



**LABORATORIO DE INSTRUMENTACIÓN I**

**Práctica 4**

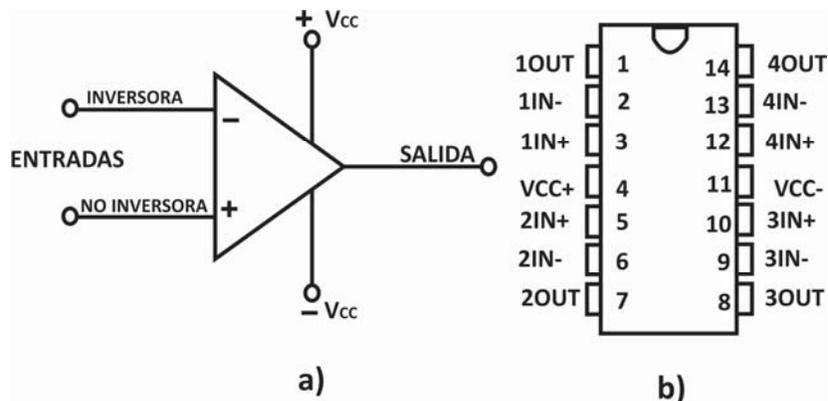
**El amplificador de instrumentación básico**

**Objetivo:**

El alumno comprenda y analice el funcionamiento del amplificador de instrumentación básico, así como sus ventajas y aplicaciones, implementando las diferentes etapas del amplificador y comparará los resultados obtenidos con un amplificador de instrumentación en circuito integrado.

*Lista de material:*

- 1 Generador de funciones
- 1 Osciloscopio
- 2 Juego Caimanes
- 1 TL084 o equivalente.
- 1 Amplificador de instrumentación AD620AN
- 7 Resistencias 10K $\Omega$
- 1 Multímetro
- 1 Fuente Simétrica 12v



**Figura 1 Amplificador Operacional a) Símbolo b) Encapsulado TL084**

## **Introducción**

Al trabajar con señales provenientes de un sensor, es recomendable acondicionarlas antes de realizar alguna acción de control o monitoreo. El acondicionamiento de una señal consiste en adecuar la amplitud, reducir o eliminar el ruido contenido en la señal principalmente.

El amplificador de instrumentación es el circuito electrónico empleado en aplicaciones de medición que involucren diferentes tensiones. Está formado por varios amplificadores operacionales y resistencias de precisión, que le proporcionan al circuito exactitud y precisión. En la actualidad existen numerosos encapsulados que cumplen esta función. Quizá el único inconveniente sea su precio. Es utilizado como dispositivo de medición debido a su alta impedancia de entrada, su ganancia fácilmente calibrable y su elevada CMRR lo hacen ideal para acondicionar y medir voltajes pequeños con gran exactitud y alto rechazo al ruido. Una de las aplicaciones más comunes es en termopares, sensores diferenciales de presión e instrumentación biomédica.

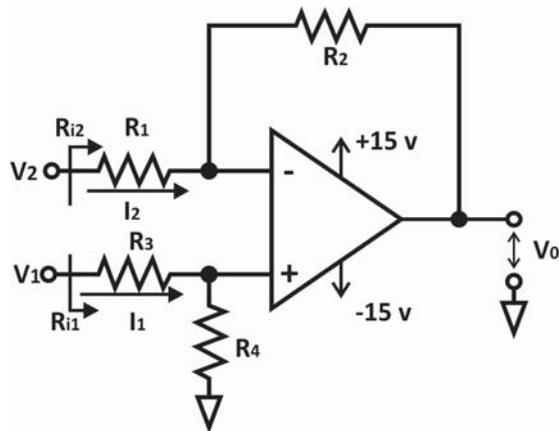
Las principales razones para utilizar el Amplificador de Instrumentación son:

1. La alta impedancia de entrada
2. Para amplificar solamente se requiere variar un resistor (evitando desbalance en la señal diferencial)
3. Mayor precisión

## **Desarrollo**

En esta sección se darán a conocer las diferencias o similitudes que el amplificador de instrumentación tiene con el amplificador diferencial.

La construcción del Amplificador de Instrumentación se puede construir a partir de un amplificador diferencial mejorado.



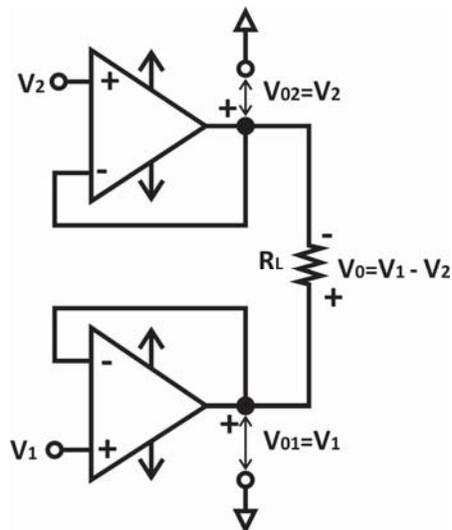
**Figura 2 Amplificador Diferencial o Restador**

Una Desventajas del amplificador diferencial (Restador) es que presenta una impedancia finita (El paralelo de  $R_{i2}$  si  $V_{i1}=0$  y  $R_3+R_4$  si  $V_{i2}=0$ ). La otra desventaja de la configuración es el mal ajuste de la ganancia por no satisfacer la condición de simetría o balanceo entre las resistencias, si se quiere otro valor de ganancia hay que modificar el cociente de resistencias, y generando un comportamiento diferencial no ideal.

Las dos desventajas mencionadas hacen que el circuito sólo se pueda emplear para montajes fijos. Es decir, ganancia fija y resistencia de entrada diferencial fija. No sería útil para un osciloscopio, ya que se necesitará cambiar la ganancia (V/div) y la resistencia de entrada diferencial.

### *Mejorando el Amplificador diferencial*

Aumentando la impedancia de entrada mediante seguidores de voltaje



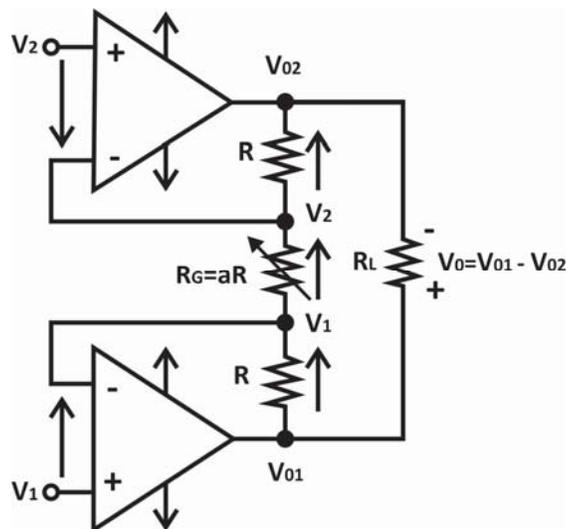
**Figura 3 Circuito Aislador**

Hay que observar en el circuito de la **Figura 3** que la salida es diferencial flotante (ningún extremo de la resistencia de carga está conectado a tierra); en contra de lo que sucedía con la salida referida a tierra del amplificador diferencial básico.

La salida diferencial que se consigue es en realidad una entrada diferencial a la etapa de ganancia variable, que se verá a continuación.

#### *Amplificador de ganancia variable*

El circuito de la **Figura 4** se consigue añadiendo tres resistencias al amplificador aislador de la **Figura 3**. Resulta un aislador con entrada y salida diferenciales, y con ganancia ajustable. Veamos el montaje, que mantiene la elevada resistencia de entrada con los dos seguidores de tensión.



**Figura 4 Amplificador de Ganancia Ajustable y Alta Impedancia**

Al tener retroalimentación negativa los dos operacionales de la entrada, se puede considerar un corto circuito entre la entrada inversora y no inversora. Por tanto, la corriente por la  $R_{gain}$  será;

$$I_{gain} = (V_2 - V_1) \left( \frac{1}{R_G} \right)$$

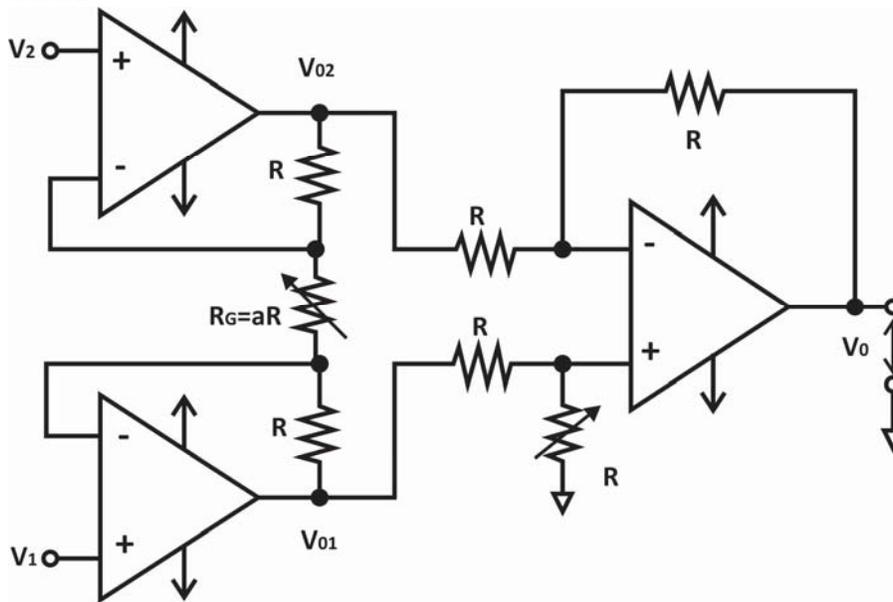
Y debido a la alta impedancia a la entrada de cada OPAM, esta corriente será la que atraviesa las resistencias  $R_1$  y el voltaje en toda la rama formada por  $R_{gain}$ ,  $R_1$  y  $R_1$ .

$$V_o = \frac{V_2 - V_1}{R_G} (R_G + 2R_1) = (V_2 - V_1) \left( \frac{R_G}{R_G} + \frac{2R_1}{R_G} \right)$$

Haciendo  $R_G = aR$  llegamos finalmente a la expresión.

$$V_o = (V_2 - V_1) \left( 1 + \frac{2}{a} \right)$$

Y Entonces agregando un amplificador diferencial, obtenemos el amplificador de instrumentación.



**Figura 5 Amplificador de Instrumentación**

Implemente el amplificador de instrumentación utilizando amplificadores operaciones como se muestra en la **Figura 5**.

1.- Utilizando todos los resistores de  $10k\Omega$

- Con entrada sinusoidal de 3Vpp a 5khz (en modo diferencial)
- Con entrada sinusoidal de 3Vpp a 5khz (en modo común)
- Repita los experimentos con el valor de  $a=10$ ,  $a=0.5$  y  $a=2$
- Determinar el valor necesario de  $R_G$  para tener ganancia unitaria.

2.- Utilizar el amplificador de instrumentación en circuito integrado AD620AN. Un amplificador de instrumentación es un dispositivo creado a partir de amplificadores operacionales. Está diseñado para tener una alta impedancia de entrada y un alto rechazo al modo común (CMRR). Se puede construir a base de componentes discretos o se puede encontrar encapsulado.

### Características:

- Rango de ganancia entre 1 y 10000, configurable con un solo resistor externo.
- Consumo de corriente en reposo: 1.3 mA max.
- Bajo drift del voltaje offset: 0.6  $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$  max.
- Bajo voltaje de offset: 125  $\mu\text{V}$  max
- Bajo ruido: 13 nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$ .
- Baja corriente de polarización de entrada: 2 nA max.
- Alta impedancia de entrada: 10 G $\Omega$ .
- Ancho de banda: 120 kHz (G=100).
- Amplio voltaje de alimentación:  $\pm 2.3$  V a  $\pm 18$  V.
- Encapsulado: DIP de 8 pines.

### Aplicaciones:

- Medición de peso.
- ECG e instrumentación médica.
- Interfaces de transductores.
- Sistemas de adquisición de datos.
- Controles en procesos industriales.
- Equipos portables y operados a baterías.
- Entre otros.

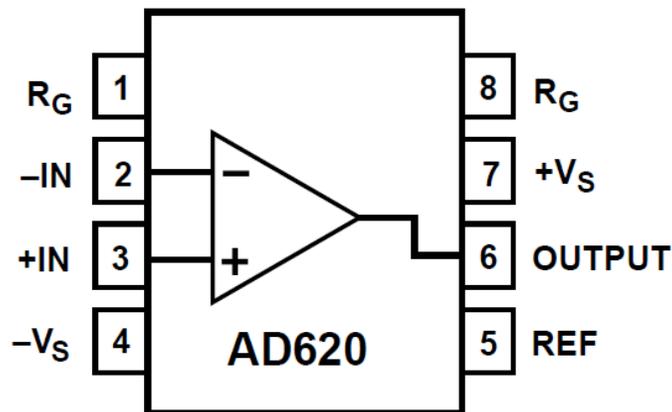


Figura 8 Diagrama de conexiones del amplificador de instrumentación AD620.

La ganancia del amplificador de instrumentación AD620 es programada de forma exacta mediante una sola resistencia externa.

La ecuación para la ganancia es

$$G = \frac{49.4 \text{ k}\Omega}{R_G} + 1 \quad (1)$$

Entonces

$$R_G = \frac{49.4 k\Omega}{G-1} \quad (2)$$

Con la ecuación (2) calcular el valor de  $R_G$  necesario para tener ganancias de  $G = 2$ ,  $G = 10$  y  $G = 100$ , colocar la resistencia obtenida y realizar las mediciones, comparar los resultados obtenidos con los valores calculados.

3.- Realizar la obtención de la CMRR del circuito amplificador de instrumentación de la **Figura 5** (para ganancia unitaria) y del AD620 (para ganancia  $G = 100$ ) como como se hizo en la práctica anterior (práctica 3) y reportar la diferencia entre los valores obtenidos.

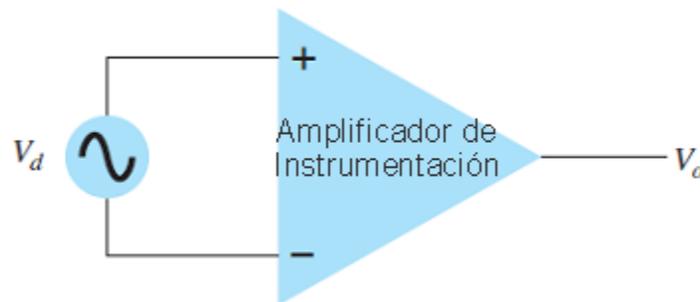
El valor de la CMRR se define mediante la ecuación:

$$CMRR = \frac{A_d}{A_c}$$

O también se puede expresar en términos logarítmicos como

$$CMRR(dB) = 20 \log_{10} \left( \frac{A_d}{A_c} \right)$$

Donde  $A_d$  y  $A_c$  son las ganancias en modo diferencial y en modo común, respectivamente. La ganancia en modo diferencial se obtiene mediante la siguiente conexión del amplificador en modo diferencial.



**Figura 9 Conexión en modo diferencial del amplificador de Instrumentación.**

Midiendo el voltaje de salida y utilizando la ecuación

$$A_d = \frac{V_o}{V_d}$$

Para la ganancia en modo común se utiliza la siguiente configuración.

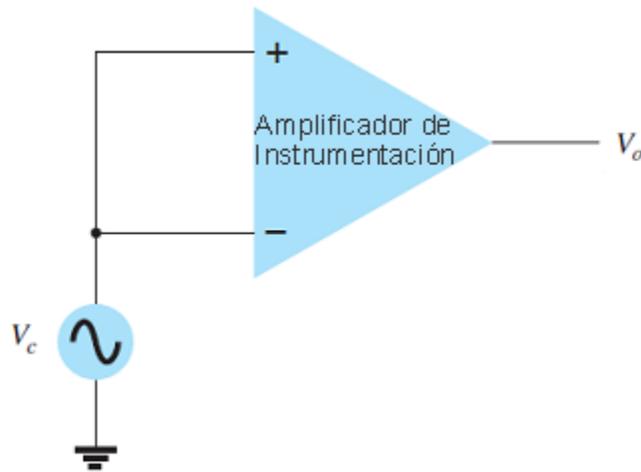


Figura 10 Conexión en modo común del amplificador de Instrumentación.

Midiendo el voltaje de salida y utilizando la ecuación

$$A_c = \frac{V_o}{V_c}$$

### Reportar.

- Explique con sus propias palabras como se transforma un amplificador diferencial en un amplificador de instrumentación
- Simulaciones del circuito de la **Figura 5**:
  - Con todas las resistencias de  $10k\Omega$
- Compare los resultados obtenidos con la simulación.
- Compare los valores de CMRR de los dos amplificadores de instrumentación.
- Conclusiones y observaciones de forma individual.