\bar{S} = \bar{V}\bar{I}^* \Rightarrow \bar{S}_{pu} = \bar{V}_{pu}\bar{I}_{pu}^*$

①  $\bar{V} = \bar{Z}\bar{I}$   
 $\bar{S} = \bar{V}\bar{I}^*$

②  $\bar{V}_{pu} = \bar{Z}_{pu}\bar{I}_{pu}$   
 $\bar{S}_{pu} = \bar{V}_{pu}\bar{I}_{pu}^*$

③  $\bar{A}_{pu}(t) = \frac{\bar{A}(t)}{B}$

}

①  $\bar{V}_{pu}V_{base} = \bar{Z}_{pu}Z_{base}\bar{I}_{pu}I_{base}$

③  $\bar{S}_{pu}S_{base} = \bar{V}_{pu}V_{base}\bar{I}_{pu}^*I_{base}$

②  $\Downarrow$

~~$\bar{V}_{pu}V_{base} = \bar{Z}_{pu}Z_{base}\bar{I}_{pu}I_{base}$~~

~~$\bar{S}_{pu}S_{base} = \bar{V}_{pu}V_{base}\bar{I}_{pu}^*I_{base}$~~

$\Rightarrow$

2 ecs y 4 parámetros

$V_{base} = Z_{base}I_{base}$

$S_{base} = V_{base}I_{base}$

$\Downarrow$

BASE

$V_{base} \Rightarrow Z_{base} = \frac{V_{base}^2}{S_{base}}$

$S_{base} \Rightarrow I_{base} = \frac{S_{base}}{V_{base}}$

## Cambio de base.

En las distintas máquinas eléctricas sus parámetros usan sus valores nominales como base.

Para generadores:

$$S_B = S_N$$

$$V_B = V_N$$

De esta forma.

Para generadores

$$X_S \% = X_S / Z_{B(\text{aparato})} = X_S S_N / V_N^2$$

Para transformadores

$$X_{CC} \% = X_{CC} / Z_{B(\text{aparato})} = X_{CC} S_N / V_N^2$$

Tendremos que poner, los valores pu de los distintos dispositivo en base a los del problema.

#### Cambio de base.

Para poner los parámetros de la maquinaria, con respecto a los valores base del problema, tendremos que hallar sus valores reales, y dividir por los valores base del problema.

Para generadores:

$$X_{Spu \text{ problema}} = X_{S(\text{generador})} / Z_{B(\text{problema})} = X_{S(\text{generador})} S_B / V_B^2$$

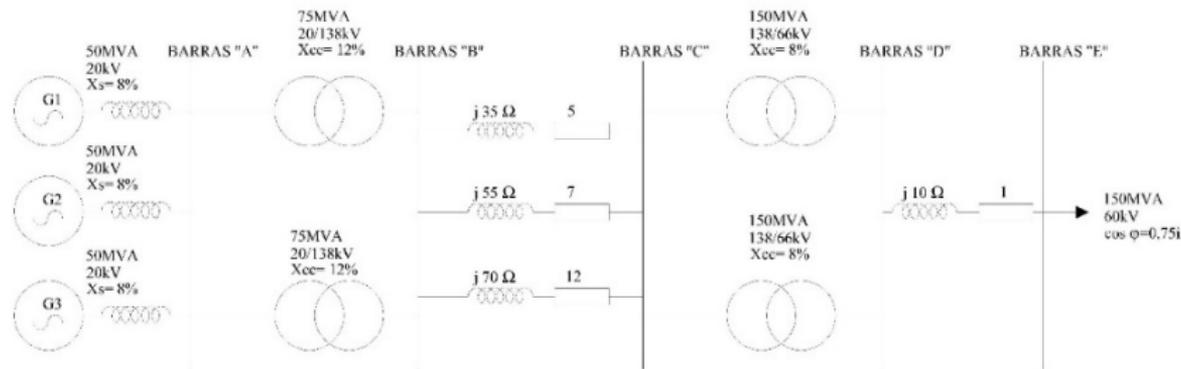
Para transformadores

$$X_{CCpu \text{ (problema)}} = X_{CC(\text{trafo})} / Z_{B(\text{problema})} = X_{CC(\text{trafo})} S_B / V_B^2$$

Tendremos que poner, los valores pu de los distintos dispositivo en base a los del problema.

### Problema:

Dado el circuito de transmisión de potencia representado en la figura, utilizando el método de cálculo PU, determinar los siguientes parámetros (sistema trifásico).



- Circuito equivalente en p.u. ( $S_B = 250\text{MVA}$ ). (1 pto.)
- Tensiones en las barras A, B, C, D y E. (1 pto.)
- Rendimiento de la línea que interconecta las "barras D" con las "barras E". (1 pto)
- Intensidad que circula por cada uno de los transformadores que conectan "Barras A" con "Barras B".
- Intensidad de cortocircuito en las barras "C". (1 pto)
- Potencia transferida entre las barras "D" y las barras "E". (0,5 pto)
- Potencia generada por el generador G3. (0,5 pto)