

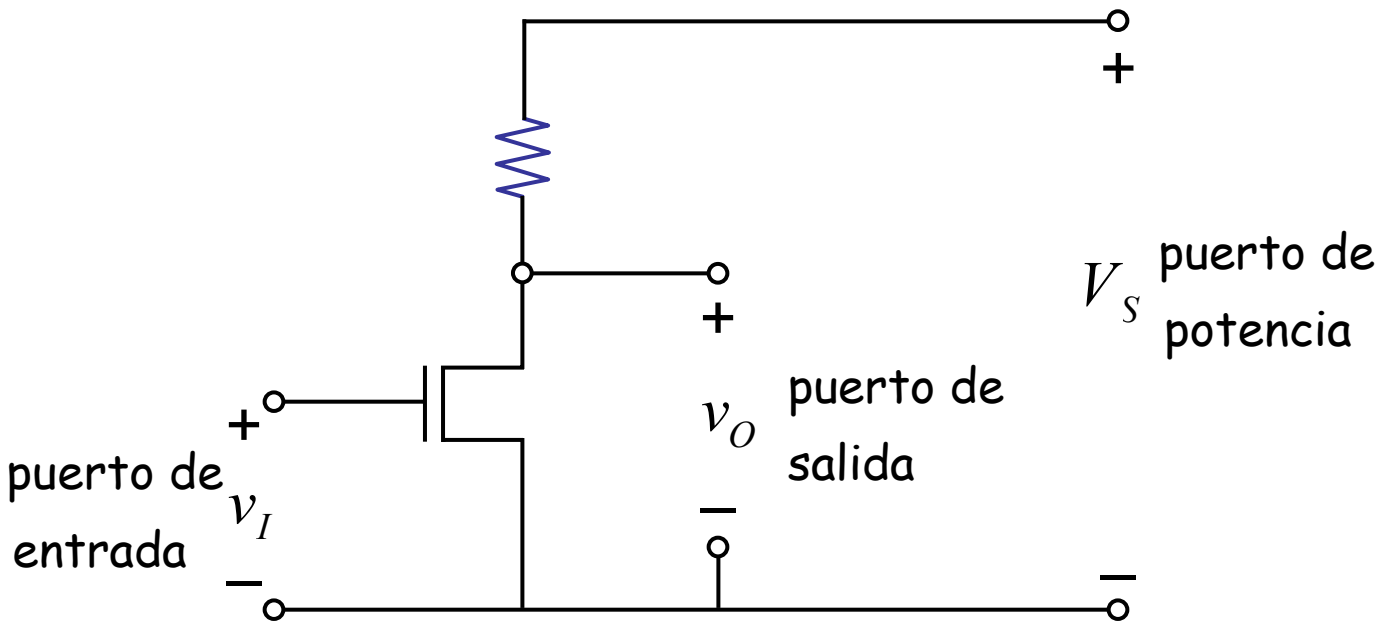
**6.002**

**CIRCUITOS y  
ELECTRÓNICA**

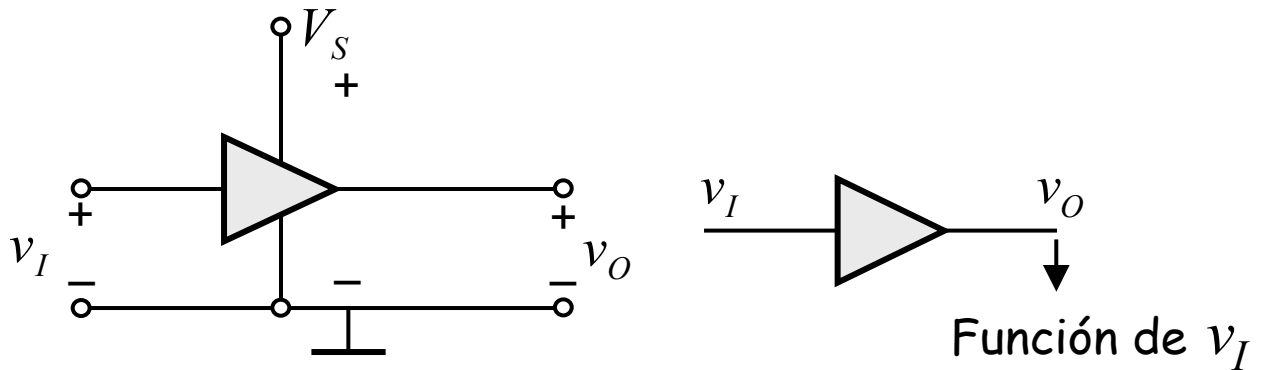
# La abstracción del amplificador operacional

# Repaso

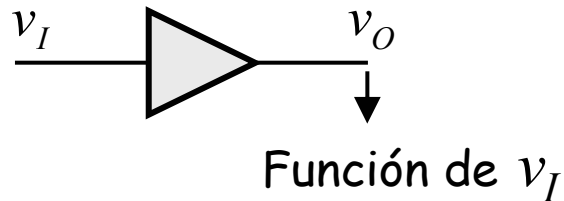
## ■ Amplificador MOSFET – 3 puertos



## ■ Abstracción del amplificador



# Repaso

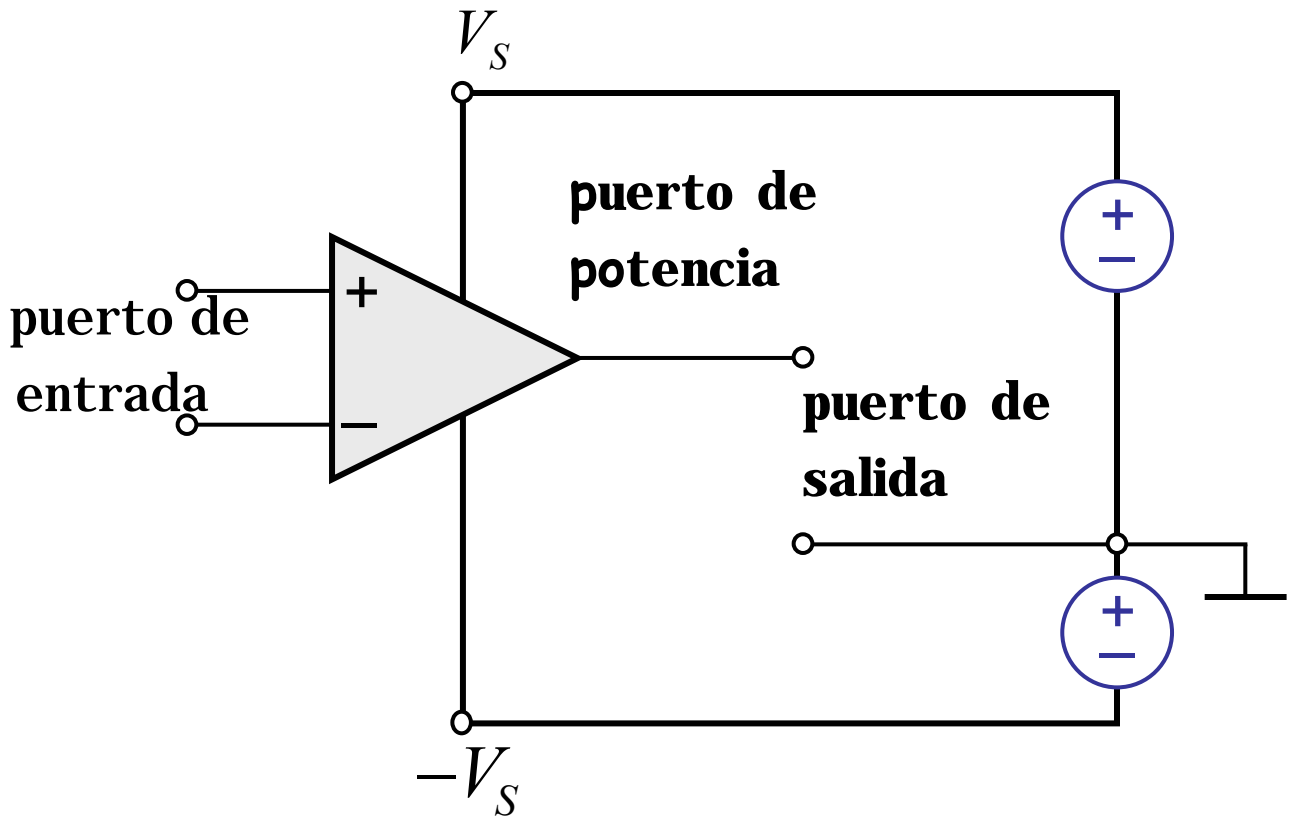


- Se puede utilizar como bloque de construcción abstracto para circuitos más complejos (por supuesto, hay que tener cuidado con la entrada y la salida).
- **Hoy**  
Introduzca una abstracción de amplificador de mayor potencia y utilícela para construir más circuitos complejos.

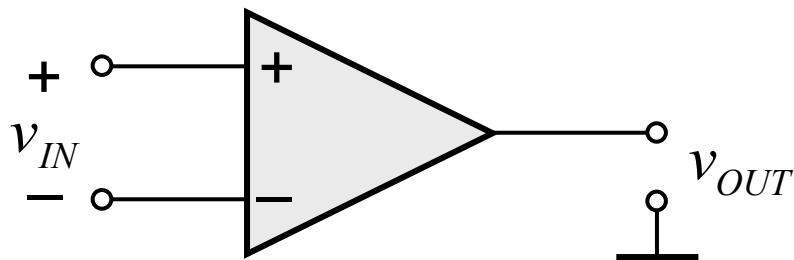
**Lectura:** capítulo 16 de A & L.

# Amplificador operacional

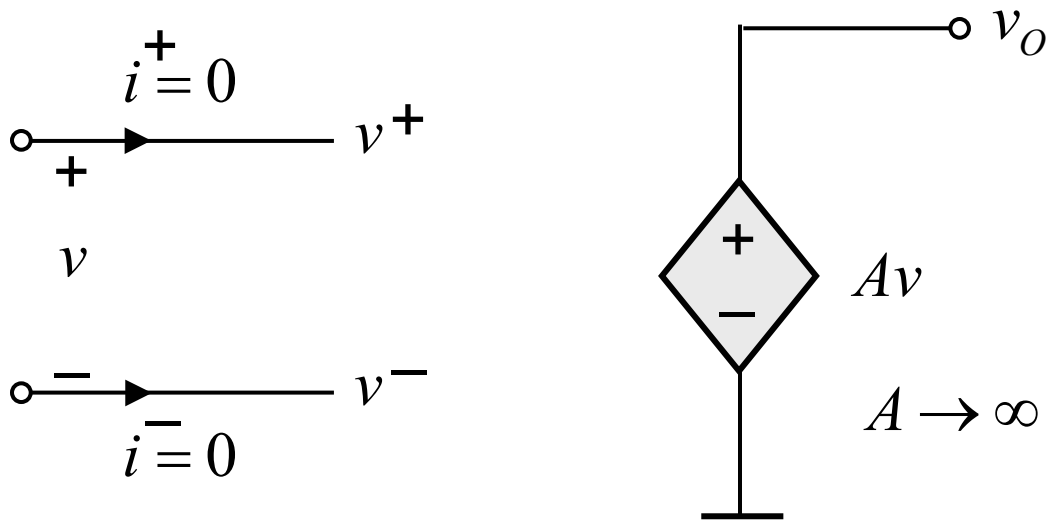
## Amp. Op.



Una representación más abstracta:

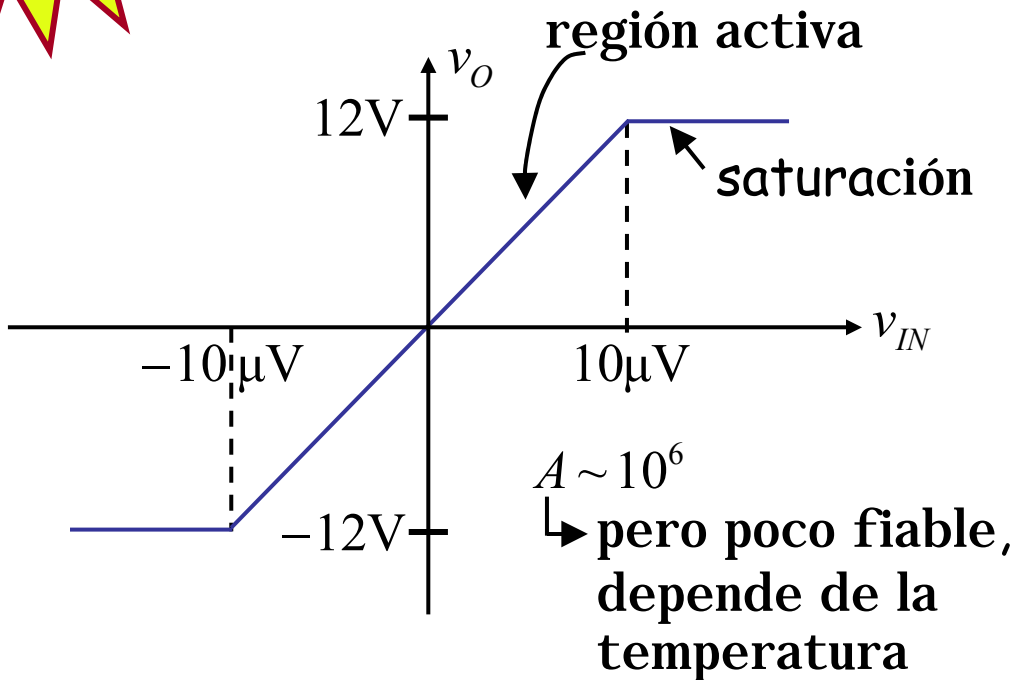
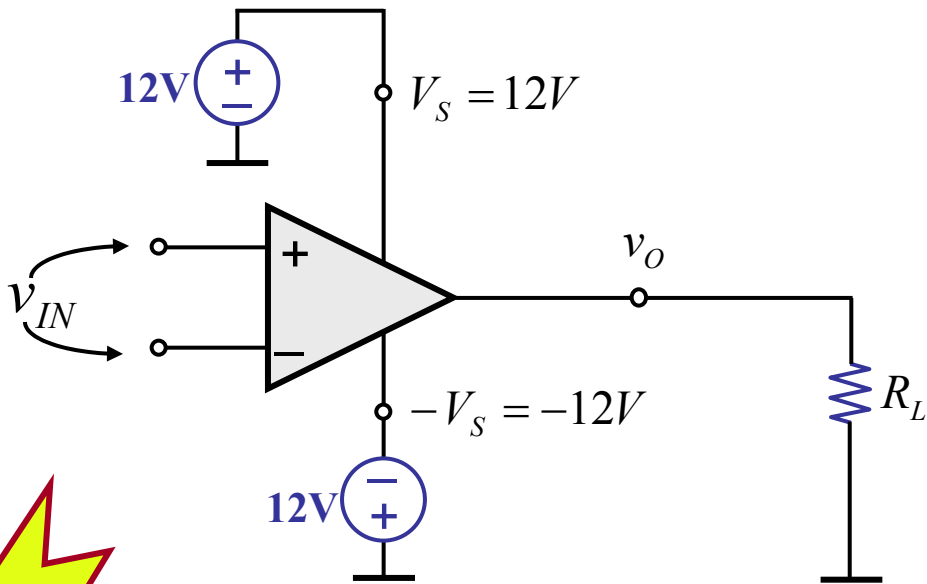


## Modelo de circuito (ideal):



- es decir:
- ◆ resistencia de entrada  $\infty$
  - ◆ resistencia de salida  $0$
  - ◆ "A" virtualmente  $\infty$
  - ◆ No hay saturación

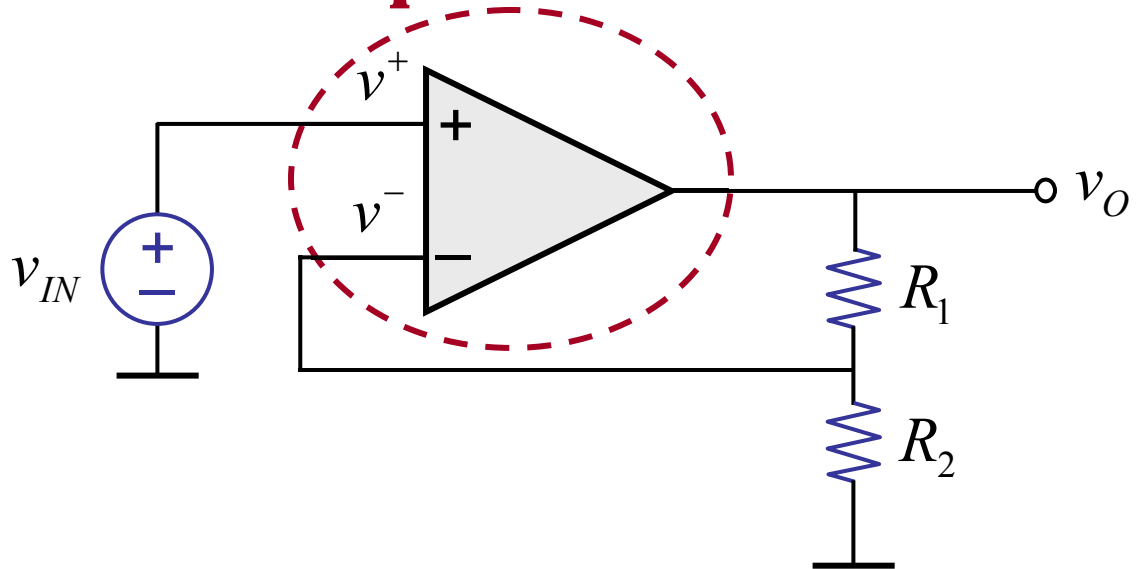
# Utilizándolo...



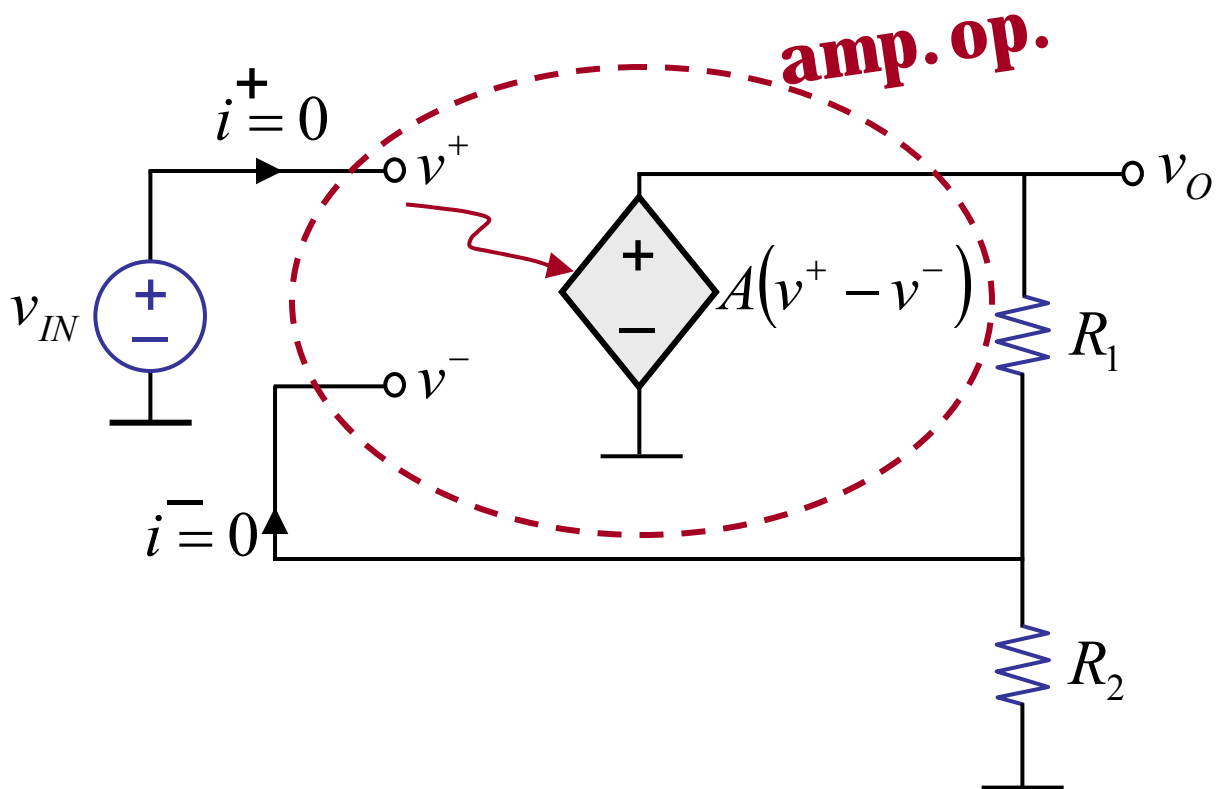
(Nota: posible confusión con la saturación del MOSFET)

# Construyamos un circuito...

## Circuito: amplificador no inversor



## Modelo de circuito equivalente



## Analizamos el circuito:

Halle  $v_o$  en términos de  $v_{IN}$ , etc.

$$\begin{aligned}v_o &= A(v^+ - v^-) \\ &= A\left(v_{IN} - v_o \frac{R_2}{R_1 + R_2}\right)\end{aligned}$$

$$v_o \left(1 + \frac{AR_2}{R_1 + R_2}\right) = Av_{IN}$$

$$v_o = \frac{Av_{IN}}{1 + \frac{AR_2}{R_1 + R_2}}$$

¿Qué sucede cuando "A" es muy grande?

# Veamos... cuando $A$ es grande...

$$v_O = \frac{Av_{IN}}{1 + \frac{AR_2}{R_1 + R_2}} \approx \frac{Av_{IN}}{\frac{AR_2}{R_1 + R_2}}$$

$$\approx v_{IN} \underbrace{\frac{(R_1 + R_2)}{R_2}}_{\text{ganancia}}$$

Suponga

$$A = 10^6$$

$$R_1 = 9R$$

$$R_2 = R$$

$$\begin{aligned} v_O &= \frac{10^6 \cdot v_{IN}}{1 + \frac{10^6 R}{9R + R}} \\ &= \frac{10^6 \cdot v_{IN}}{1 + 10^6 \cdot \frac{1}{10}} \end{aligned}$$

$$v_O \approx v_{IN} \cdot 10$$

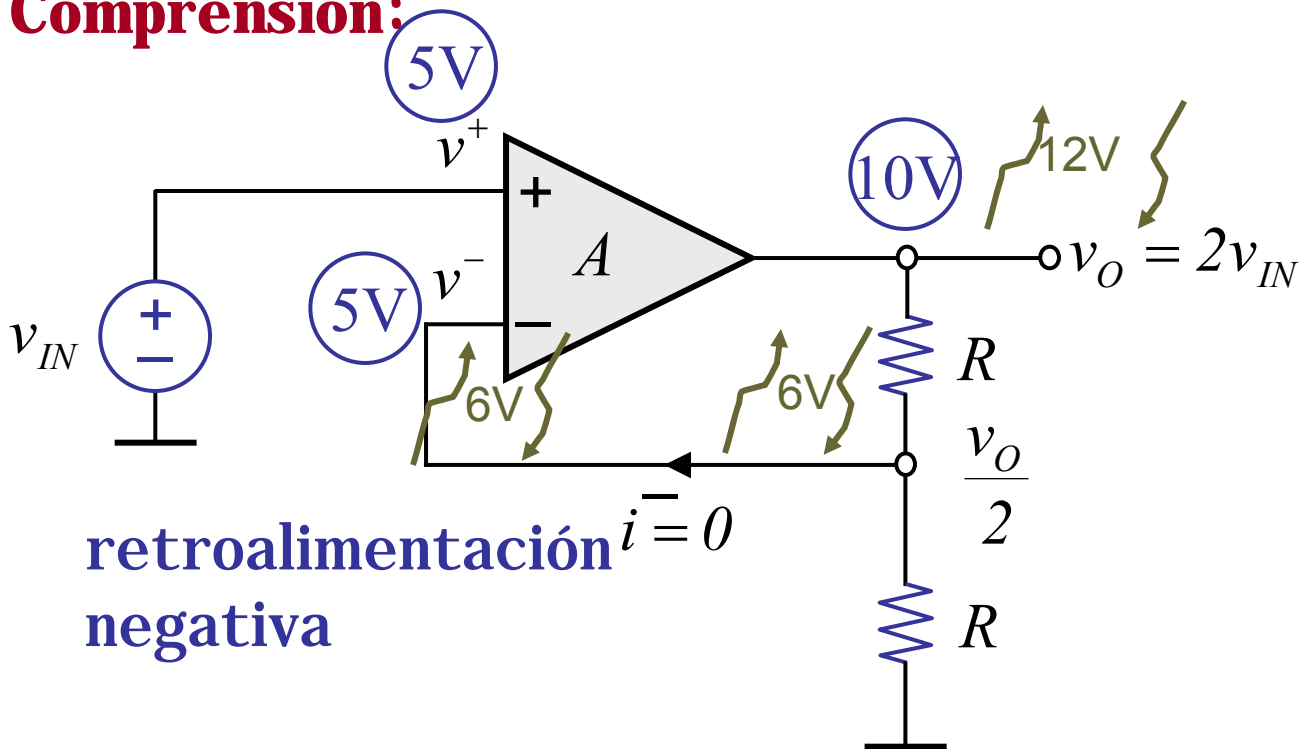


Ganancia:

- determinada por la relación de resistencia
- insensible a  $A$ , temperatura, variaciones favorables

# ¿Por qué ha sucedido esto?

Comprensión:



ej.  $v_{IN} = 5V$

Suponga que perturbamos el circuito...

(ej., fuerza  $v_O$  de algún modo en 12V, momentáneamente)

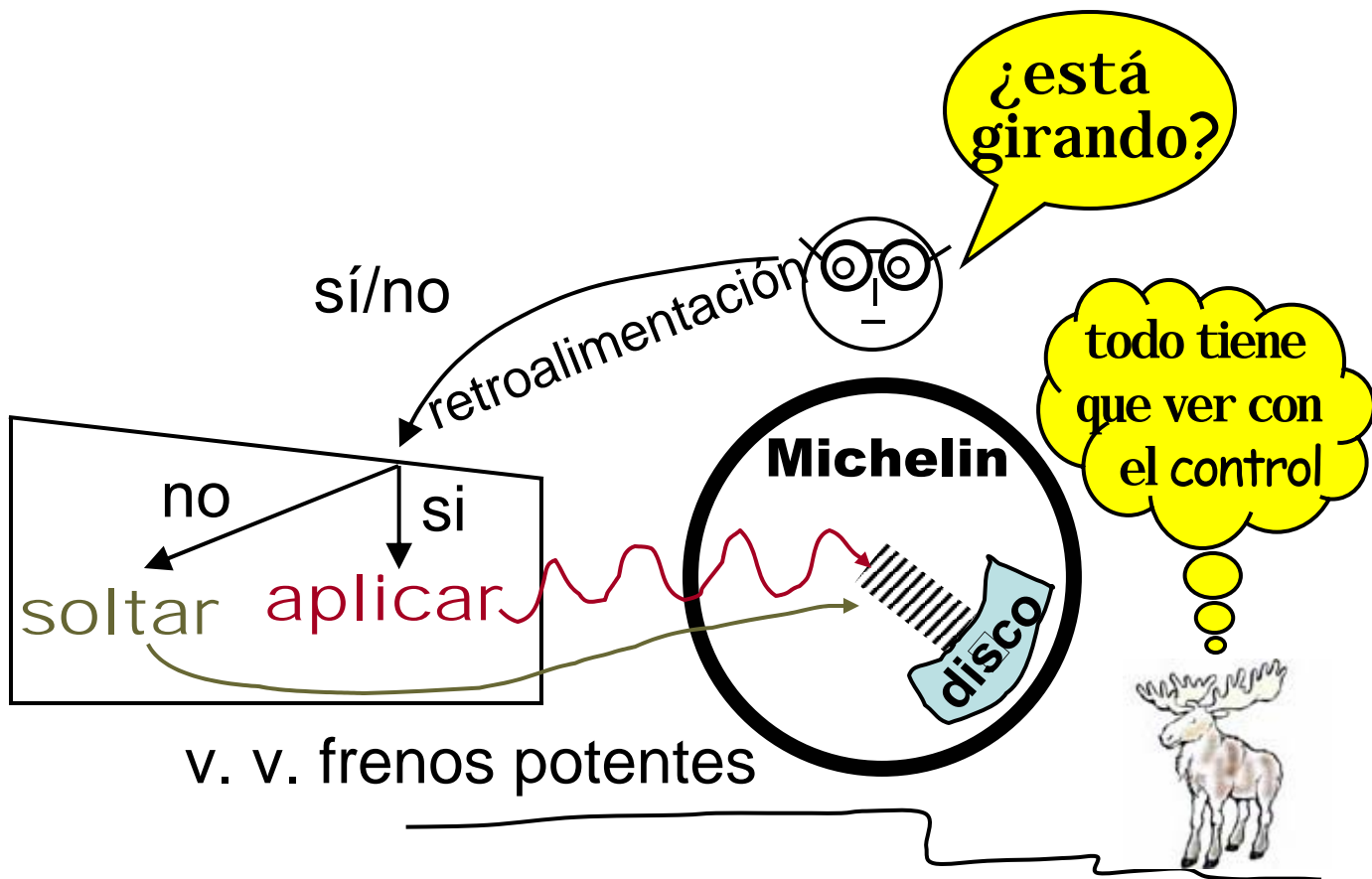
El punto estable se da cuando  $v^+ \approx v^-$ .

**Clave:** retroalimentación negativa  $\rightarrow$  parte de la salida alimentada a la entrada  $-ve$ .

ej. Frenos anti-bloqueo del coche  
 $\rightarrow$  correcciones pequeñas.

# Pregunta: ¿Cómo se controla un dispositivo muy excitable?

## Frenos antibloqueo



## Más percepciones sobre amp. op. :

Observe, bajo retroalimentación negativa:

$$v^+ - v^- = \frac{v_O}{A} = \frac{\left( \frac{R_1 + R_2}{R_1} \right) v_{IN}}{A} \rightarrow 0$$

$$v^+ \approx v^-$$

También sabemos que:

$$i^+ \approx 0$$

$$i^- \approx 0$$

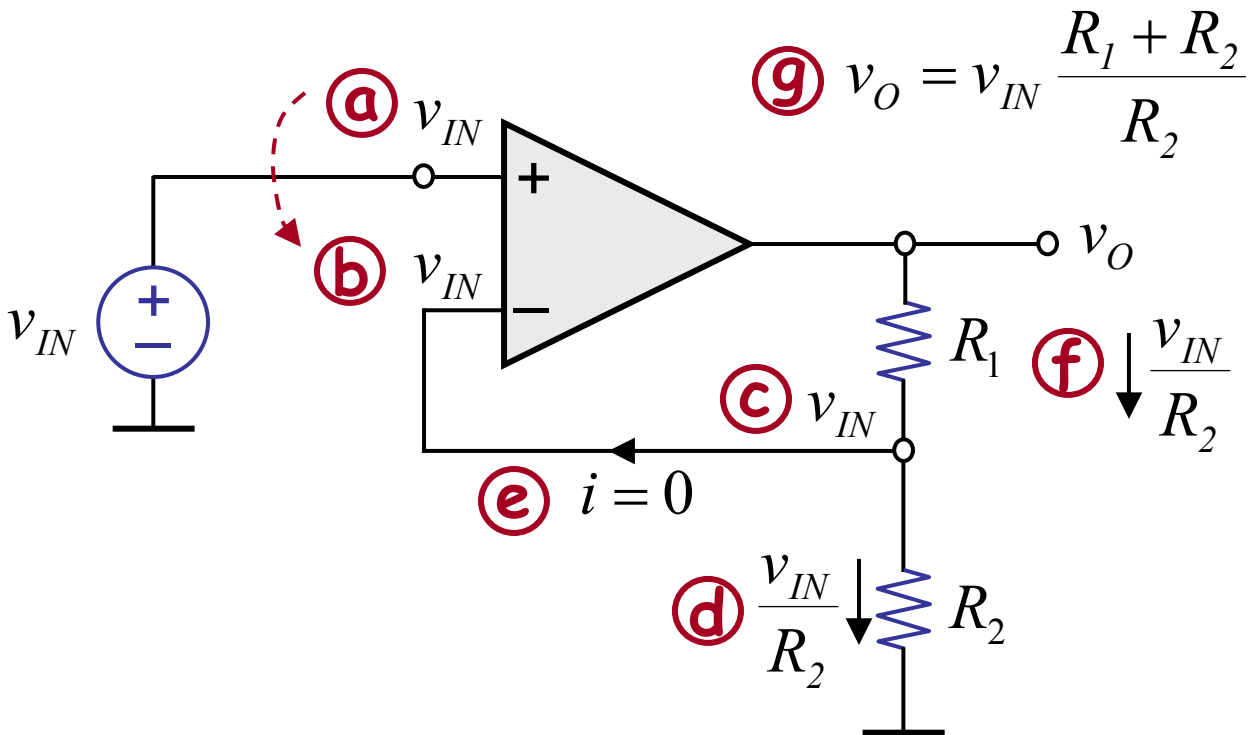
→ produce un método de análisis más sencillo (bajo retroalimentación negativa).

# Método de análisis perspicaz bajo retroalimentación negativa

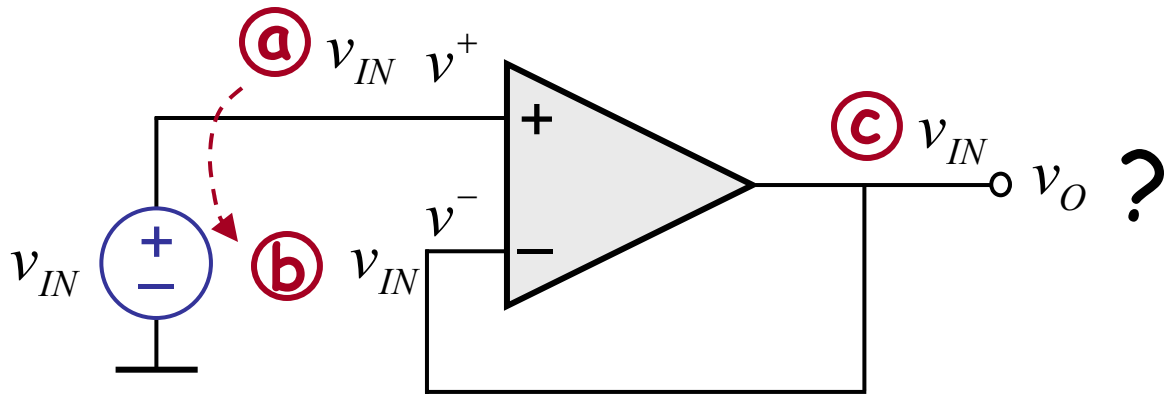
$$v^+ \approx v^-$$

$$i^+ \approx 0$$

$$i^- \approx 0$$



# Pregunta:



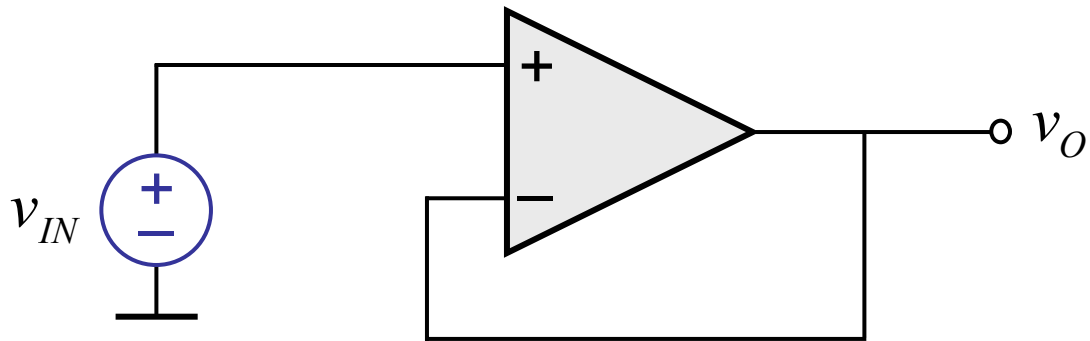
$$v_O \approx v_{IN}$$

$$\text{O, } v_O = v_{IN} \frac{R_1 + R_2}{R_2}$$

$$\text{con } R_1 = 0$$

$$R_2 = \infty$$

# ¿Por qué resulta útil este circuito?



$$v_O \approx v_{IN}$$

## Búfer

ganancia de tensión =  $1$

impedancia de entrada =  $\infty$

impedancia de salida =  $0$

ganancia de corriente =  $\infty$

ganancia de potencia =  $\infty$