

# **Sistemas Eléctricos de Potencia 1**

---

**Guía de Trabajo**

---



## **VISIÓN**

Ser la mejor organización de educación superior posible para unir personas e ideas que buscan hacer realidad sueños y aspiraciones de prosperidad en un entorno incierto

## **MISIÓN**

Somos una organización de educación superior que conecta personas e ideas para impulsar la innovación y el bienestar integral a través de una cultura de pensamiento y acción emprendedora.



## Presentación

El presente material está diseñado para ayudar al estudiante a comprender mejor los principios básicos del análisis de sistemas de potencia, interpretar los resultados obtenidos y comprender la importancia del uso del software como herramienta los métodos prácticos para el análisis y la planeación de los sistemas eléctricos de potencia modernos dado su gran tamaño y naturaleza compleja.

En general, contiene un compendio de guías prácticas a ser desarrolladas de manera secuencial, está organizada por unidades, semanas y guías enumeradas.

La competencia por desarrollar es: que el estudiante será capaz comprender los principios fundamentales de la operación de un sistema eléctrico de potencia en estado estacionario, realizar el modelamiento y cálculo de parámetros de los componentes del sistema eléctrico de potencia, y realizar análisis de sistemas eléctricos de potencia en herramientas computacionales de simulación e interpretar los resultados.

Es recomendable que el estudiante antes de desarrollar la guía de práctica lea y repase las lecciones aprendidas en clases con el docente, para deducir el propósito, indicaciones y procedimientos.

Agradecemos al ingeniero Celso Espejo, quien trabajó en la elaboración del presente material de trabajo del curso de Sistemas Eléctricos de Potencia 1

*El autor*



## Índice

VISIÓN.....	2
MISIÓN.....	2
Presentación.....	3
Primera unidad .....	5
Semana 2 .....	5
Fasores y potencia monofásica .....	5
Primera unidad .....	8
Semana 4 .....	8
Sistemas Trifásicos .....	8
Segunda unidad .....	10
Semana 06 .....	10
Sistemas por unidad.....	10
Segunda unidad .....	13
Semana 8 .....	13
Diagrama unifilar DigSilent.....	13
Tercera unidad .....	14
Semana 12.....	14
Flujo de potencia en sistemas de potencia - transformadores.....	14
Lista de referencias.....	15



## Primera unidad

### Semana 2

#### Fasores y potencia monofásica

**Instrucciones:** Lea las indicaciones y desarrolle la guía práctica.

**I. Propósito:** El estudiante será capaz de reconocer los modelos matemáticos de las variables eléctricas, realizar cálculos con estos modelos e interpretar los resultados.

**II. Descripción de la actividad a realizar**

Desarrolle los problemas planteados en forma manual e indicar su respuesta.

Adjunte lo desarrollado en la tarea del aula virtual, escaneado en formato pdf.

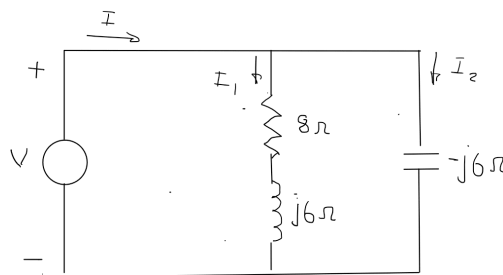
1. Convierta las siguientes corrientes instantáneas a fasores, usando  $\cos(\omega t)$  como la referencia. De sus respuestas tanto en forma rectangular como polar.

a)  $i(t) = 400 \sqrt{2} \cos(\omega t - 30^\circ)$

b)  $i(t) = 5 \sin(\omega t + 15^\circ)$

c)  $i(t) = 4 \cos(\omega t - 30^\circ) + 5\sqrt{2} \sin(\omega t + 15^\circ)$

2. Para el circuito monofásico que se muestra en la figura,  $I = 10 \angle 0^\circ$  A. a) Calcule los fasores  $I_1$ ,  $I_2$  y  $V$  b) Dibuje un diagrama fasorial en el que se muestren  $I$ ,  $I_1$ ,  $I_2$  y  $V$ .



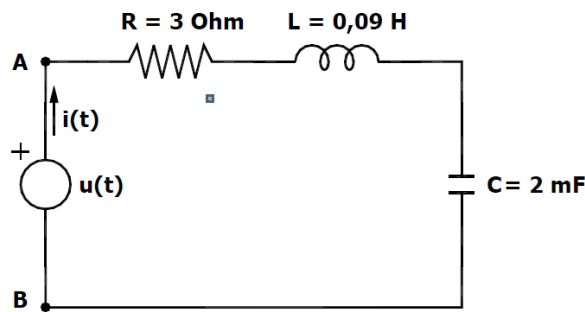
3. Se aplica una fuente monofásica de 60Hz, con  $V = 277 \angle 30^\circ$  volts, a un elemento de circuito, a) Determine la tensión instantánea de la fuente. Determine también las corrientes fasorial e instantánea que entran por la terminal positiva si el elemento de circuito es b) un resistor de  $20 \Omega$ , c) un inductor de 10mH, d) un capacitor con una reactancia de  $25 \Omega$  (Duncan).

4. Si una fuente sinusoidal de 100V, conectada a una combinación en serie de un resistor de  $3 \Omega$ , un inductor de  $8 \Omega$  y un capacitor de  $4 \Omega$  a) Dibuje el diagrama de circuito b) calcule la impedancia en serie c) determine la corriente  $I$  entregada



por la fuente ¿La corriente esta atrasada o adelantada de la tensión de la fuente? ¿cual es el factor de potencia de este circuito?

5. Se aplica a tensión  $v(t) = \cos(\omega t + 45^\circ)$  voltios a una carga que consta de un resistor de  $10 \Omega$ , en paralelo con una reactancia capacitiva  $X_c = 25 \Omega$ . Calcule a) la potencia instantánea absorbida por el resistor, b) potencia instantánea absorbida por el capacitor, c) la potencia real absorbida por el resistor d) la potencia reactiva entregada por el capacitor e) el factor de potencia de la carga.
6. Considere una carga monofásica con una tensión aplicada  $v(t) = 150 \cos(\omega t + 10)$  voltios y la corriente en la carga  $i(t) = 5\sqrt{2} \cos(\omega t - 50)$  A, a) Determine el triangulo de potencias b) Encuentre el factor de potencia y especifique si es atrasado o adelantado c) calcule la potencia reactiva suministrada por los capacitores en paralelo con la carga que corrigen el factor de potencia a 0.9 atrasado.
7. Una fuente suministra potencia a tres cargas siguientes conectadas en paralelo: 1) una carga de alumbrado que consume 10kW, 2) un motor de inducción que consume 10kVA con un factor de potencia de 0.90 atrasado y 3) un motor síncrono que opera a 10HP, 85% de eficiencia y un factor de potencia de 0.95 adelantado. Determine la potencia real y reactiva y aparente entregadas por la fuente. Dibuje también el triángulo de impedancias de la fuente.
8. Suponga que  $\omega = 377$ , Un circuito esta formado por una resistencia de  $10 \Omega$  en serie con un condensador de valor  $480 \mu\text{F}$ . El conjunto está alimentado por una tensión de 220V (eficaces) a una frecuencia de 50Hz.  
Hallar:
  - a) Valor de impedancia del circuito (módulo y argumento).
  - b) Valor instantáneo de la corriente que atraviesa el circuito y su fase respecto de V.
  - c) Valores eficaces de tensión en extremos de R y C. Triángulo de tensiones.
  - d) Factor de potencia.
  - e) Potencias del circuito. Triángulo de potencias.
9. Dado el circuito de la figura determinar:
  - a) Intensidad y potencia instantánea dada por la fuente.
  - b) Potencia compleja entre A y B.



Nota:  $u(t) = \sqrt{2} 50 \text{ sen}(100t)$

10. Determinar las potencias  $S$ ,  $P$  y  $Q$  y la potencia demanda o suministrada por el receptor, correspondientes a un receptor al que se le aplica una tensión:  $u_{AB}(t) = 325,27 \text{ sen}(wt - 60^\circ) \text{ V}$  y por el cual circula una intensidad  $i_{AB}(t) = 14,1421 \text{ sen}(wt - 90^\circ)$ .

### Referencias

Duncan, J. y Mulukutla, S. (s. f.). *Sarma Series power systems analysis and design*. (3.<sup>ª</sup> ed.). Brooks/Cole.

Kothari, D. y Nagrath, I. (2008). *Sistemas eléctricos de potencia*. (3.<sup>ª</sup> ed.). McGraw Hill.

Pumacayo, C. (s. f.). *Análisis de sistemas de potencia*.



## Primera unidad

### Semana 4

### Sistemas Trifásicos

**Instrucciones:** Lea las indicaciones y desarrolle la guía práctica.

**I. Propósito:** El estudiante será capaz de reconocer los modelos matemáticos de las variables eléctricas, realizar cálculos con estos modelos e interpretar los resultados.

**II. Descripción de la actividad a realizar**

Desarrolle los problemas planteados en forma manual e indicar su respuesta.

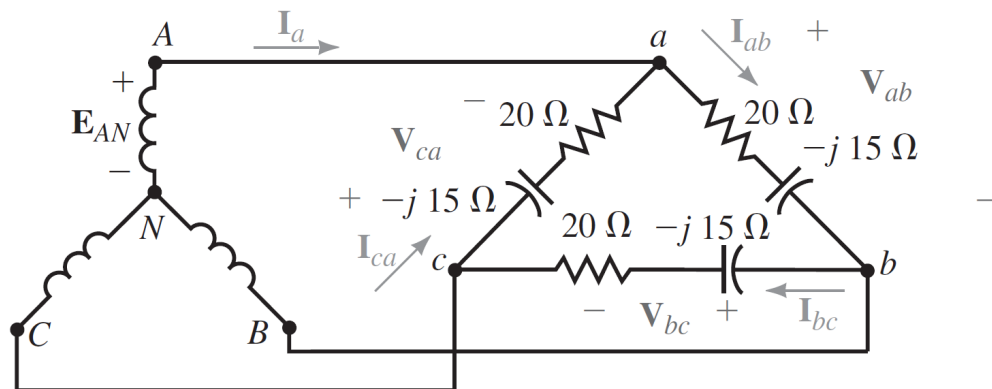
Adjunte lo desarrollado en la tarea del aula virtual, escaneado en formato pdf.

1. Una fuente trifásica balanceada de 208V alimenta una carga trifásica balanceada. Si, según se mide la corriente IA, en la línea es de 10A y está en fase con la tensión VBC de línea a línea encuentre la impedancia por fase de la carga si esta se encuentra a) conectada en estrella b) conectada en delta.
2. Un sistema trifásico de cuatro conductores de 208V secuencia positiva (RST), alimenta a una carga trifásica balanceada conectada en estrella de cuatro conductores, siendo el valor de la impedancia por fase de la carga igual a  $12\angle 30^\circ$  ohms. Determinar los valores de las corrientes de línea, así como también la corriente por el neutro.
3. Tres impedancias idénticas de  $10\angle 15^\circ \Omega$  están conectadas en Y para balancear voltajes de línea trifásicos de 208V. Especifique todos los voltajes y las corrientes de línea y de fase como fasores en forma polar, tomando Vca como referencia y tomando las secuencias de fases abc.
4. Una carga en estrella con impedancias  $Z_r = 3+j0 \Omega$ ,  $Z_s = 2+j3 \Omega$ ,  $Z_t = 2-j$ , se conecta a un sistema trifásico de cuatro conductores, 100 voltios y secuencia TSR. Determinar las corrientes de línea y corriente del neutro.
5. Un alternador trifásico de 25kVA, 208V, 60Hz que opera bajo condiciones balanceadas de estado estacionario, suministra una corriente de línea de 20A por fase con un factor de potencia de 0.8 en atraso y a la tensión nominal. Determine el triángulo de potencias para esta condición de Operación.
6. Una carga  $\Delta$  balanceada que consiste de resistencias puras por fase de  $15 \Omega$  está en paralelo con una carga Y balanceada que tiene impedancias por fase de  $8+j6$ . Cada una de las tres líneas que conectan las cargas combinadas con una fuente de alimentación de 110V trifásicos, tiene una impedancia de  $2+j5\Omega$ , encuentre el voltaje de línea a línea en la barra que suministra 440 V en las terminales del motor.
7. Una línea trifásica, la cual tiene una impedancia de  $(2+j4) \Omega$  por fase, alimenta dos cargas trifásicas balanceadas que están conectadas en paralelo. Una de las cargas está conectada en estrella, con una impedancia de  $(30+j40) \Omega$ , por fase y la otra está



conectada en delta con una impedancia de  $(60-j45) \Omega$  por fase. La línea se energiza en el extremo de transmisión por una fuente balanceada de tensión trifásica y de 60 Hz, de  $120\sqrt{3}V$  (rms, de línea a línea). Determine a) la corriente, la potencia real y la potencia reactiva entregadas por la fuente del extremo de transmisión; b) la tensión de línea a línea en la carga; c) la corriente por fase de cada carga, y d) las potencias trifásicas totales, real y reactiva, absorbidas por cada carga y por la línea. Compruebe que la potencia compleja trifásica total entregada por la fuente es igual a la potencia trifásica total absorbida por la línea y las cargas.

8. Dos cargas balanceadas conectadas en estrella, una consume 10kW con un factor de potencia de 0.8 atrasado y la otra, 15kW con un factor de potencia de 0.9 atrasado, están conectadas en paralelo y son alimentadas por una fuente trifásica balanceada de 480V conectada en estrella. a) Determine la corriente de la fuente b) si los neutros de las cargas están conectados al neutro de la fuente por medio de un conductor neutro de cero ohms que pasa por un amperímetro ¿Cuál sería la lectura de este?.
9. Tres impedancias idénticas  $Z_{\Delta}=20\angle 60^{\circ} \Omega$ , están conectadas en delta e una fuente trifásica balanceada de 480V por medio de tres conductores idénticos de línea con impedancia  $Z_L=(0.8+j0.6) \Omega$ , por línea, a) Calcule la tensión de línea a línea en las terminales de la carga, b) Repita el inciso a) cuando un banco de capacitores conectados en delta, con reactancia  $(-j20) \Omega$  por fase, se conectan en paralelo con la carga.
10. Para el circuito de la figura,  $V_{ab}=480\angle 0^{\circ}$ , Encuentre las corrientes de fase y de línea.



## Referencias

Duncan, J. y Mulukutla, S. (s. f.). *Sarma Series power systems analysis and design*. (3.<sup>a</sup> ed.). Brooks/Cole.

Kothari, D. y Nagrath, I. (2008). *Sistemas eléctricos de potencia*. (3.<sup>a</sup> ed.). McGraw Hill.

Pumacayo, C. (s. f.). *Análisis de sistemas de potencia*.



## Segunda unidad

### Semana 06

#### Sistemas por unidad

**Instrucciones:** Lea las indicaciones y desarrolle la guía práctica.

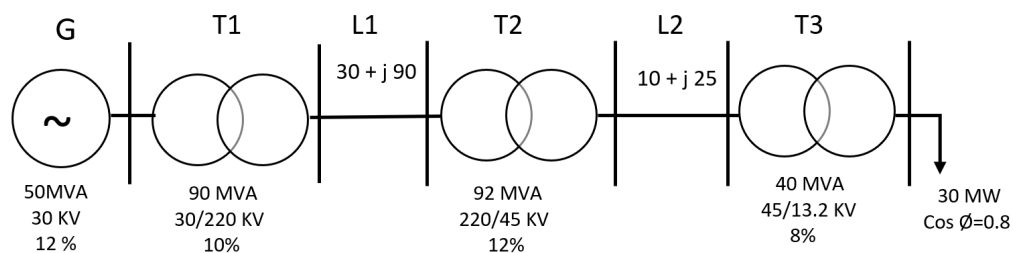
I. **Propósito:** El estudiante será capaz de reconocer los modelos matemáticos de las variables eléctricas, realizar cálculos con estos modelos e interpretar los resultados.

II. **Descripción de la actividad a realizar**

Desarrolle los ejercicios planteados en forma manual e indicar su respuesta.

Adjunte lo desarrollado en la tarea del aula virtual, escaneado en formato pdf.

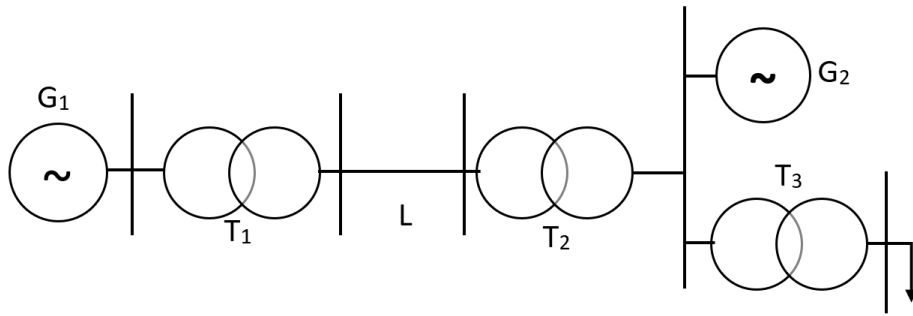
1. Sea el sistema de potencia de la figura donde los valores de las reactancias están referidos a sus valores nominales, referidos a una base de 100 MVA y 30 KV en el generador Dibujar el diagrama de impedancias.



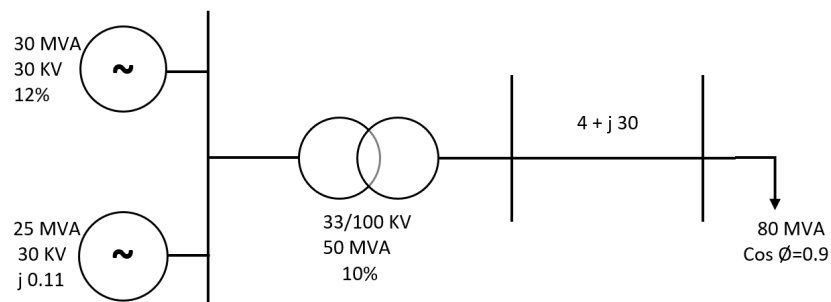
2. Dibujar un diagrama de impedancias en valores por unidad, tomar como base 50 MVA.

Datos:

G1 – 50 MVA	$X = 0,12 j$	$V_1 = 25 \text{ KV}$
T1 – 40 MVA	$X_{cc} = 0,16 j$	25/100 KV
$L = (20+100j)\Omega$		
T2 – 40 MVA	$X_{cc} = 0,16 j$	100/25 KV
G2 – 30 MVA	$X = 0,12 j$	$V = 25 \text{ KV}$
T3 – 50 MVA	$X_{cc} = 0,16 j$	$V = 25/6 \text{ KV}$



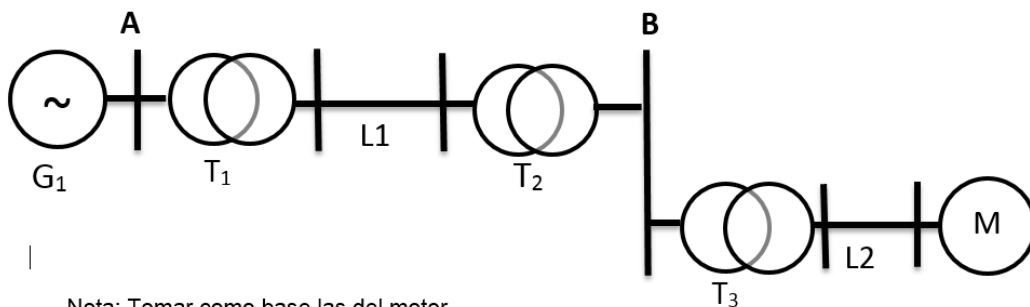
3. Calcular en el esquema de la figura las impedancias en valores por unidad y en ohmios en una base de 100 MVA



4. En el sistema eléctrico de la figura se pide calcular la tensión en A y B si la carga del motor es de 6 000kVA (factor de potencia 0,90 en retraso) y la tensión en bornes del motor es de 12,9 kV.

DATOS:

Generador	10MVA $V_n=13,8\text{kV}$	$X=20j$		
Transformador 1	13,9/220 kV	$X_{cc}=13\%$	$R_{cc}=0,01$	8MVA
Transformador 2	220/46 kV	$X_{cc}=13\%$	$R_{cc}=0,01$	8MVA
Transformador 3	46/13,2 kV	$X_{cc}=10\%$	$R_{cc}=0,01$	8MVA
L1	$(0,05 + 0,3j) \Omega/\text{Km}$ (100Km)			
L2	$(0,15 + 0,4j) \Omega/\text{Km}$ (5 Km)			

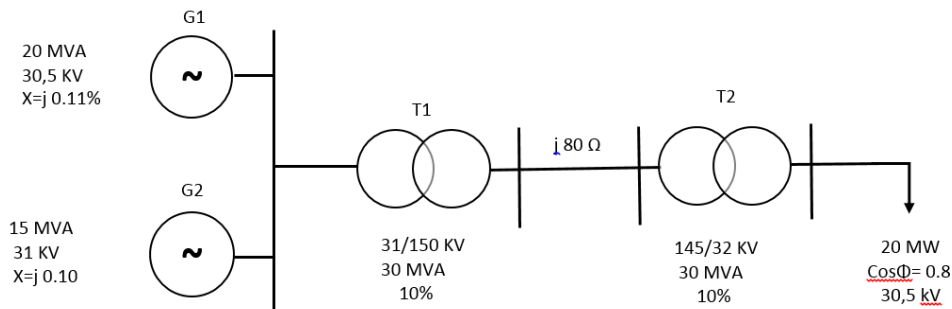


Nota: Tomar como base las del motor.



Respuesta :  $V_A=49,59\text{kV}$ ,  $V_B=16,83\text{kV}$

5. Dos generadores G1 y G2, cuyos valores nominales se indican en la figura, alimentan a una carga de  $\cos\Phi=0.8$  en retraso, a la tensión de  $30,5\text{kV}$ . Tomado como base  $30\text{MVA}$  y  $31\text{ kV}$  en los generadores. Determinar:
- La intensidad que aporta cada generador.
  - Tensión en la barra de los generadores.



Respuesta:

- $I_1=281 \angle -36,87^\circ$ ;  $I_2=224 \angle -36,87^\circ$  A.
- $V=34,255\text{ kV}$

### Referencias

Duncan, J. y Mulukutla, S. (s. f.). *Sarma Series power systems analysis and design*. (3.ª ed.). Brooks/Cole.

Kothari, D. y Nagrath, I. (2008). *Sistemas eléctricos de potencia*. (3.ª ed.). McGraw Hill.

Pumacayo, C. (s. f.). *Análisis de sistemas de potencia*.

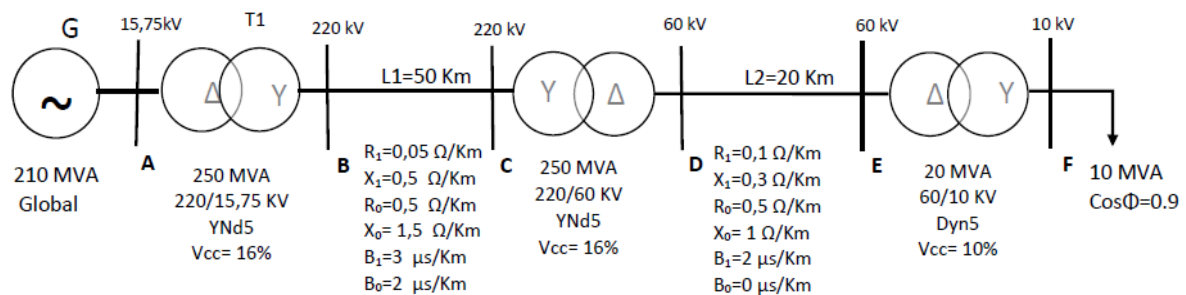
## Segunda unidad

### Semana 8

#### Diagrama unifilar DigSilent

**Instrucciones:** Lea las indicaciones y desarrolle la guía práctica.

- I. **Propósito:** El estudiante será capaz de registrar los datos necesarios de los elementos d un Sistema Eléctrico de Potencia, reconocer los modelos matemáticos de las variables eléctricas, realizar cálculos con estos modelos e interpretar los resultados.
- II. **Descripción de la actividad a realizar**
1. Utilizar el Software Digsilent.
  2. Dibujar los componentes del pequeño sistema eléctrico de potencia con las características indicadas.
  2. Efectuar el flujo de potencia.
  3. Analizar los resultados y simular otras condiciones.
  4. Elaborar in informe que resuma los resultados y emita sus conclusiones.



#### Referencias

- Duncan, J. y Mulukutla, S. (s. f.). *Sarma Series power systems analysis and design*. (3.ª ed.). Brooks/Cole.
- Kothari, D. y Nagrath, I. (2008). *Sistemas eléctricos de potencia*. (3.ª ed.). McGraw Hill.
- Pumacayo, C. (s. f.). *Análisis de sistemas de potencia*.



## Tercera unidad

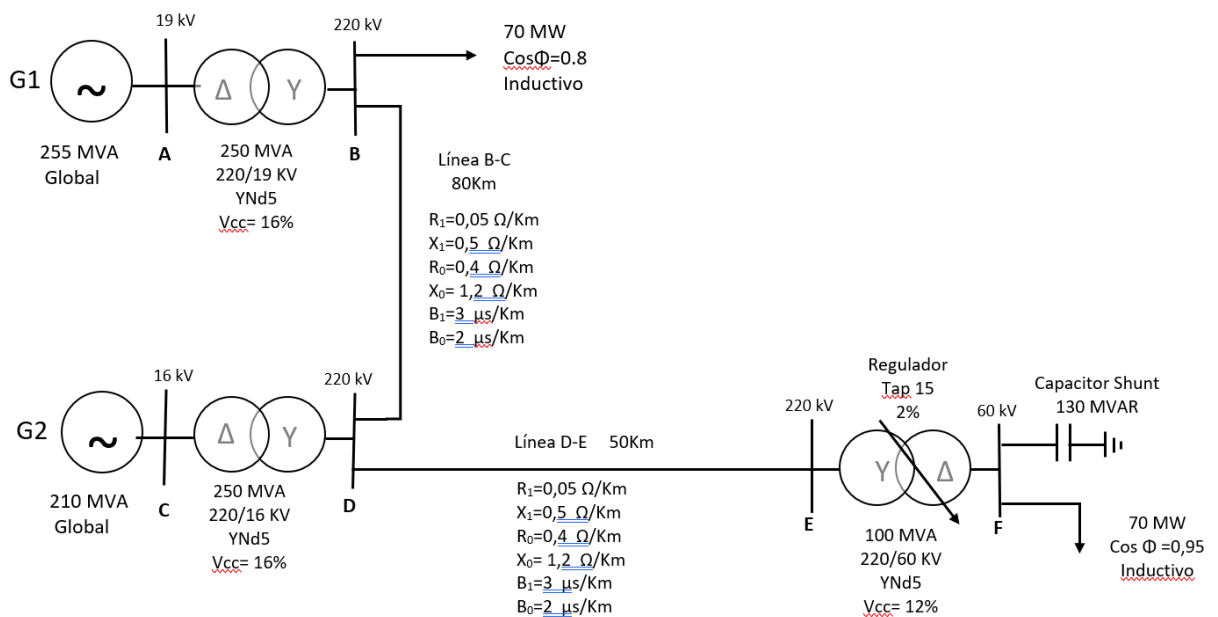
### Semana 12

### Flujo de potencia en sistemas de potencia - transformadores

**Instrucciones:** Lea las indicaciones y desarrolle la guía práctica.

I. **Propósito:** El estudiante será capaz de simular comportamientos de un Sistema Eléctrico de Potencia, reconocer los modelos matemáticos de las variables eléctricas, realizar cálculos con estos modelos e interpretar los resultados.

#### II. Procedimientos





## Lista de referencias

Duncan, J. y Mulukutla, S. (s. f.). *Sarma Series power systems analysis and design*. (3.ª ed.). Brooks/Cole.

Kothari, D. y Nagrath, I. (2008). *Sistemas eléctricos de potencia*. (3.ª ed.). McGraw Hill.

Pumacayo, C. (s. f.). *Análisis de sistemas de potencia*.