

# Sistemas de Control Primario y Secundario

Roberto Cárdenas D.

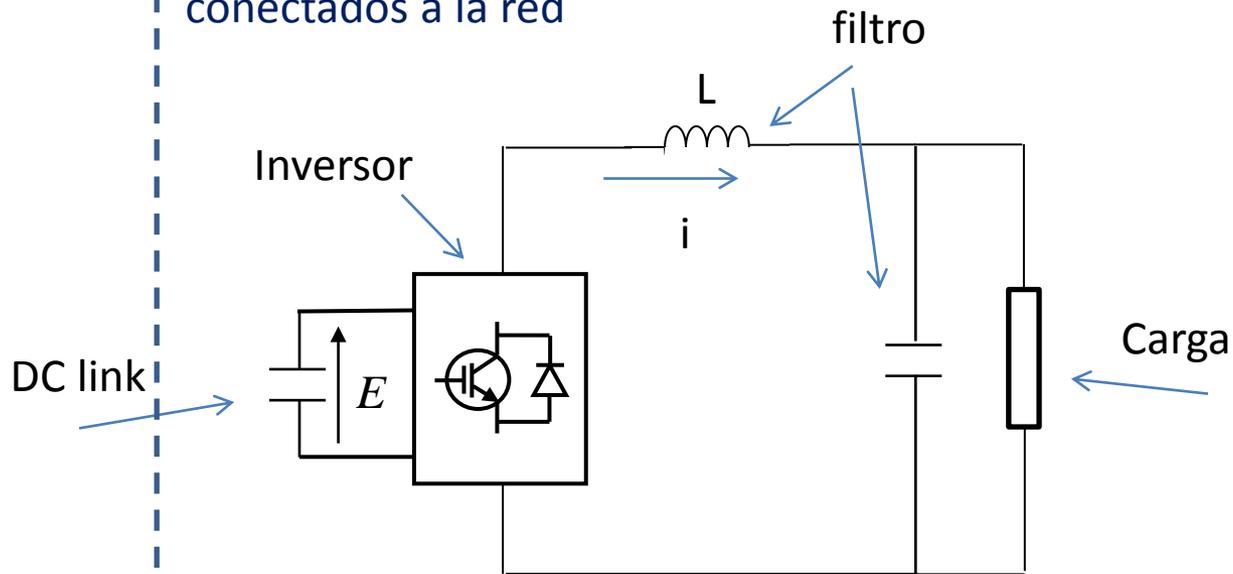
Ingeniero Electricista, Msc. Ph.D.

# Droop Control

- Ya discutimos Droop Control, maestro y esclavo, los cuales son utilizados en sistemas de generación convencional.
- Además de los sistemas de generación convencional, Droop-Control puede ser utilizado en cualquier sistema donde la fuente de generación se conecta a la red a través de un conversor front-end.

# Control de cada inversor

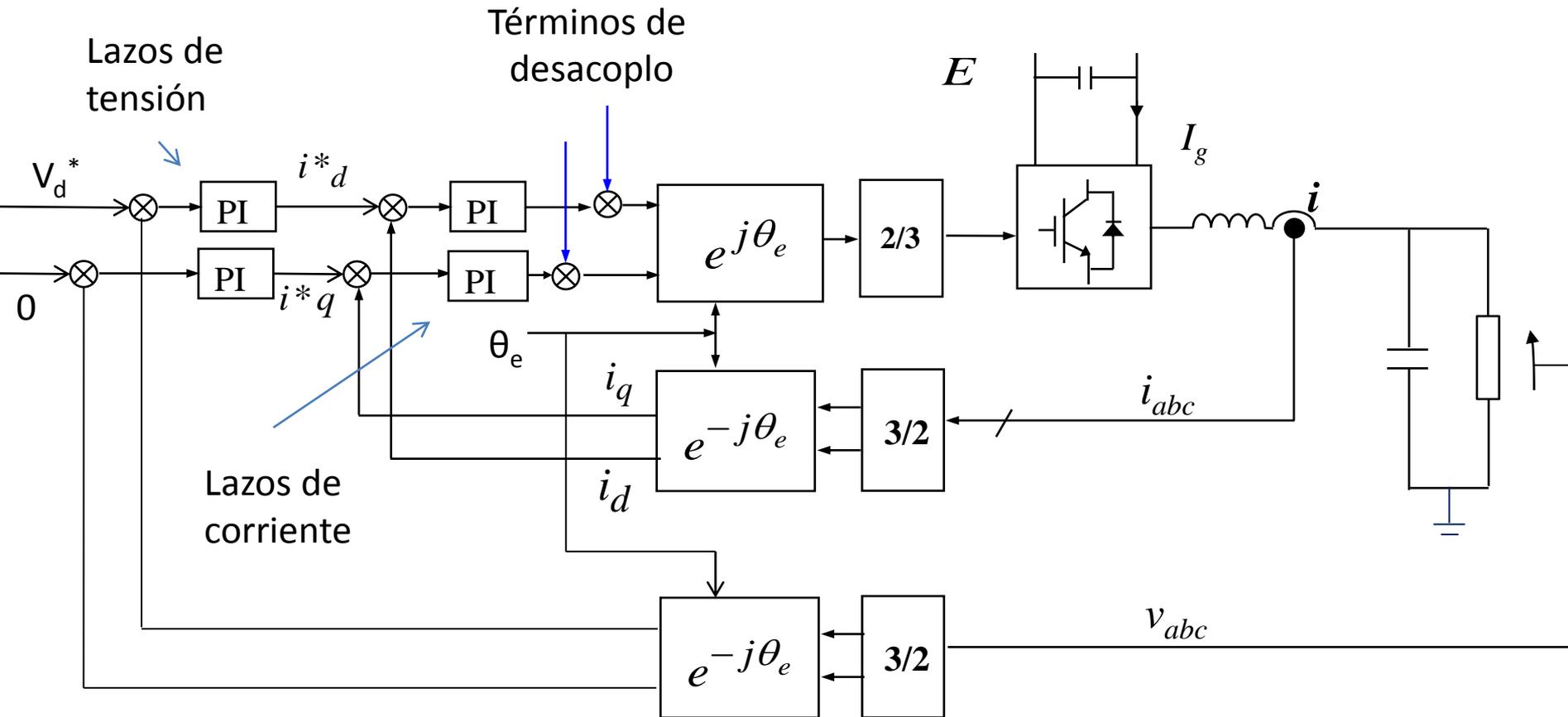
Se muestra un inversor de los que se encuentran conectados a la red



En un sistema como este cada inversor puede regular el voltaje en la carga utilizando sistemas de control bien conocidos.

(PI control o control resonante)

# Control de cada inversor



# Control Primario

- Lo que se muestra en la diapositiva anterior es el control primario. Cada inversor controla la tensión en su salida. En este caso la tensión de eje directo. La tensión en cuadratura es cero.
- El diseño corresponde a lo típico en sistemas de lazos anidados. El lazo interno es 10 veces más rápido que el externo.
- Típicos anchos de banda, 200Hz-1000Hz en el lazo interno y 20Hz-100Hz en el externo.
- Por supuesto que anchos de banda mayores (o menores) son posibles, pero dependen de la calidad de los transductores, frecuencia de switching, frecuencia de muestreo resolución y velocidad de los ADs, etc.

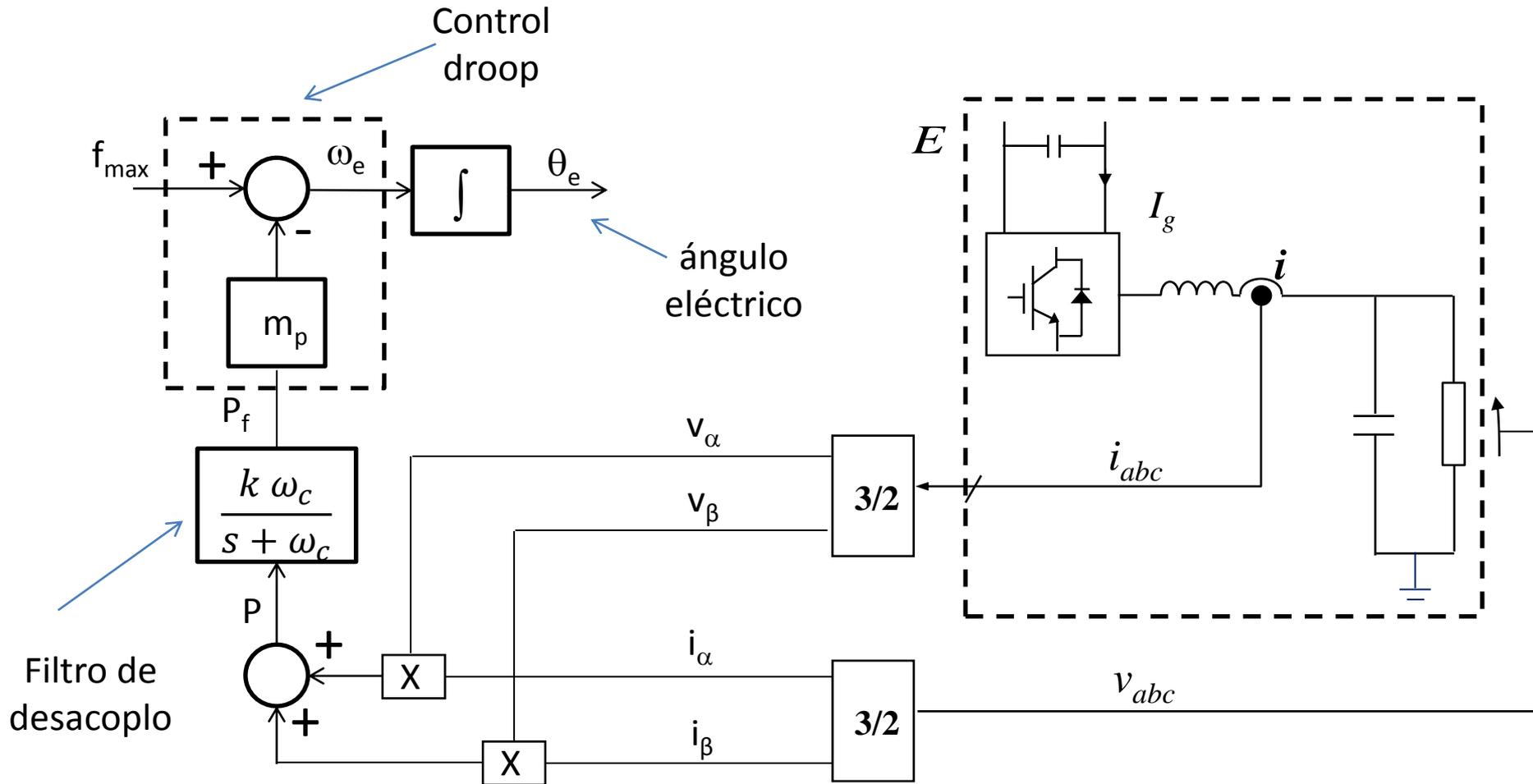
# Diseño de los controladores

- El diseño de los lazos de control se realiza utilizando lugar de la raíz o Bode.
- En el diseño se aplica la metodología clásica. El lazo interno tiene una ganancia de 1, al diseñar el lazo externo.

# Control Primario

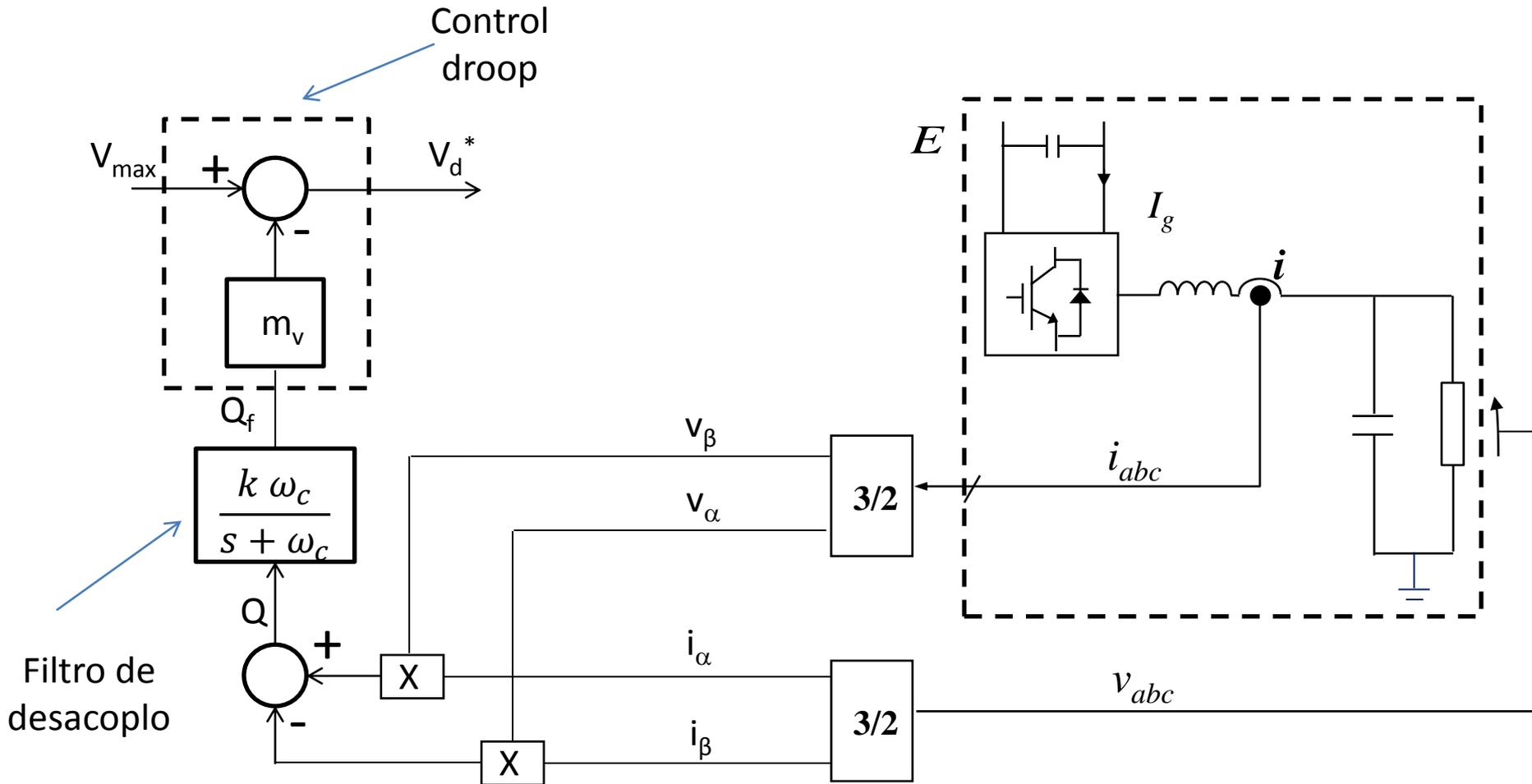
- ¿Como se obtienen el angulo  $\theta_e$  y el voltaje de referencia  $v_d^*$ ?
- Respuesta. Utilizando el control droop.

# Determinación del ángulo



$$P = k(v_\alpha i_\alpha + v_\beta i_\beta)$$

# Determinación del voltaje de referencia



$$Q = k(v_\beta i_\alpha - v_\alpha i_\beta)$$

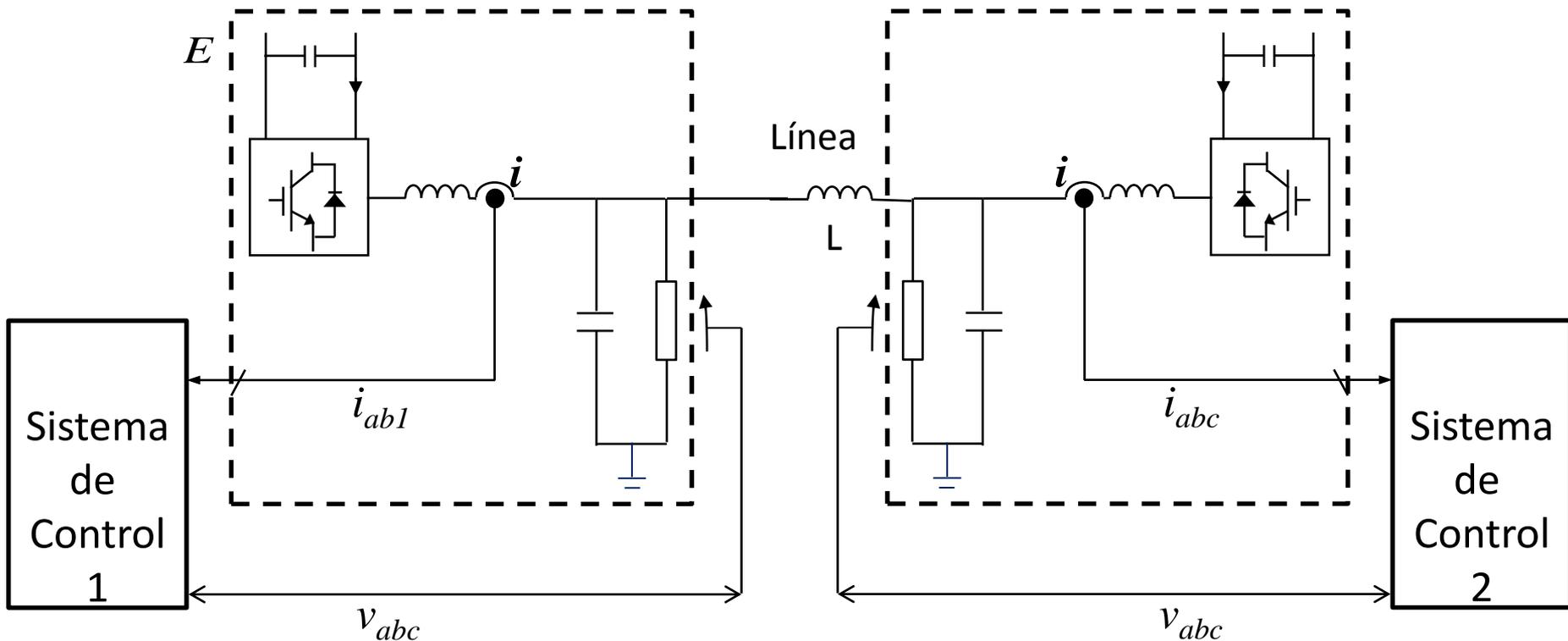
# Control Primario

- El filtro de desacoplo tiene como función evitar que el control droop interfiera con los sistemas de control de voltaje y corriente.
- El desacoplo se logra utilizando nuevamente la regla de diez (o algo similar). El ancho de banda del control droop es  $1/10$  del ancho de banda del control primario.
- Por lo tanto si el lazo externo de voltaje tiene un ancho de banda de 20Hz-100Hz, entonces el filtro del droop tiene una frecuencia de corte de 2Hz-10Hz.

# Control Secundario

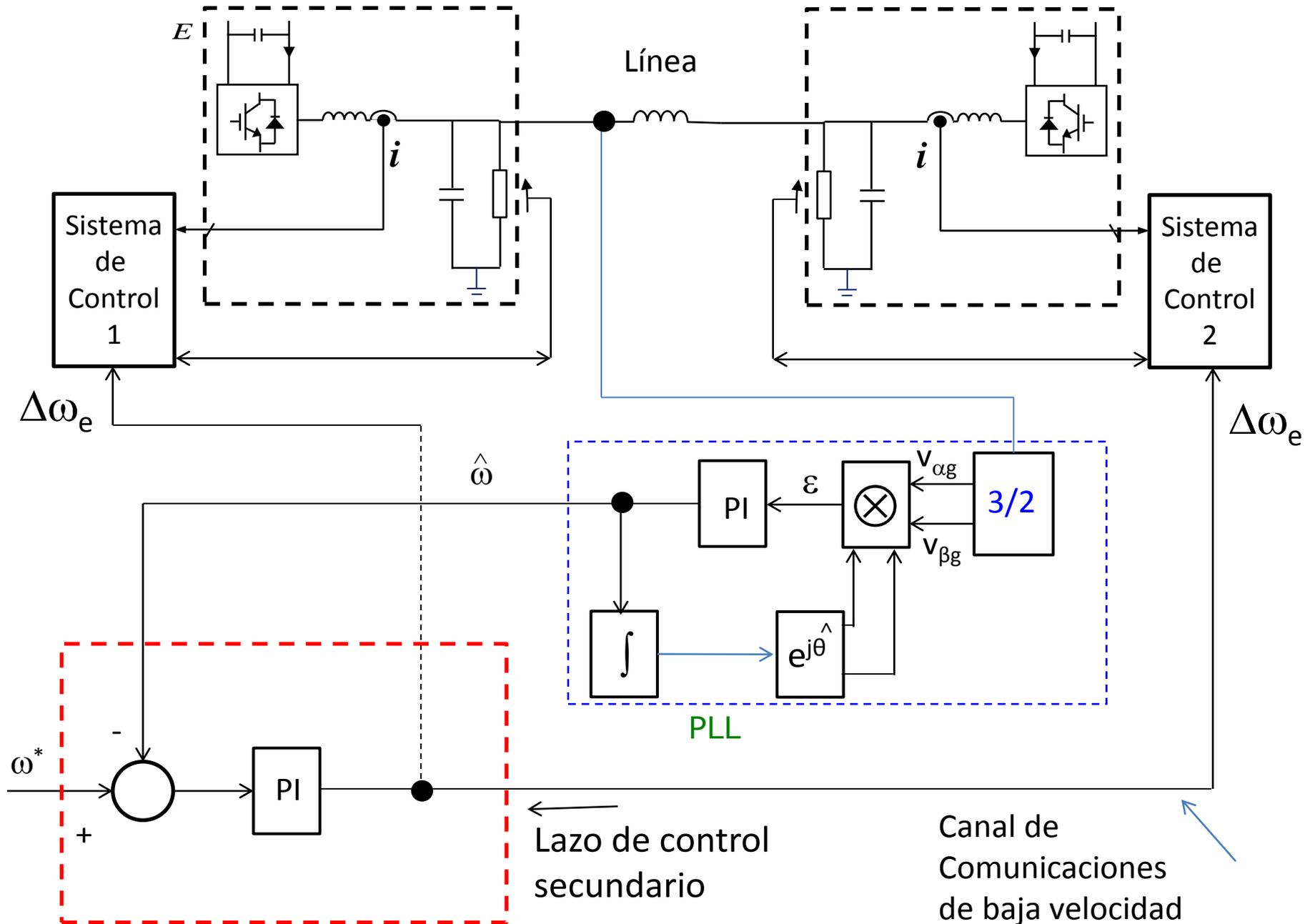
- Al utilizar el control droop la frecuencia total del sistema, en estado estacionario, no será necesariamente 50Hz.
- El voltaje en algún punto determinado del sistema también puede ser muy bajo.
- Se debe utilizar algún tipo de sistema de control que permita reestablecer el voltaje y la frecuencia a los valores nominales.

Se supone que existen  $n$  unidades en el sistema. Cada una con Control droop de voltaje y control droop de frecuencia. Solo dos se muestran

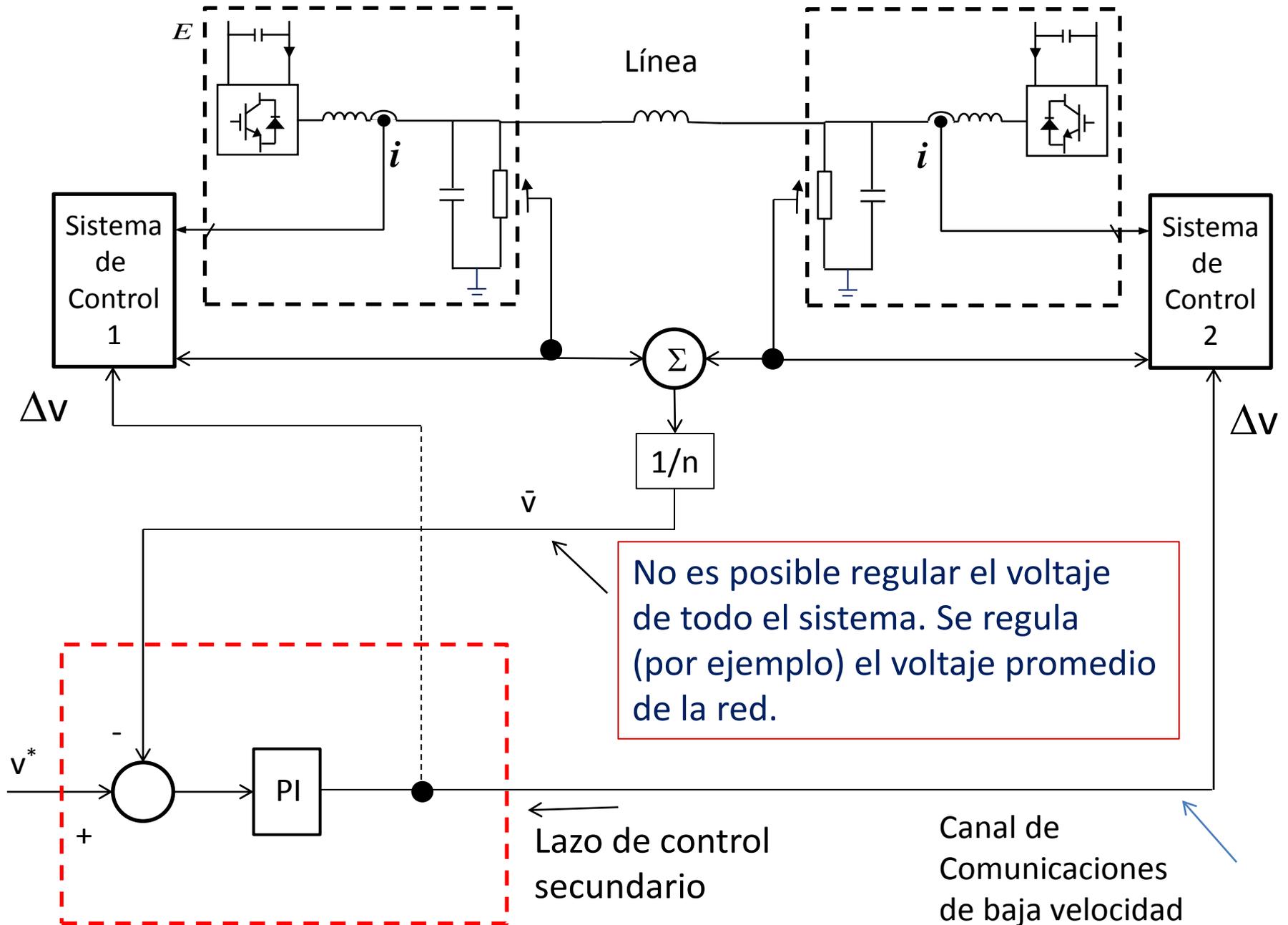


Después de una perturbación la frecuencia no será 50Hz

# Control Secundario de frecuencia



# Control Secundario de Voltaje



# Anchos de Banda de los Sistemas de control

- Debido a que existen muchos sistemas de control funcionando simultáneamente, se deben desacoplar estos para poder efectuar los diseños de los controladores.
- La forma mas común de desacoplar sistemas de control, es utilizando anchos de banda distintos. Esto ya se ha estudiado en cursos anteriores.

# Anchos de Banda de los Sistemas de control

Sistema de Control	Ancho de banda
Control primario de corriente	$\omega_n$
Control primario de voltaje	$\omega_n/10$
Control droop de frecuencia/Potencia activa	$\omega_n/100$
Control droop de voltaje/Potencia Reactiva	$\omega_n/100$
Control secundario de frecuencia	$\omega_n/1000$
Control secundario de voltaje	$\omega_n/1000$

Los controles secundario de voltaje y frecuencia normalmente tienen anchos de banda de menos de 1Hz.