



Universidad Nacional  
de Entre Ríos

# INTRODUCCIÓN AL REGISTRO DE BIOPOTENCIALES

MG. BIOINGENIERO EDUARDO FILOMENA  
EFILOMENA@INGENIERIA.UNER.EDU.AR  
U.N.E.R.



# OBJETIVO:

COMPRENDER LAS PARTICULARIDADES QUE PRESENTA LA INSTRUMENTACIÓN DE AMPLIFICADORES PARA REGISTRO DE BIOPOTENCIALES.

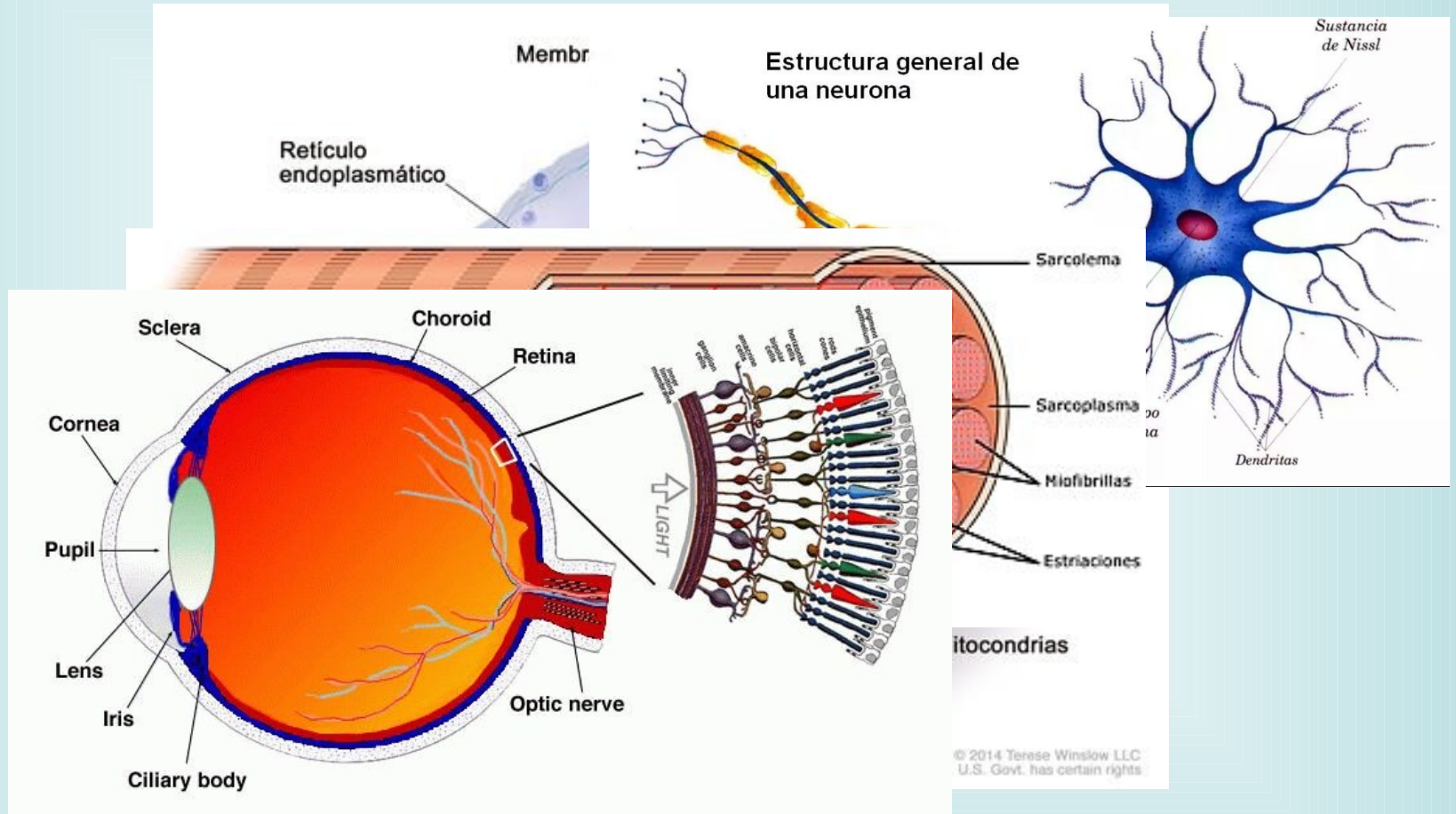
# TEMARIO

- BIOPOTENCIALES (ORÍGENES, EJEMPLOS Y CARACTERÍSTICAS)
- ELECTRODOS (TIPOS, PROBLEMAS PARA EL REGISTRO)
- MODELO DE ELECTRODO.
- MODELO DE INTERFERENCIA DE RED.
- SOLUCIONES Y ALTERNATIVAS DE DISEÑO.
- FUENTES DE ALIMENTACIÓN Y AISLACIÓN DE SEÑALES
- OTROS BIOPOTENCIALES Y REGISTROS

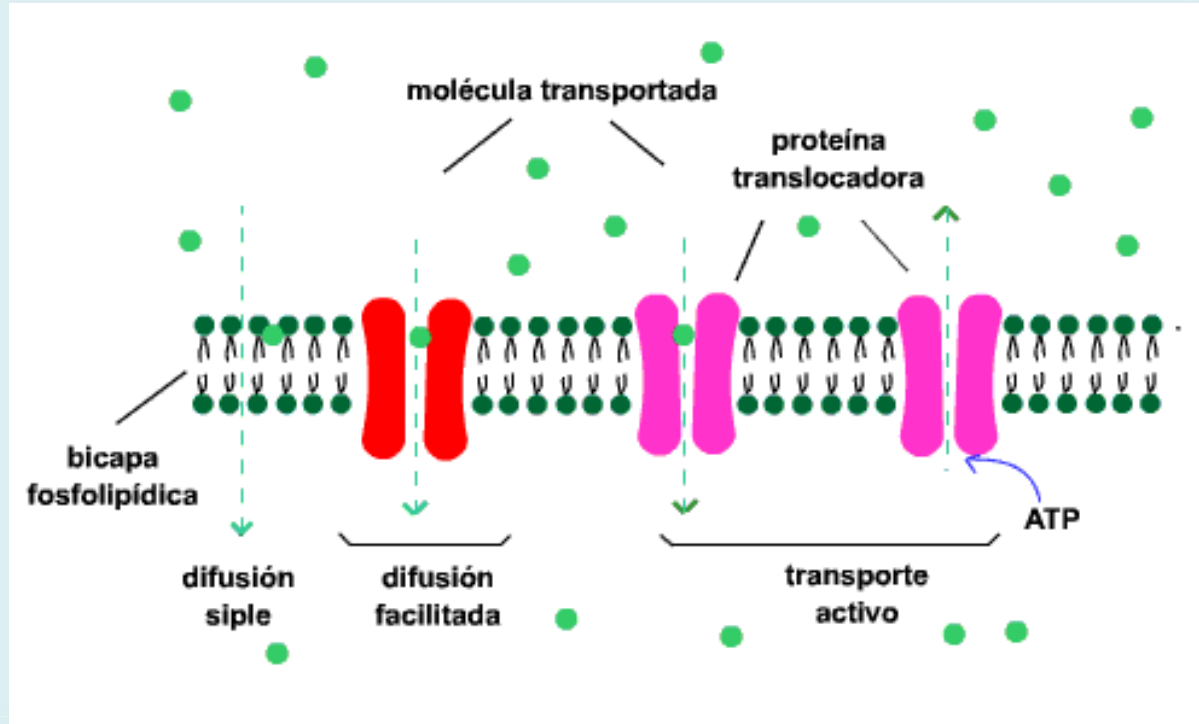
# BIOPOTENCIALES

- ORÍGENES.

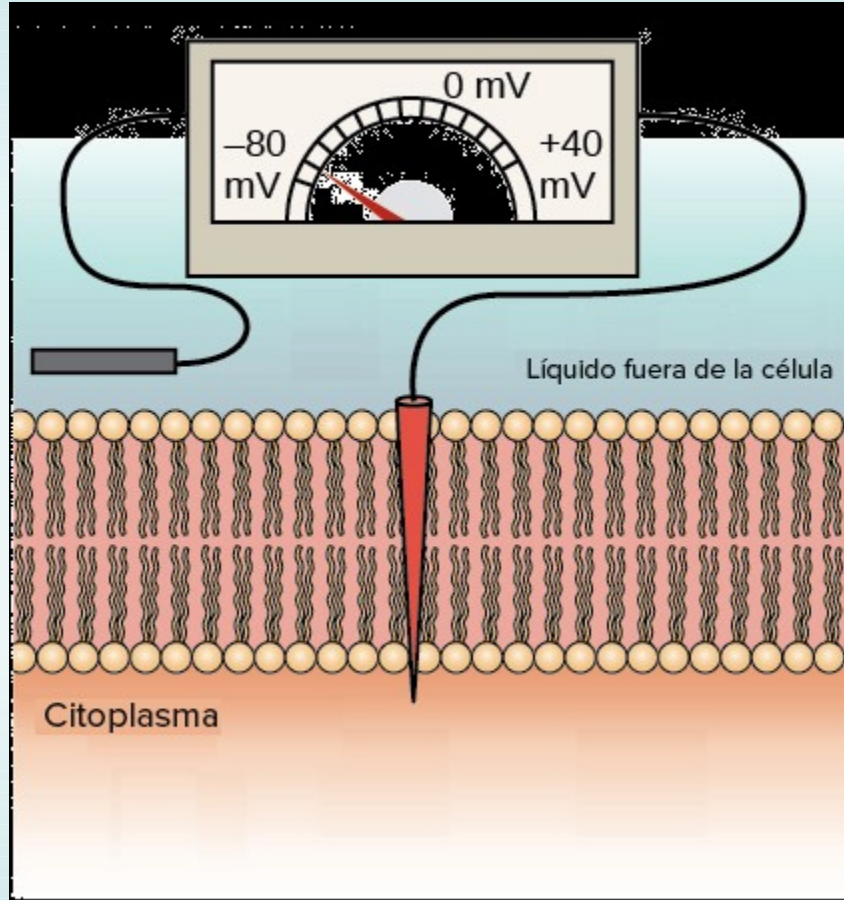
# CÉLULAS EXCITABLES



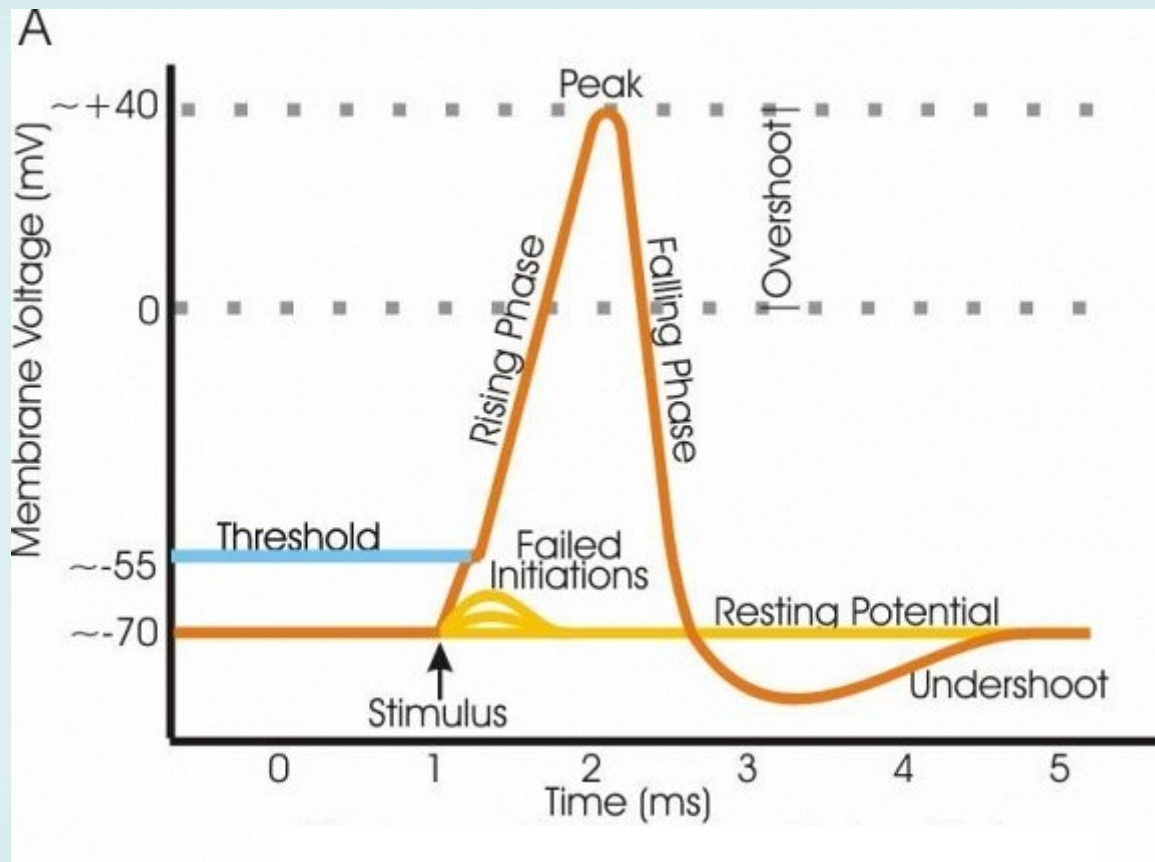
# MEMBRANA CELULAR



# MEMBRANA CELULAR



# MEMBRANA CELULAR



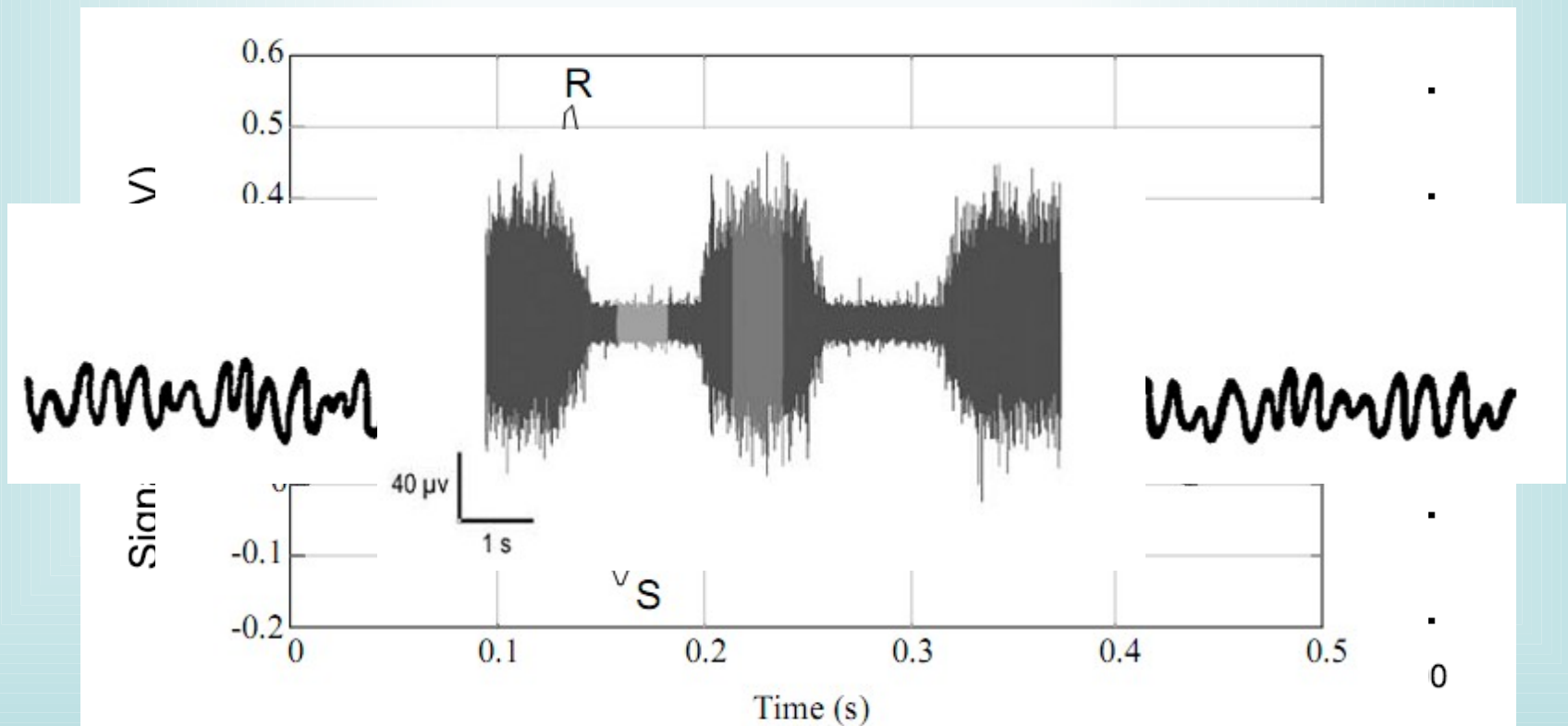


VIDEO:

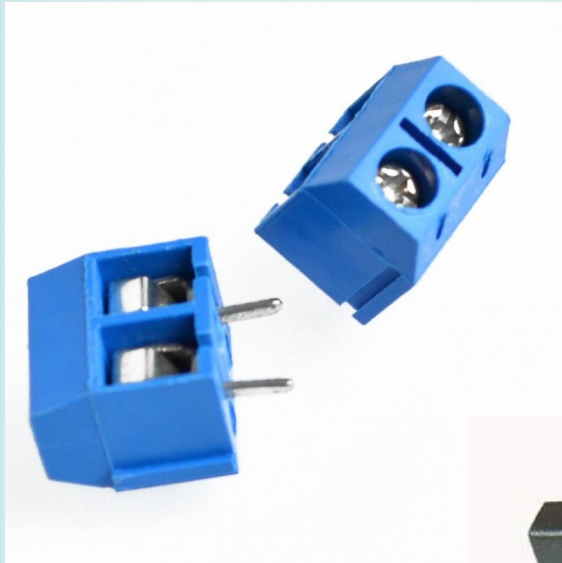
EL IMPULSO NERVIOSO. POTENCIAL DE ACCIÓN Y SU PROPAGACIÓN

# BIOPOTENCIALES

- ORÍGENES.
- EJEMPLOS.
- CARACTERÍSTICAS.

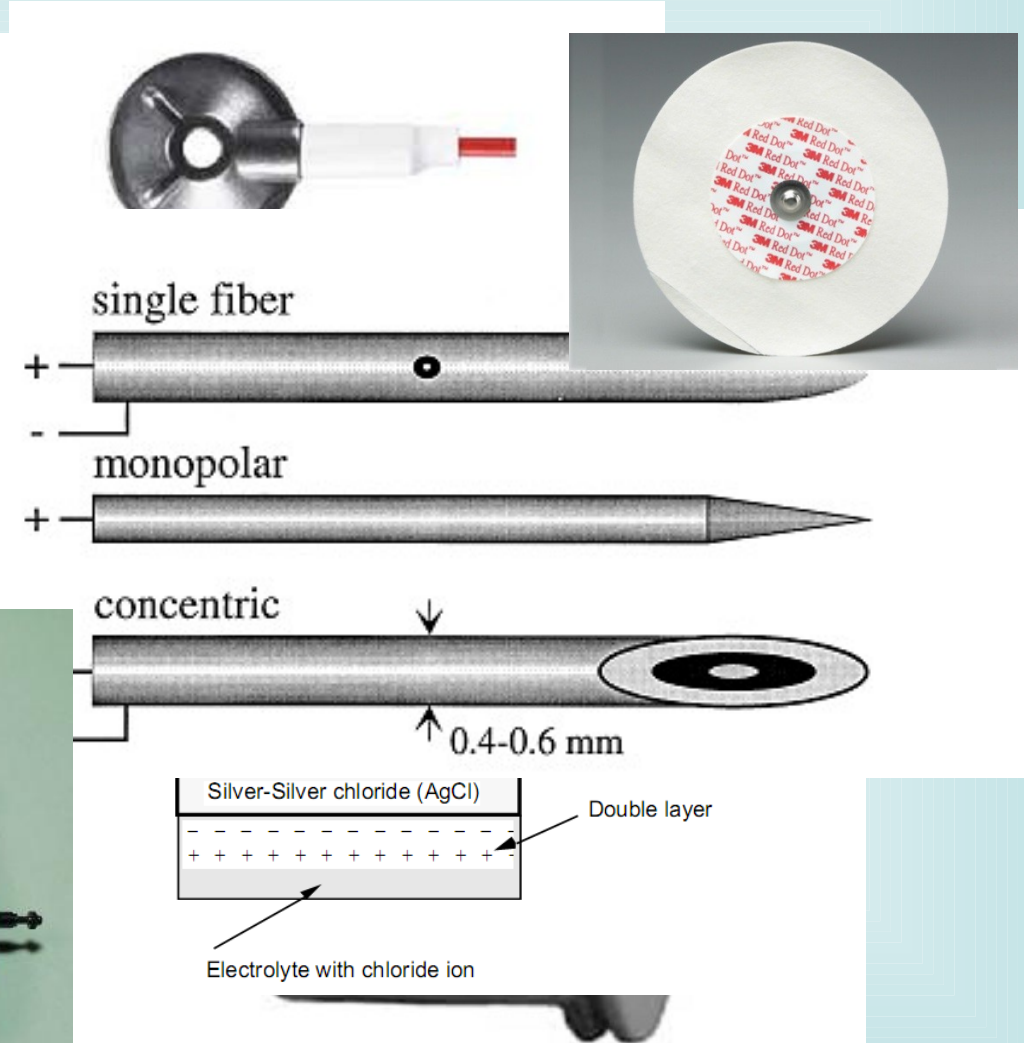


# NECESIDAD DE ELECTRODOS!!!

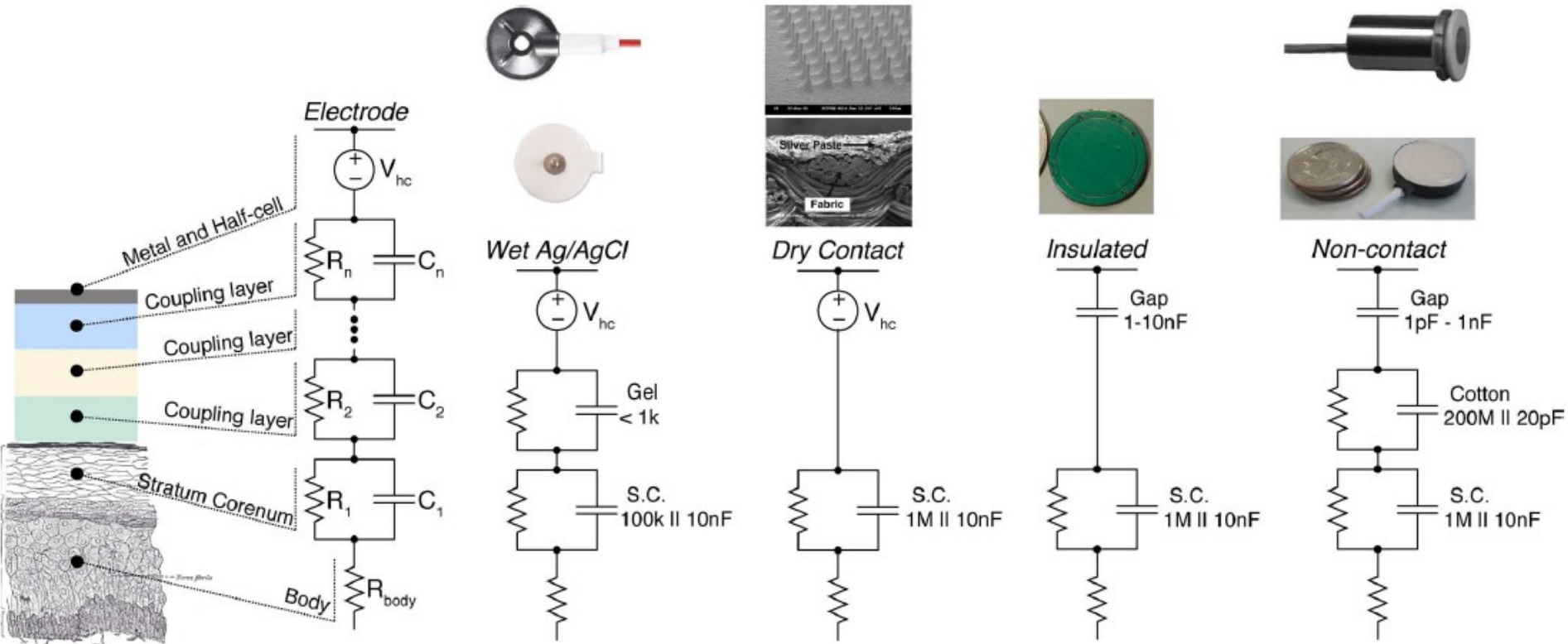


# TIPOS DE ELECTRODOS:

- DE AGUJA.
- CAPACITIVOS.
- TIPO “HÚMEDOS”



# TIPOS DE ELECTRODOS:

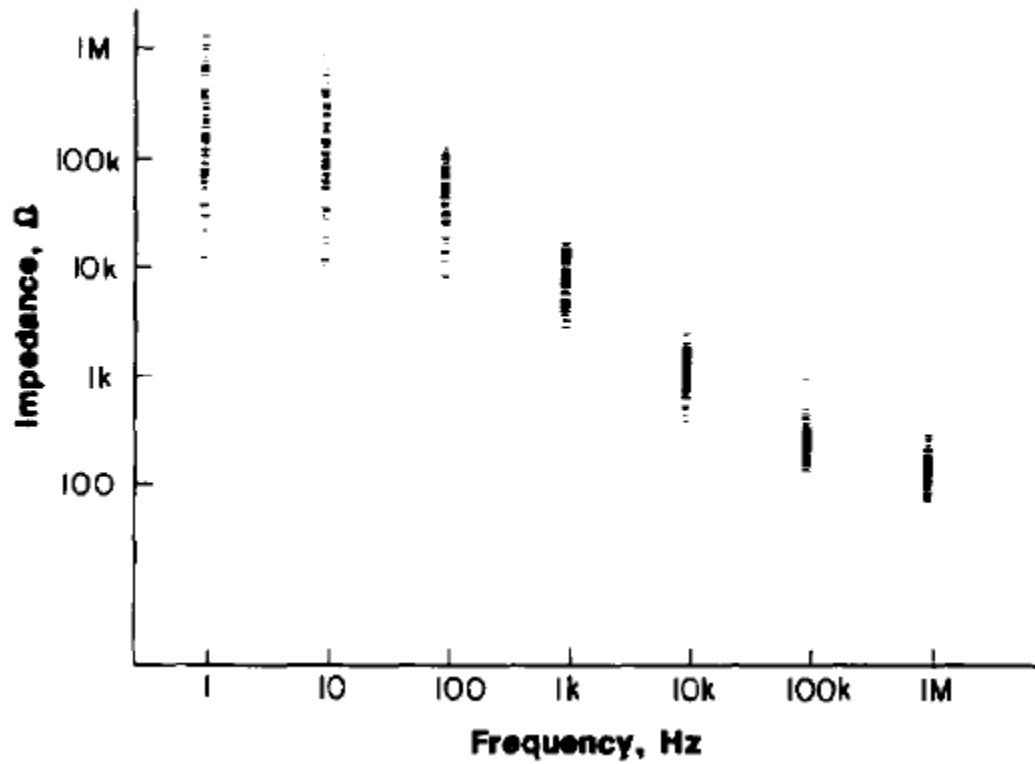


# INCONVENIENTES DE LOS ELECTRODOS

- ALTA IMPEDANCIA.

## Skin Impedance From 1 Hz to 1 MHz

JAVIER ROSELL, JOSEP COLOMINAS, PERE RIU,  
RAMON PALLAS-ARENY, AND JOHN G. WEBSTER



# INCONVENIENTES DE LOS ELECTRODOS

- ALTA IMPEDANCIA.
- IMPEDANCIA MUY VARIABLE.
  - PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE

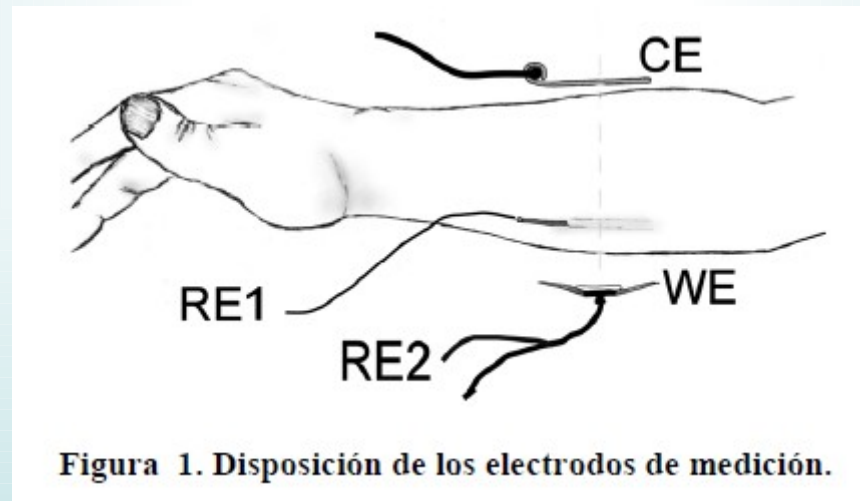


Figura 1. Disposición de los electrodos de medición.

# INCONVENIENTES DE LOS ELECTRODOS

- ALTA IMPEDANCIA.
- IMPEDANCIA MUY VARIABLE.
  - PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE

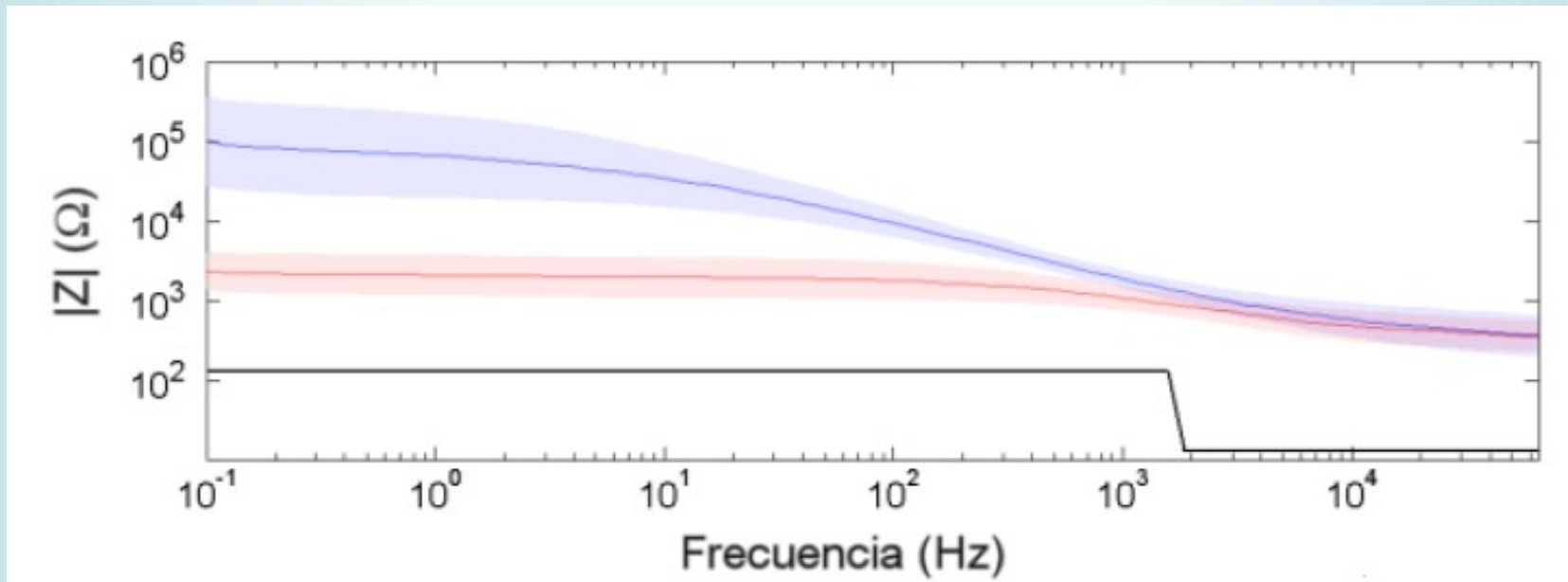


Figura 3. Efecto de la limpieza sobre la impedancia medida: (—) con limpieza y (—) sin limpieza. Cada curva corresponde al promedio de las mediciones en ambos brazos ( $n = 10$ ). La curva negra indica en ambos gráficos el intervalo de frecuencias en el cual se obtuvo un valor de significativo para la limpieza ( $p < 0.001$  en el rango de 0,1Hz ~ 1,58kHz).

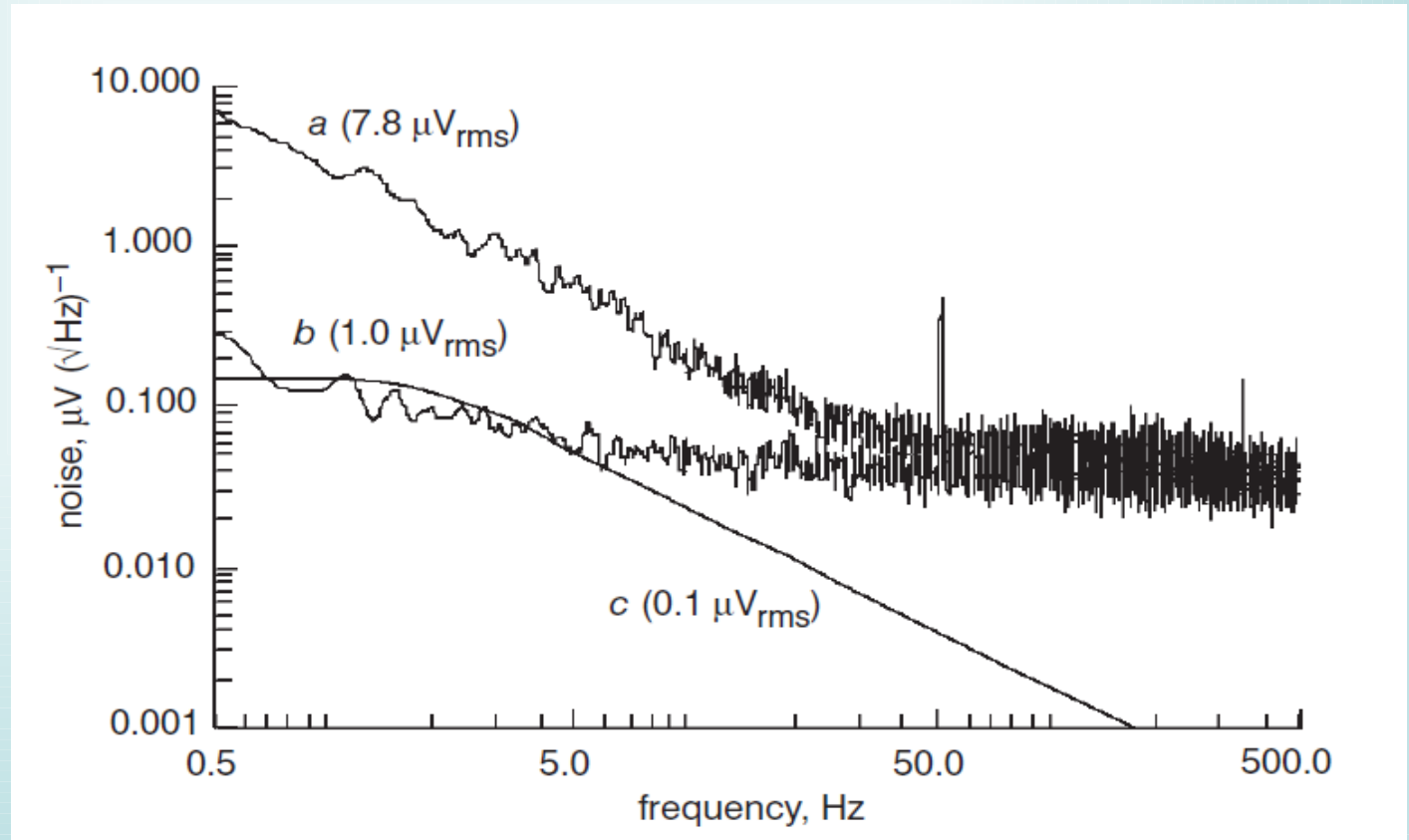


# INCONVENIENTES DE LOS ELECTRODOS

- ALTA IMPEDANCIA.
- IMPEDANCIA MUY VARIABLE.
  - PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE
  - GEL?
  - TIPO DE PIEL
  - LOCALIZACIÓN DEL ELECTRODO
  - ETC..

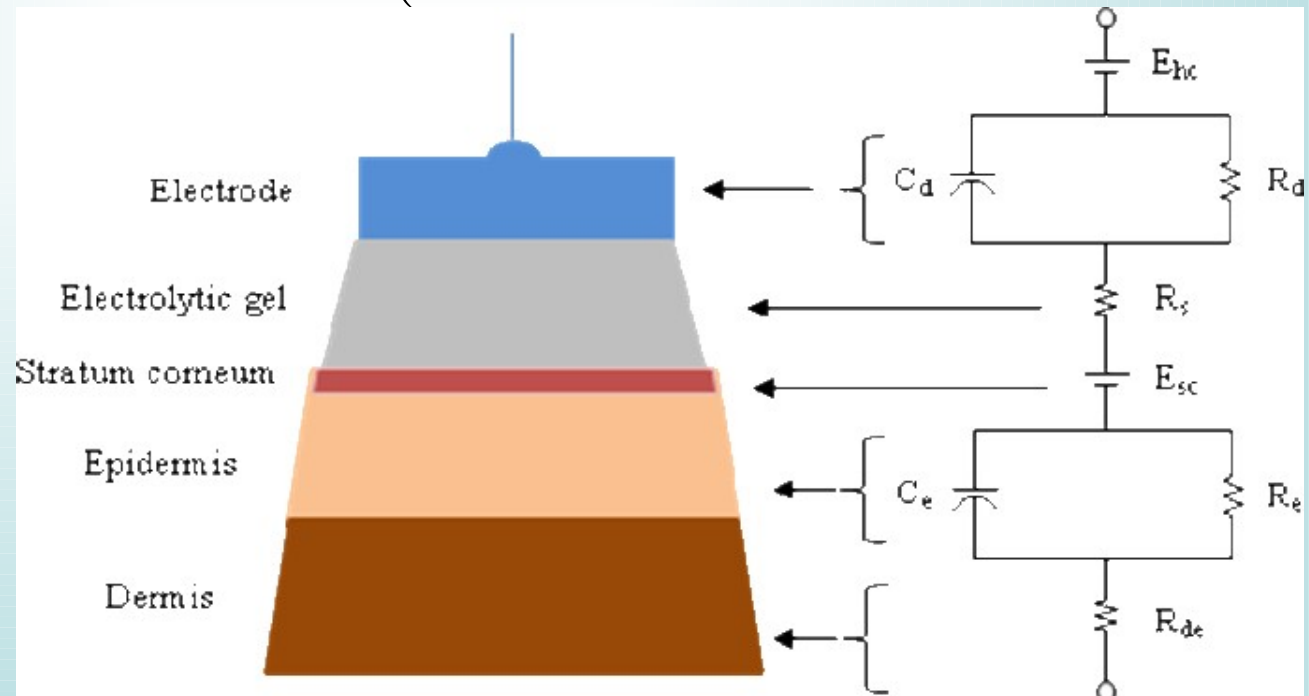
# INCONVENIENTES DE LOS ELECTRODOS

- ALTA IMPEDANCIA.
- IMPEDANCIA MUY VARIABLE.
- RUIDO.

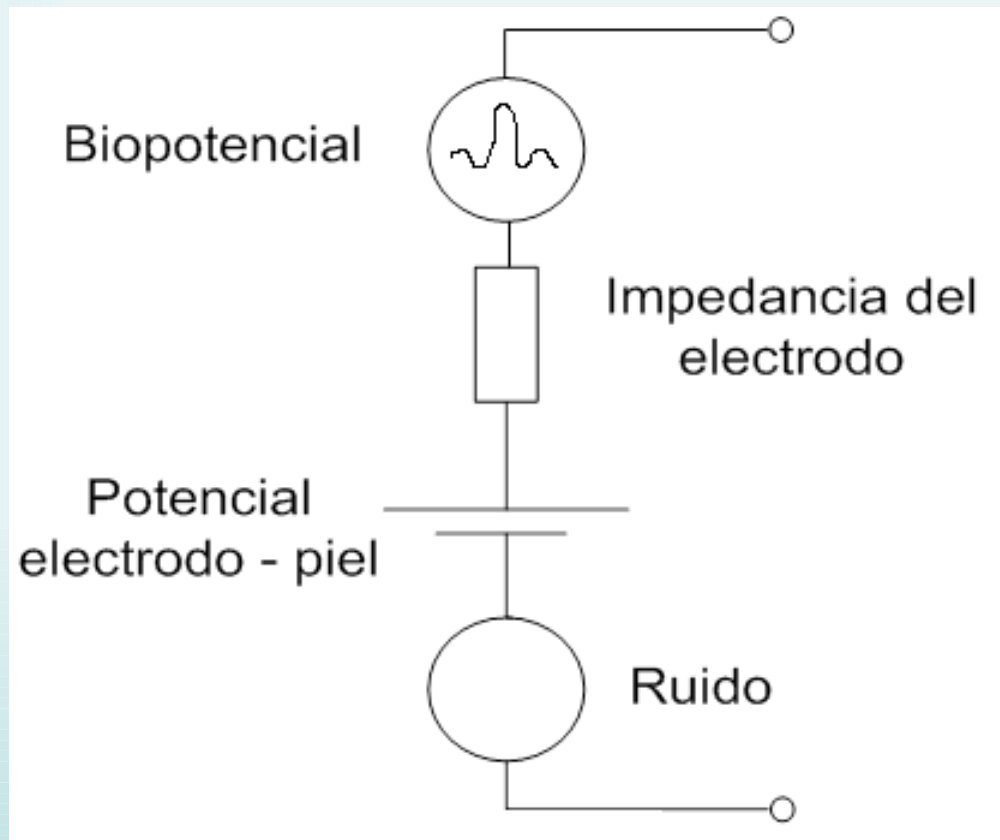


# INCONVENIENTES DE LOS ELECTRODOS

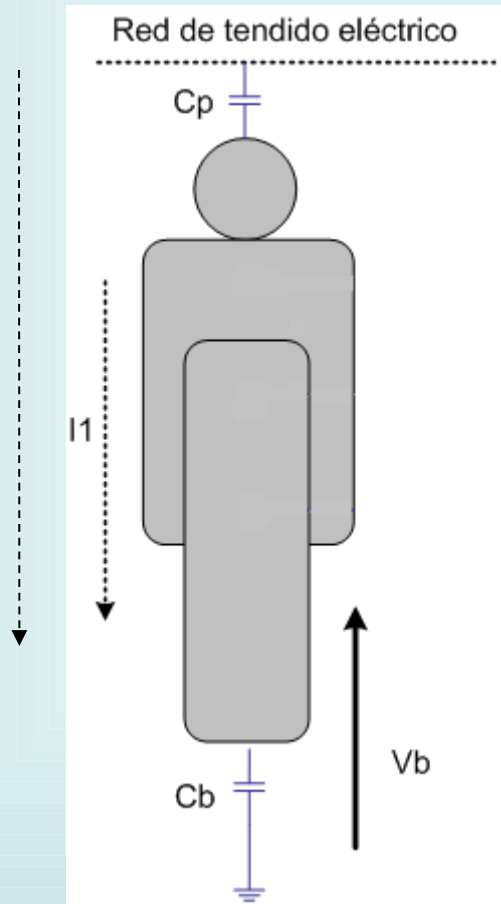
- ALTA IMPEDANCIA.
- IMPEDANCIA MUY VARIABLE.
- RUIDO.
- POTENCIAL DE CONTINUA (DE MEDIA CELDA O DE ELECTRODO).



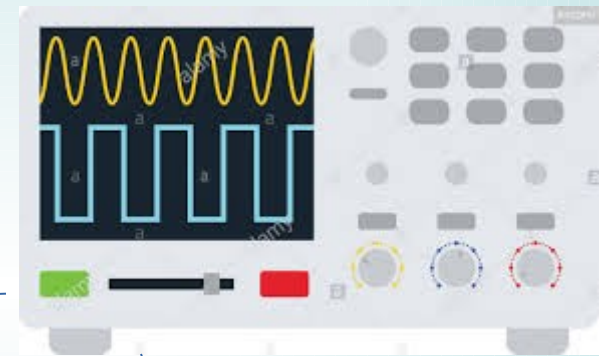
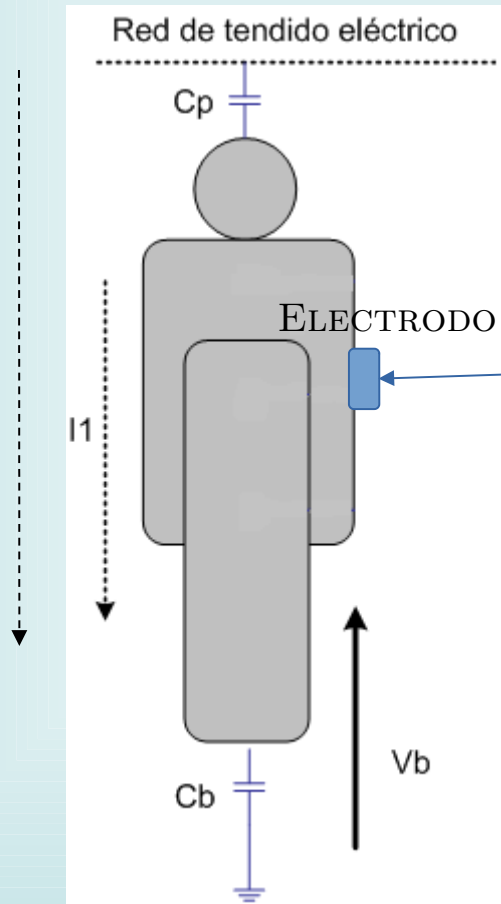
# MODELO (SIMPLIFICADO) DE LOS ELECTRODOS



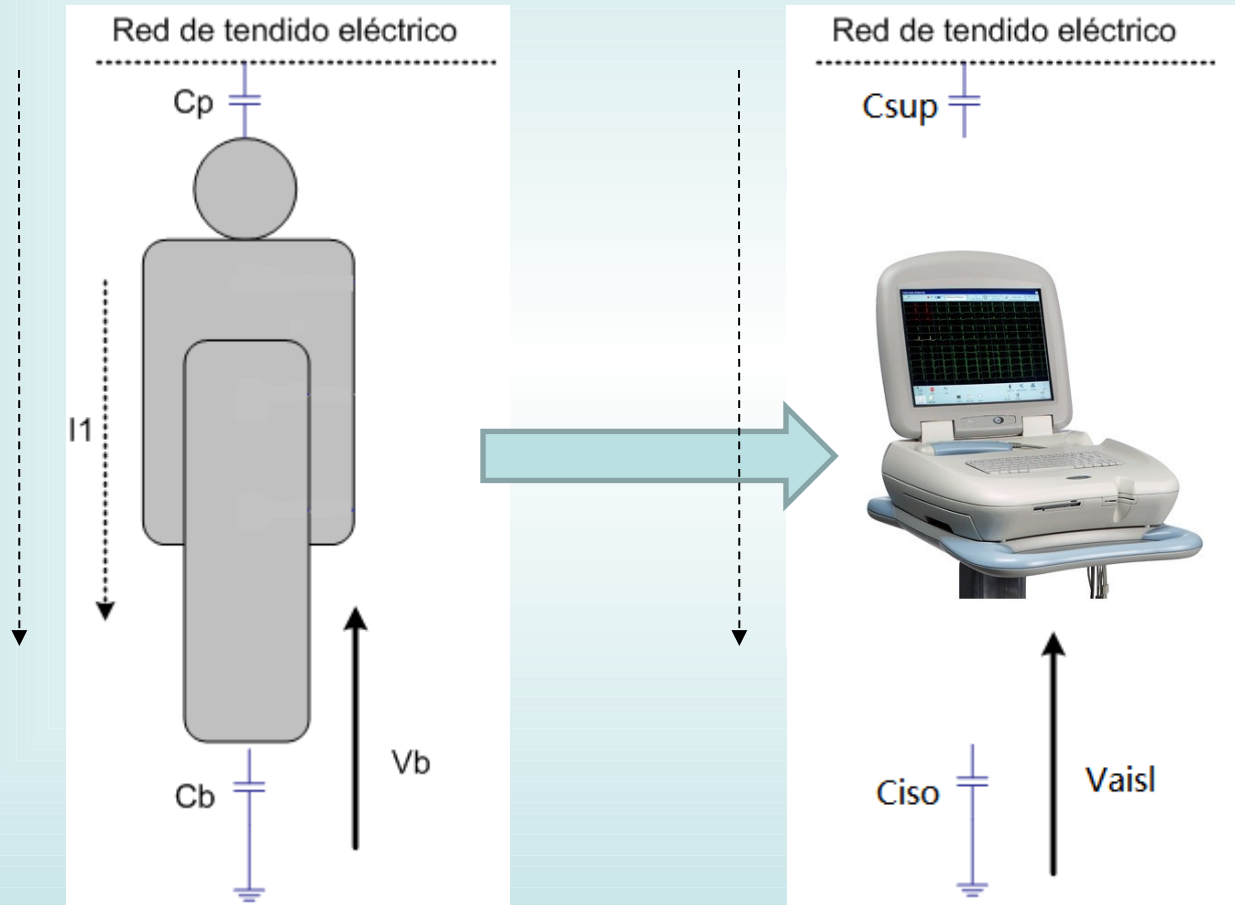
# MODELO DE INTERFERENCIA



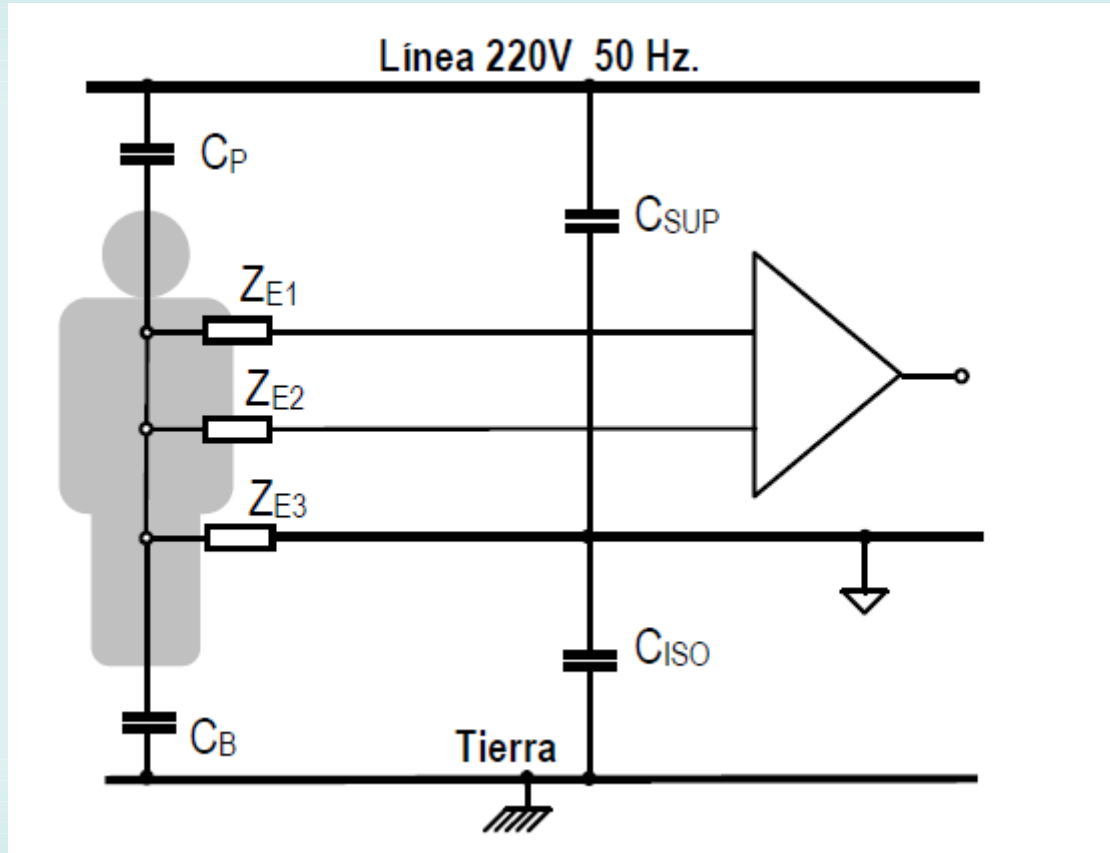
# MODELO DE INTERFERENCIA



# MODELO DE INTERFERENCIA

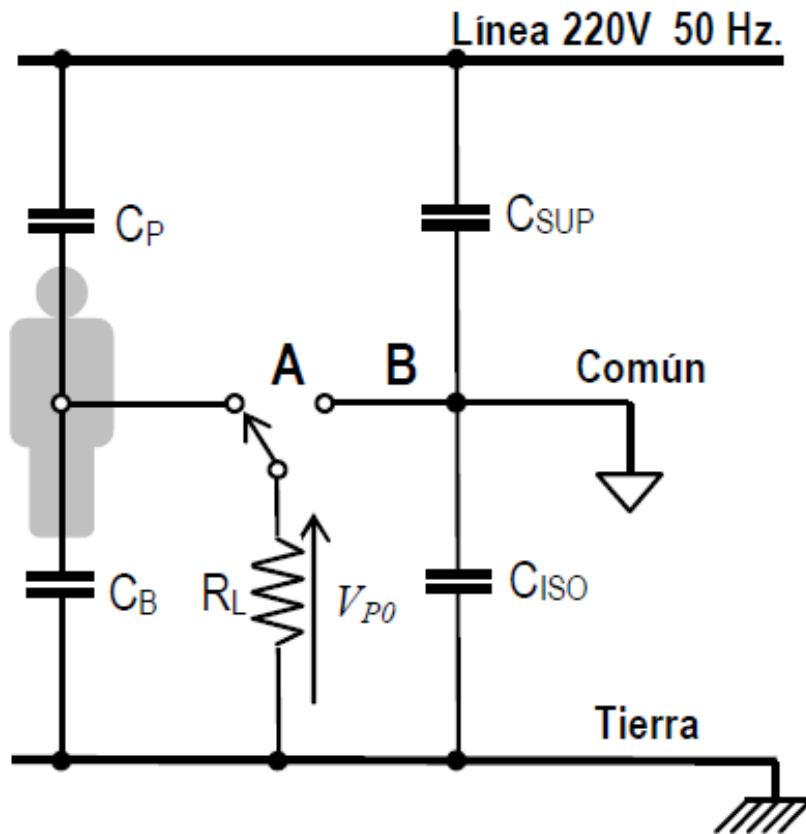


# MODELO DE INTERFERENCIA





# MODELO DE INTERFERENCIA



Un método para estimar capacidades de acoplamiento de la red de 50Hz al paciente y al amplificador de biopotenciales

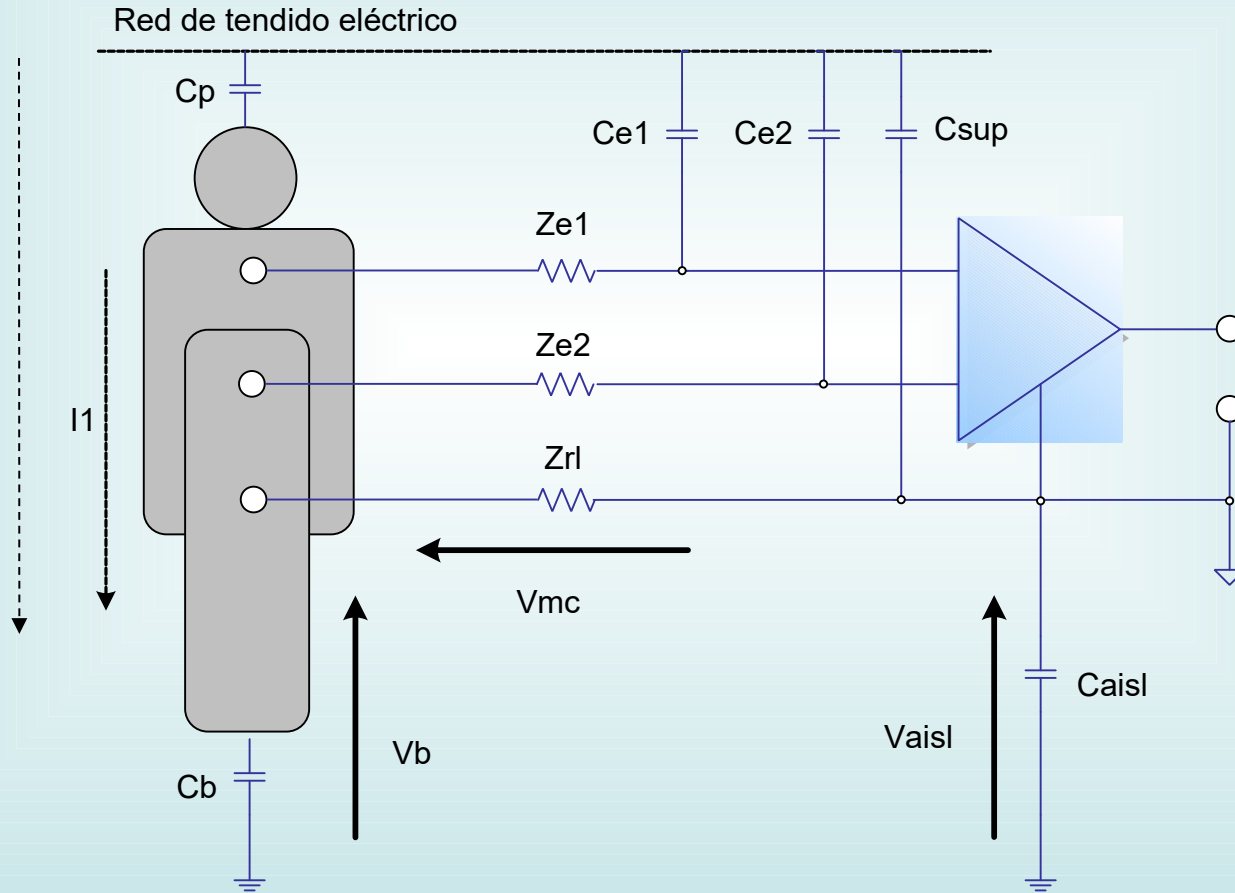
Enrique M. Spinelli<sup>1</sup> y Augusto Cassino<sup>2</sup>

<sup>1</sup> LEICI- Dto Electrotecnia UNLP y CONICET, <sup>2</sup> LEICI- Dto Electrotecnia UNLP, Becario Telefónica de Argentina. email: spinelli@ing.unlp.edu.ar

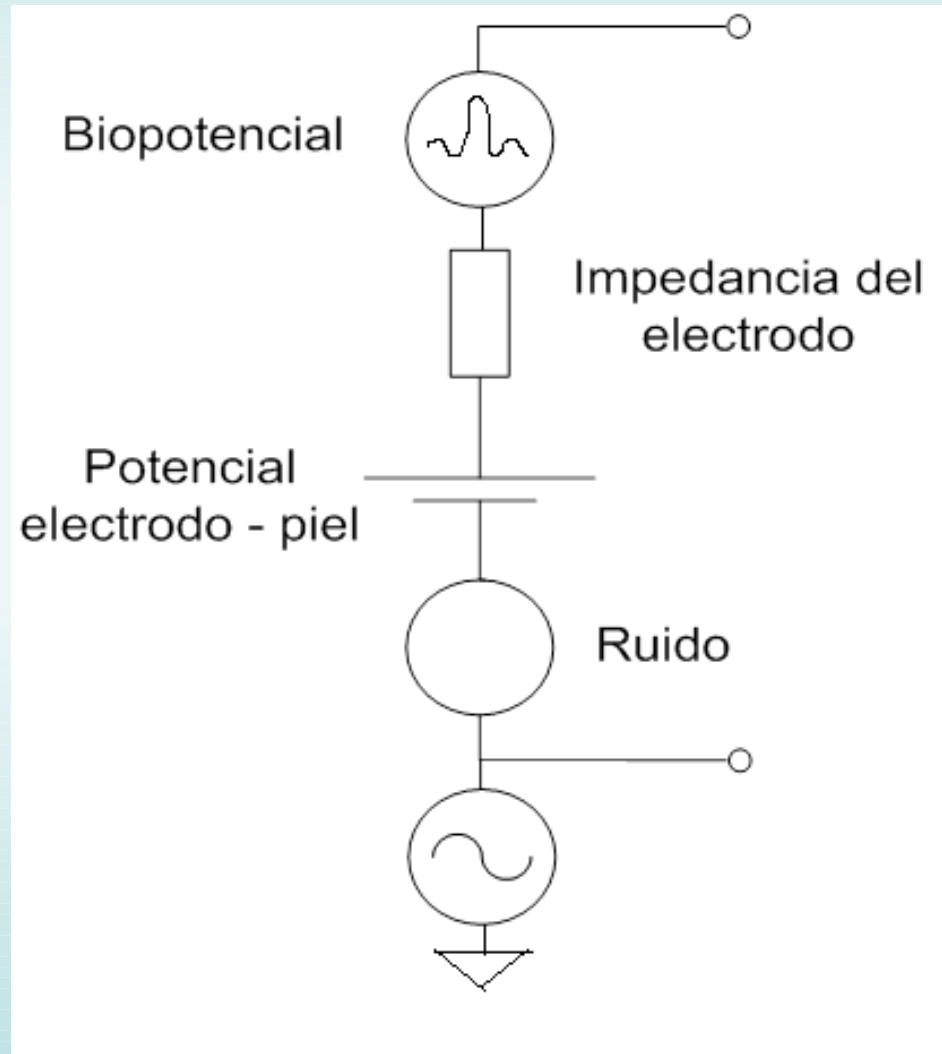
Sentado Pies en tierra	Sentado Pies en aire	Parado
$C_P=4,5\text{pF}$	$C_P=4,5\text{pF}$	$C_P=5,8\text{pF}$
$C_B=150\text{pF}$	$C_B=90\text{pF}$	$C_B=155\text{pF}$

Fuente estándar	Doble Aislación	Alimentación a Baterías
$C_{SUP}=42\text{pF}$	$C_{SUP}=2,3\text{pF}$	$C_{SUP}=0,02\text{pF}$
$C_{ISO}=1,95\text{nF}$	$C_{ISO}=104\text{pF}$	$C_{ISO}=9,5\text{pF}$

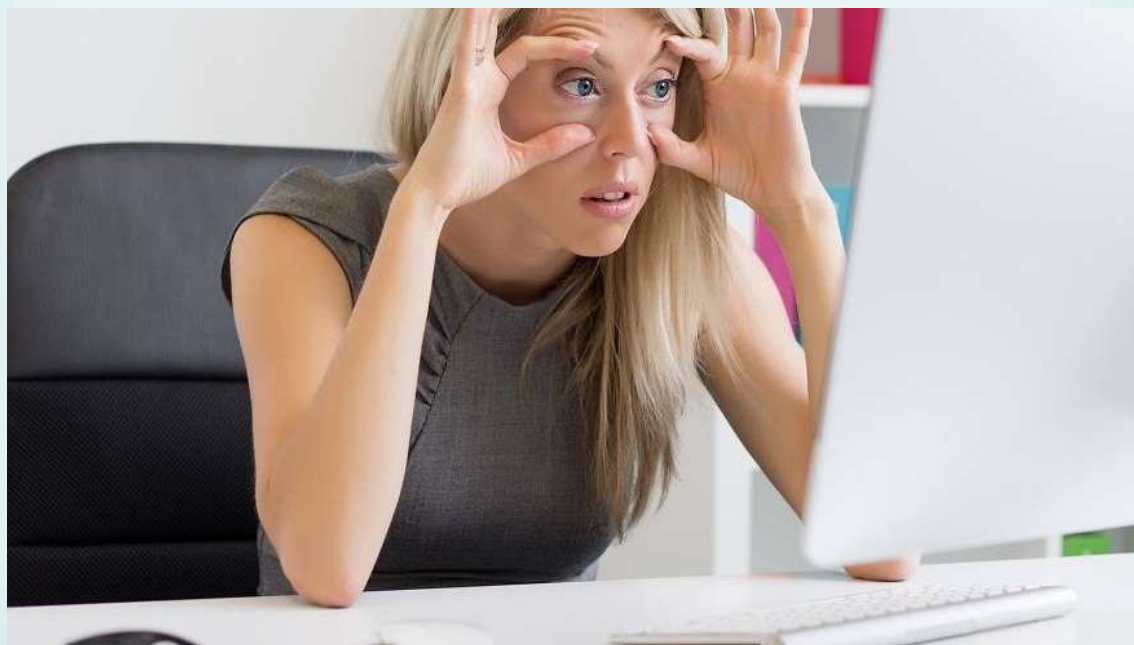
# MODELO DE INTERFERENCIA



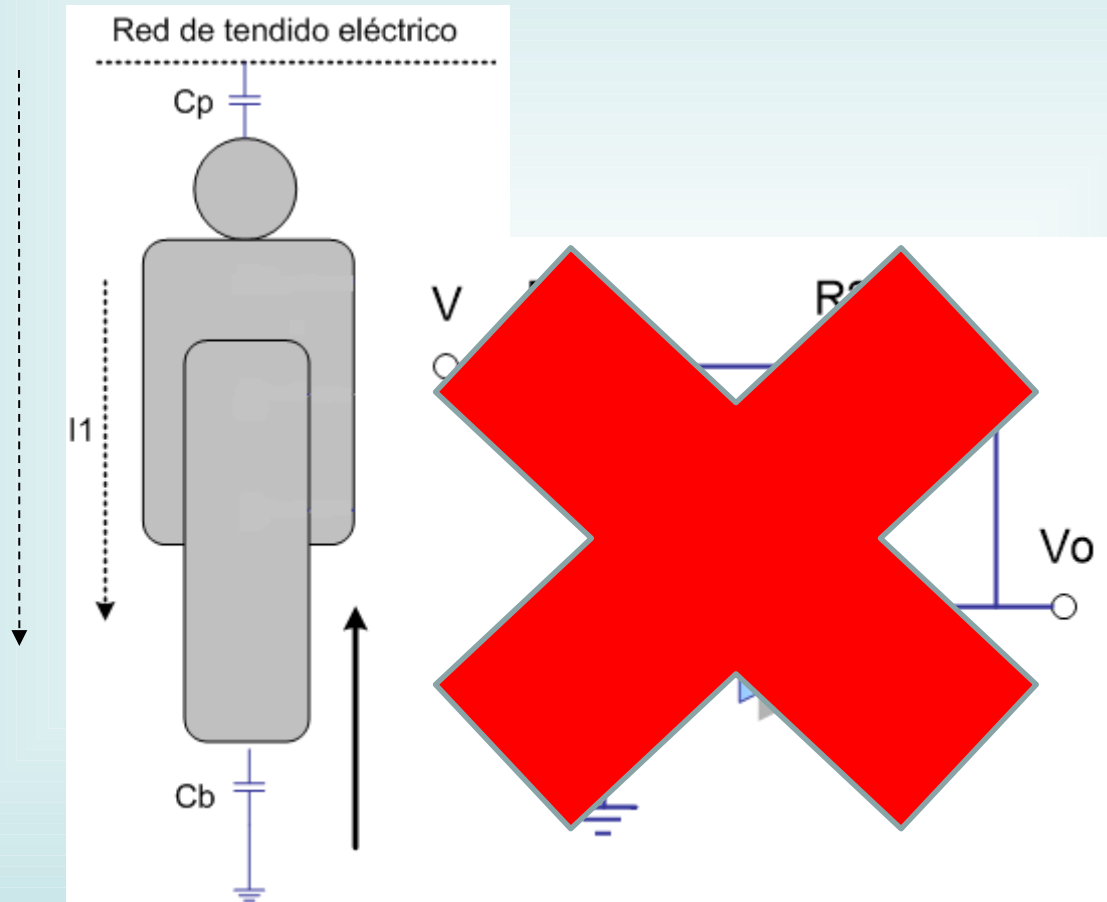
# MODELO COMPLETO



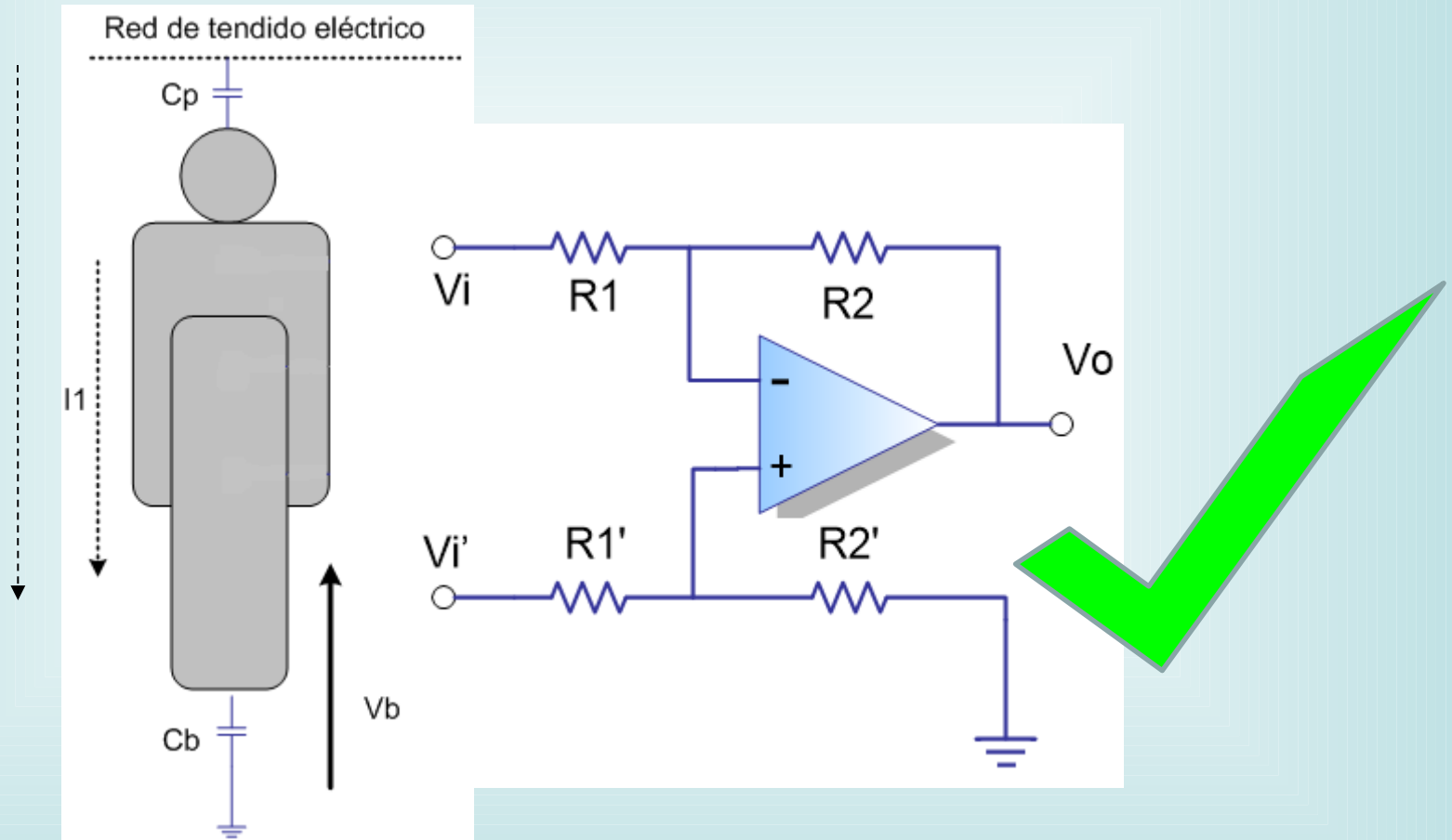
¿CÓMO ESTAMOS HASTA ACÁ?



# QUE TIPO DE AMPLIFICADOR USAMOS?

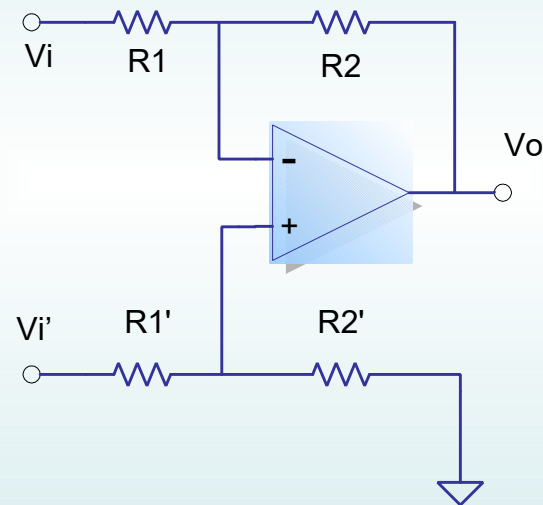


# QUE TIPO DE AMPLIFICADOR USAMOS?



# AMPLIFICADORES DE INSTRUMENTACIÓN

## AMPLIFICADOR DE UN OPERACIONAL (DIFERENCIAL)

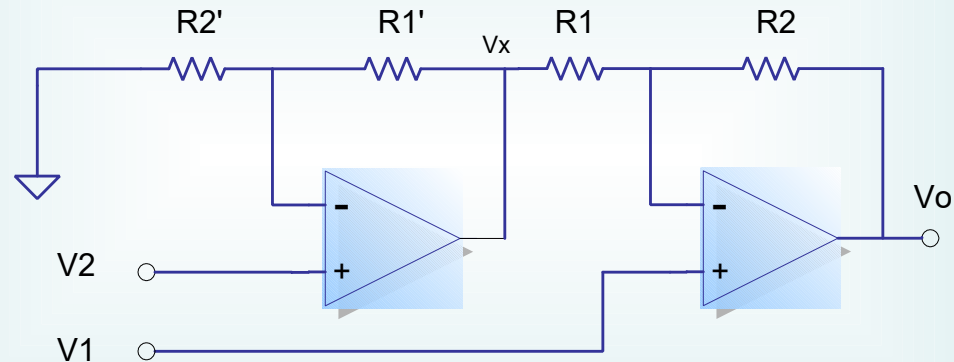


$$V_o = -V_i \left( \frac{R_2}{R_1} \right)$$

$$G_{mc} = \left( \frac{R_2' R_1 - R_1' R_2}{R_1 (R_1' + R_2')} \right)$$

# AMPLIFICADORES DE INSTRUMENTACIÓN

## AMPLIFICADOR DE DOS OPERACIONALES



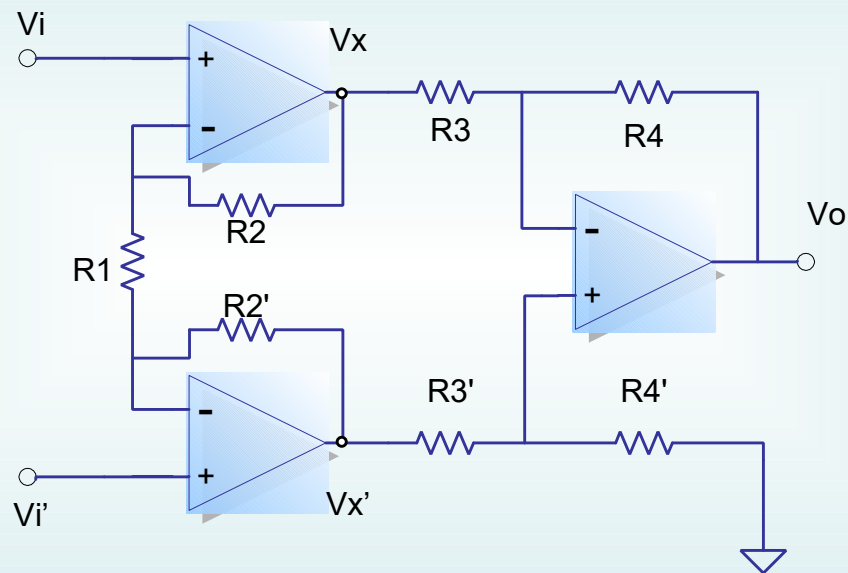
$$G_{\text{dif}} = \left( 1 + \frac{R_2}{R_1} \right)$$

$$G_{\text{cm}} = \left( \frac{R_1 R_2' - R_2 R_1'}{R_1 R_2'} \right)$$



# AMPLIFICADORES DE INSTRUMENTACIÓN

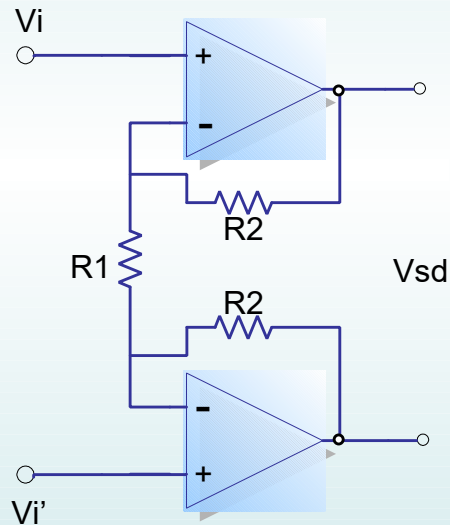
## AMPLIFICADOR DE TRES OPERACIONALES



$$G_{\text{dif}} = \left( 1 + \frac{2 \times R_2}{R_1} \right) \left( \frac{R_4}{R_3} \right)$$

# AMPLIFICADORES DE INSTRUMENTACIÓN

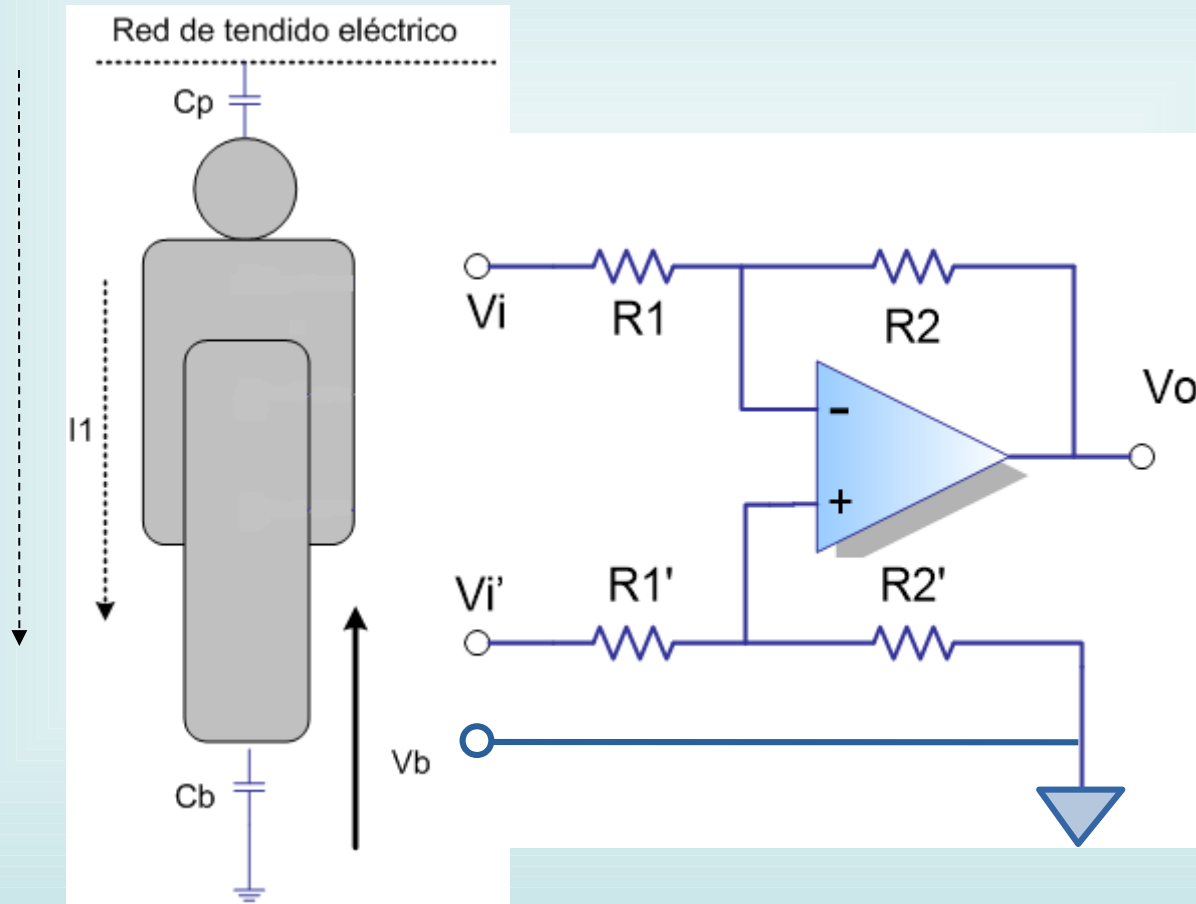
## AMPLIFICADOR DIFERENCIAL - DIFERENCIAL



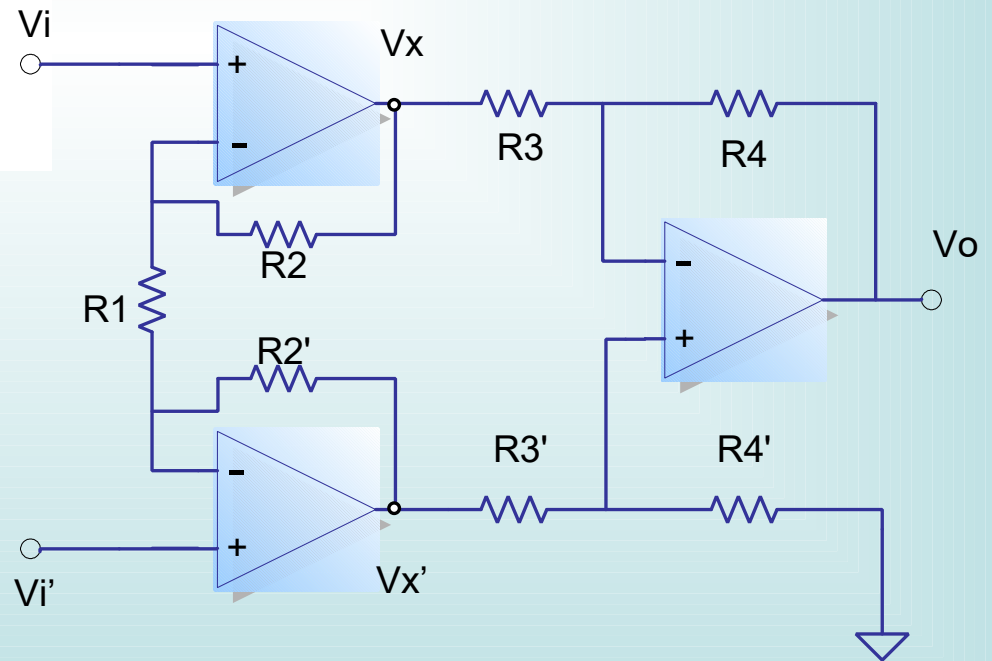
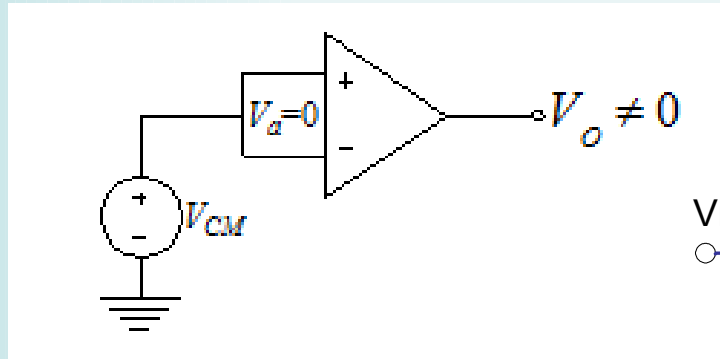
$$G_d = \left( 1 + \frac{2 \cdot R_2}{R_1} \right)$$

$$V_{sd} = \frac{(V_i - V_i')}{R_1} (R_2 + R_1 + R_2')$$

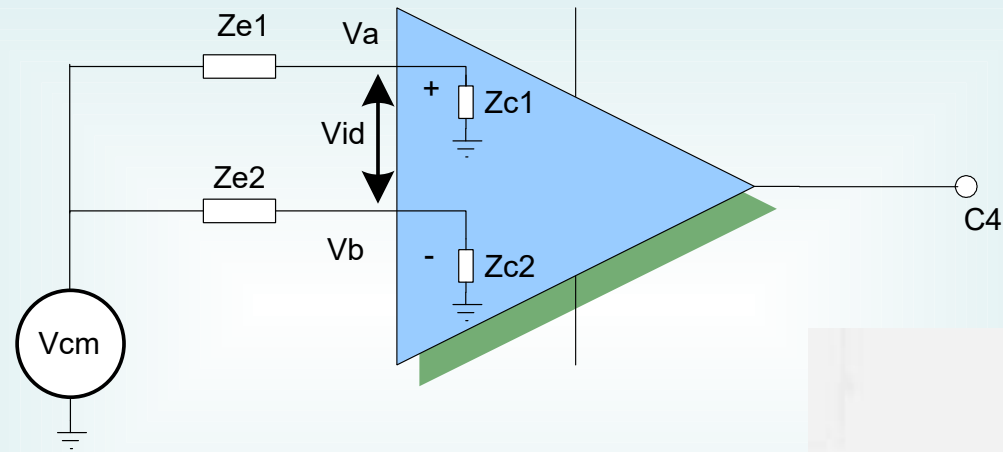
# LO CONECTAMOS A TIERRA?



# RELACIÓN DE RECHAZO AL MODO COMÚN CMRR



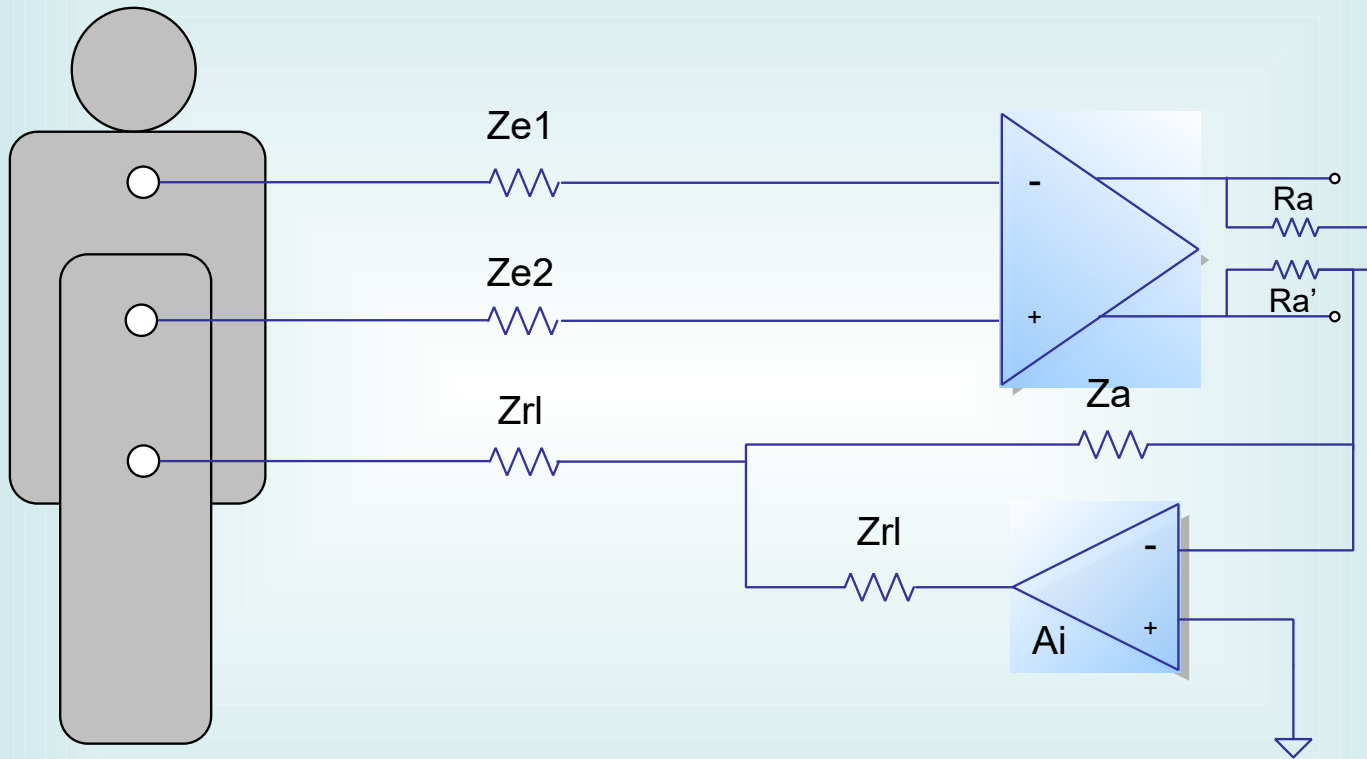
# EFFECTO DIVISOR DE POTENCIAL



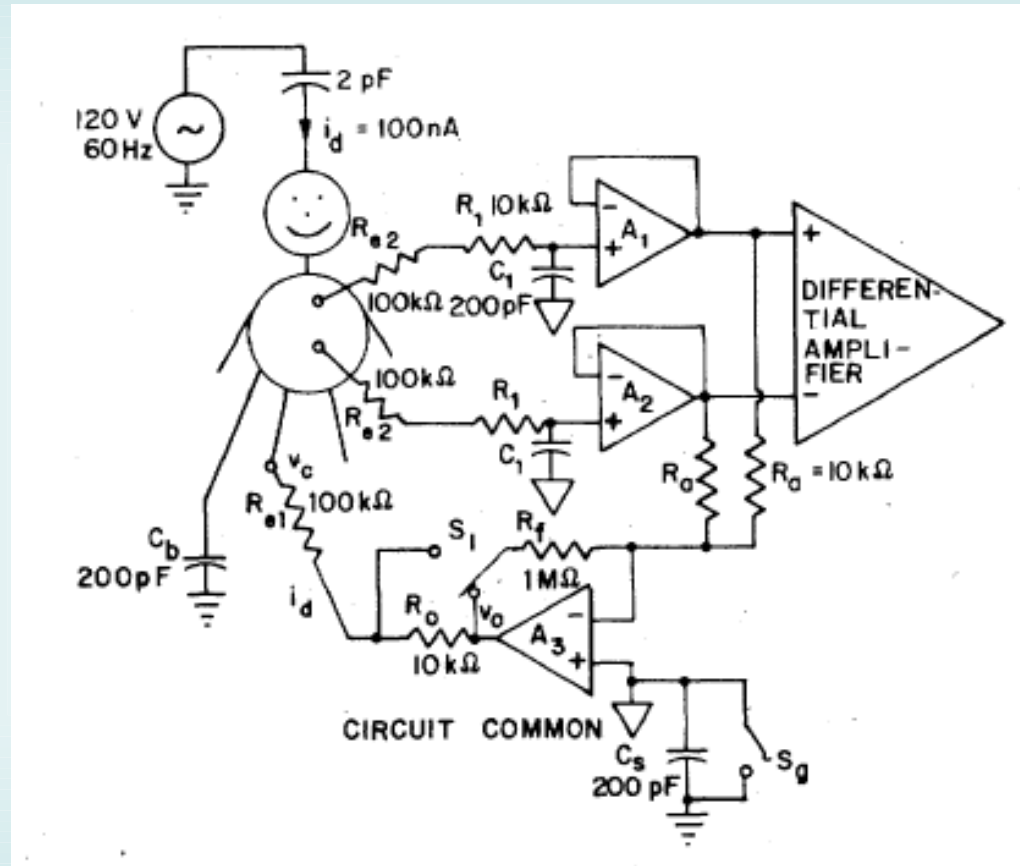
$$V_{id} \approx V_{cm} \left( \frac{Z_{e2} - Z_{e1}}{Z_c} \right)$$



# DRL



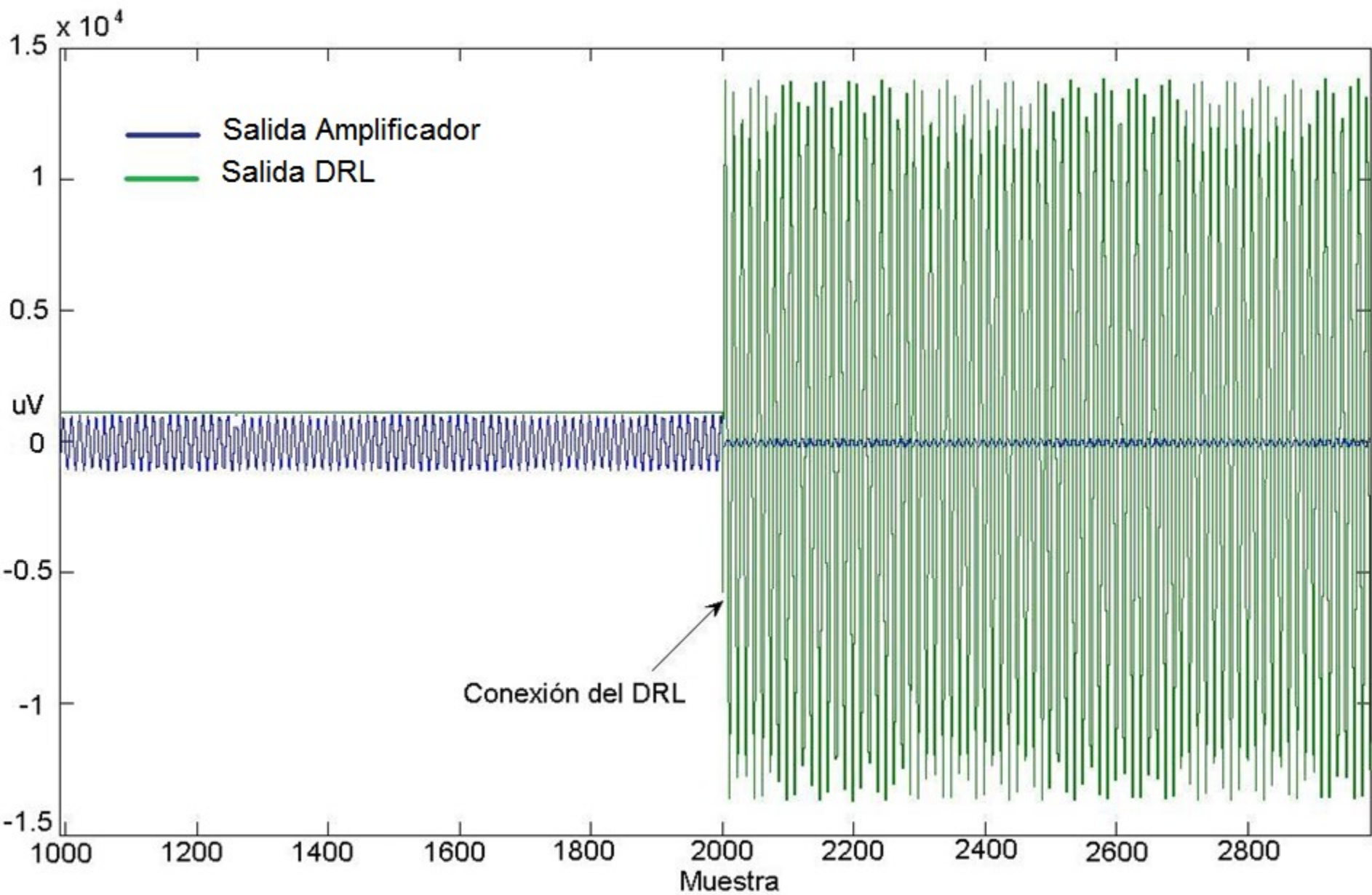
# DRL



JANUARY 1983

## Driven-Right-Leg Circuit Design

BRUCE B. WINTER, STUDENT MEMBER, IEEE, AND JOHN G. WEBSTER, SENIOR MEMBER, IEEE



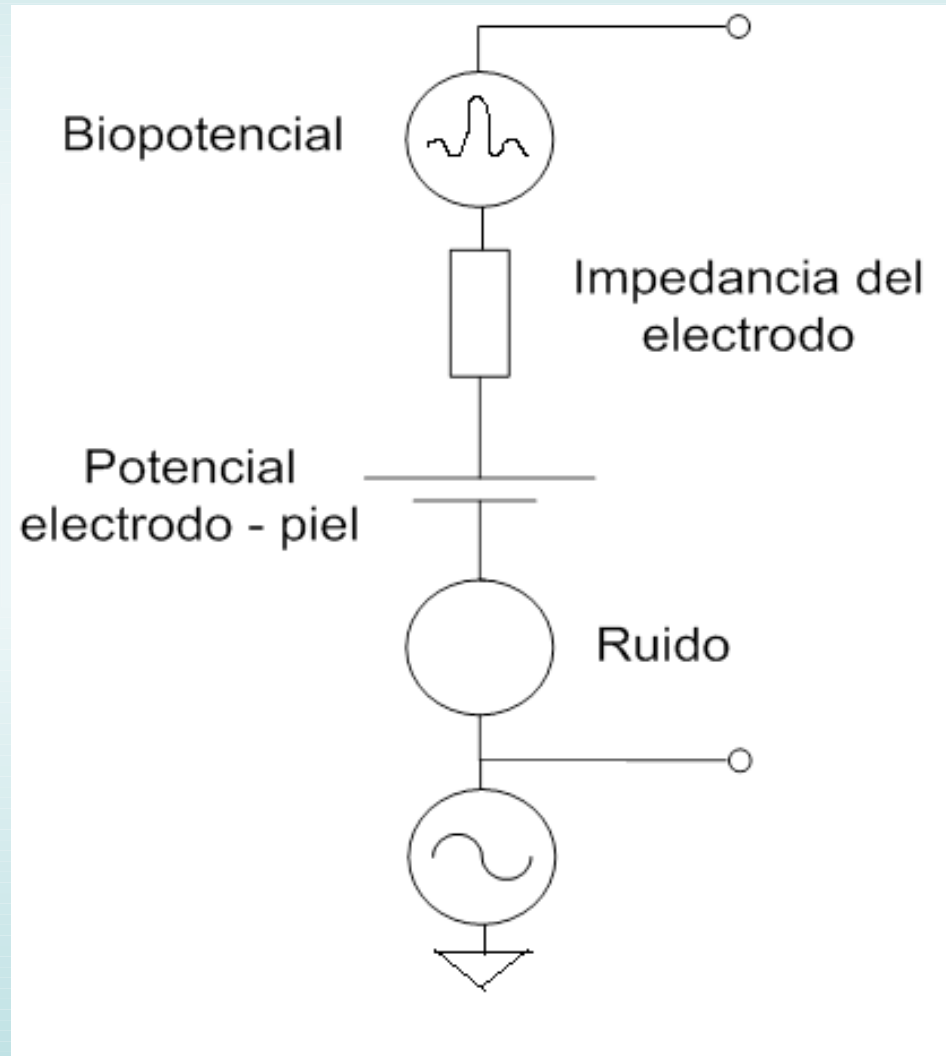


## 6.5 TLC2272 and TLC2272A Electrical Characteristics $V_{DD} = 5\text{ V}$

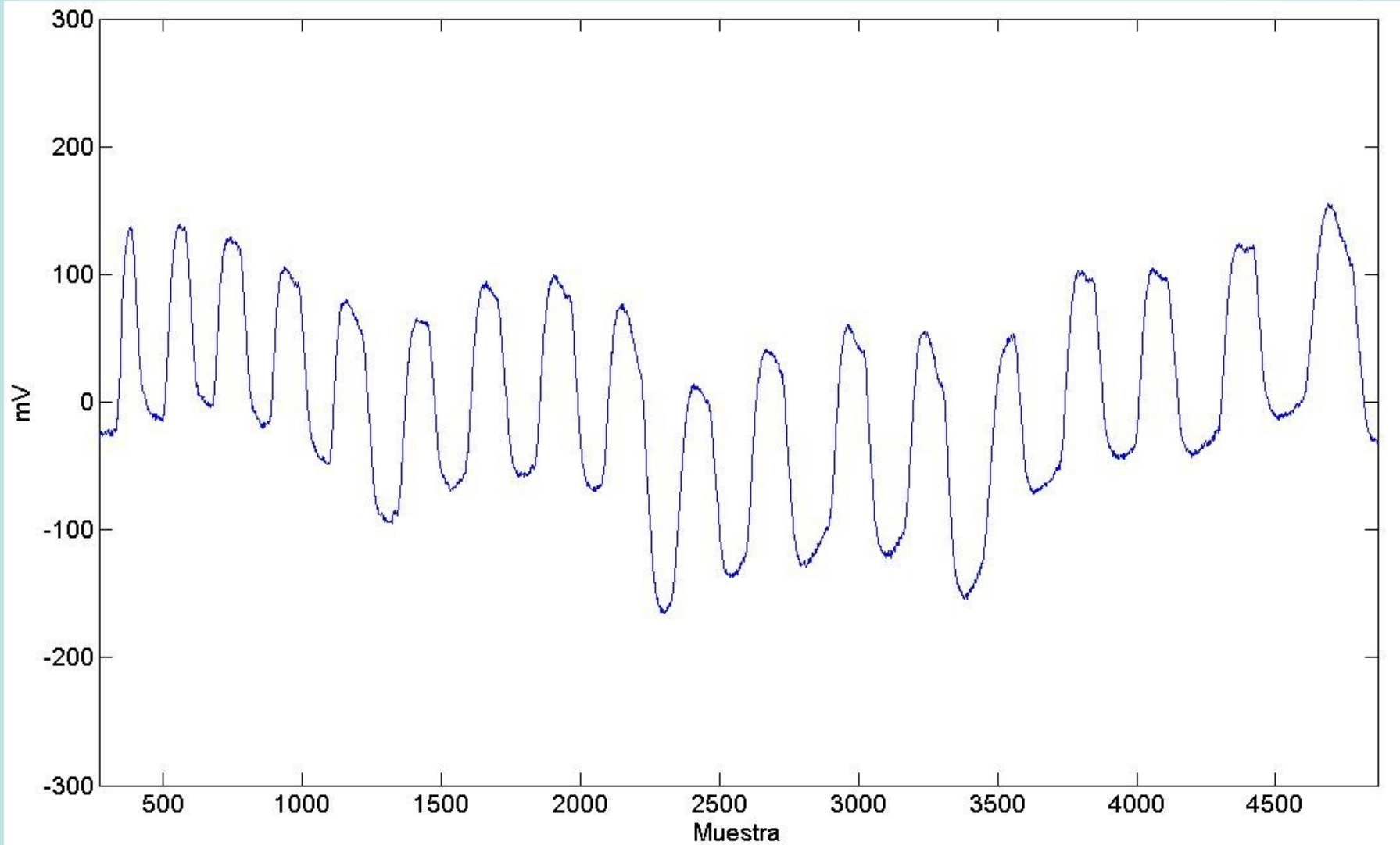
at specified free-air temperature,  $V_{DD} = 5\text{ V}$ ;  $T_A = 25^\circ\text{C}$ , unless otherwise noted.

PARAMETER		TEST CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNIT	
$V_{IO}$	Input offset voltage	$V_{IC} = 0\text{ V}$ , $V_{DD\pm} = \pm 2.5\text{ V}$ , $V_O = 0\text{ V}$ , $R_S = 50\ \Omega$	TLC2272	$T_A = 25^\circ\text{C}$		300	2500	$\mu\text{V}$
			TLC2272A			300	950	
			TLC2272	Full Range <sup>(1)</sup>			3000	
			TLC2272A				1500	
$\alpha_{VIO}$	Temperature coefficient of input offset voltage	$V_{IC} = 0\text{ V}$ , $V_{DD\pm} = \pm 2.5\text{ V}$ , $V_O = 0\text{ V}$ , $R_S = 50\ \Omega$			2		$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$	
	Input offset voltage long-term drift <sup>(2)</sup>	$V_{IC} = 0\text{ V}$ , $V_{DD\pm} = \pm 2.5\text{ V}$ , $V_O = 0\text{ V}$ , $R_S = 50\ \Omega$			0.002		$\mu\text{V}/\text{ms}$	
$I_{IO}$	Input offset current	$V_{IC} = 0\text{ V}$ , $V_{DD\pm} = \pm 2.5\text{ V}$ , $V_O = 0\text{ V}$ , $R_S = 50\ \Omega$	All level parts	$T_A = 25^\circ\text{C}$		0.5	60	$\text{pA}$
			C level part	$T_A = 0^\circ\text{C}$ to $80^\circ\text{C}$			100	
			I level part	$T_A = -40^\circ\text{C}$ to $85^\circ\text{C}$			150	
			Q level part	$T_A = -40^\circ\text{C}$ to $125^\circ\text{C}$			800	
			M level part	$T_A = -55^\circ\text{C}$ to $125^\circ\text{C}$			800	
			All level parts	$T_A = 25^\circ\text{C}$		1	60	
$I_{IB}$	Input bias current	$V_{IC} = 0\text{ V}$ , $V_{DD\pm} = \pm 2.5\text{ V}$ , $V_O = 0\text{ V}$ , $R_S = 50\ \Omega$	C level part	$T_A = 0^\circ\text{C}$ to $80^\circ\text{C}$			100	$\text{pA}$
			I level part	$T_A = -40^\circ\text{C}$ to $85^\circ\text{C}$			150	
			Q level part	$T_A = -40^\circ\text{C}$ to $125^\circ\text{C}$			800	
			M level part	$T_A = -55^\circ\text{C}$ to $125^\circ\text{C}$			800	
Amplifier-to-Amplifier Coupling	$f = 1\text{ kHz}$ to $20\text{ kHz}$ , $T_A = 25^\circ\text{C}$ (Input Referred), See <sup>(5)</sup>			-120		-120	dB	

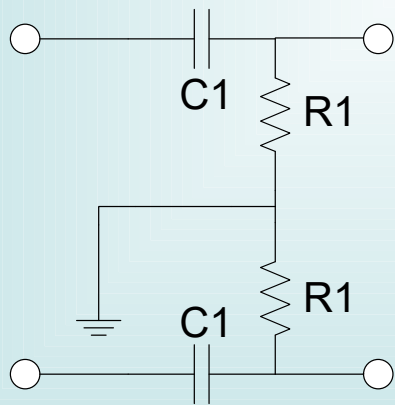
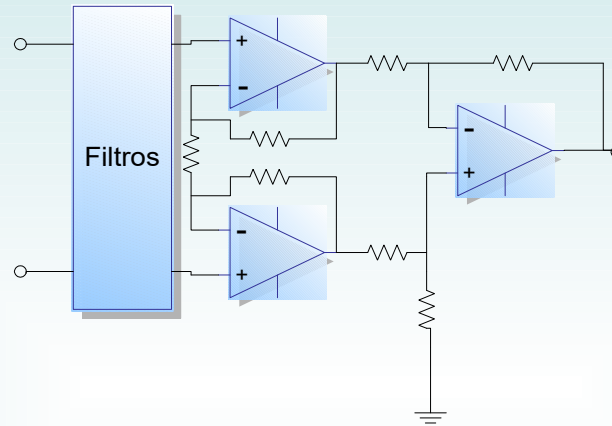
# POTENCIAL DE ELECTRODO



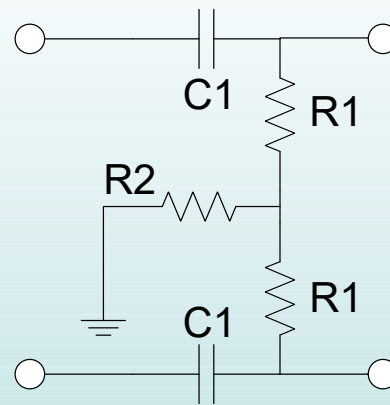
# POTENCIAL DE ELECTRODO



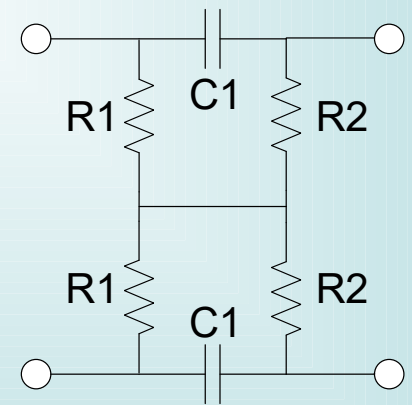
# POTENCIAL DE ELECTRODO



Simple

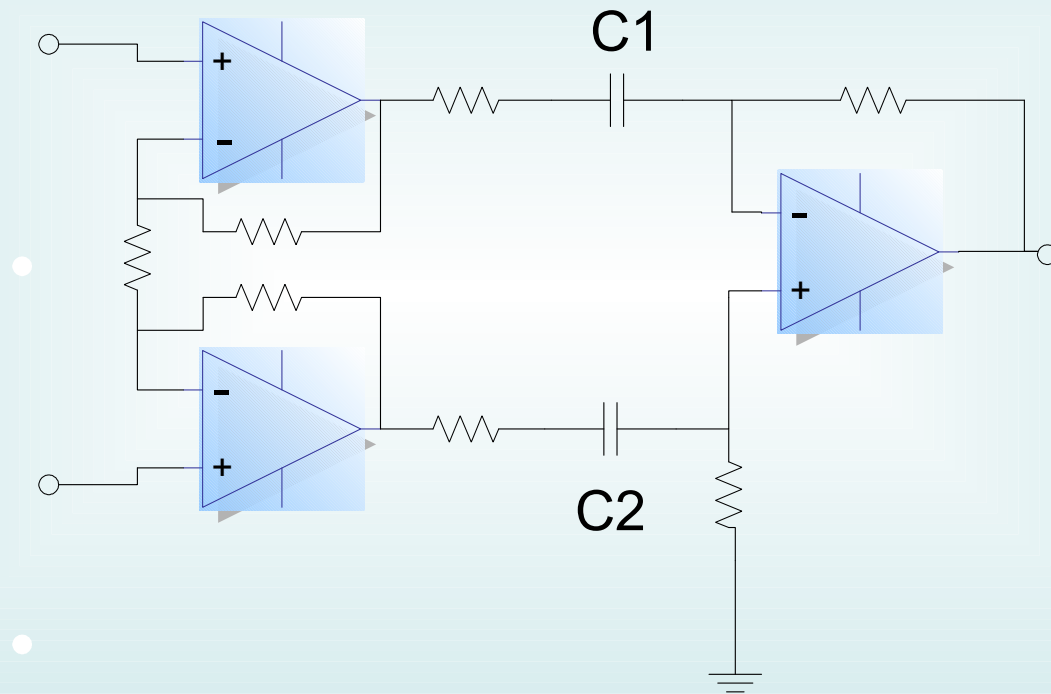


Tipo "T"

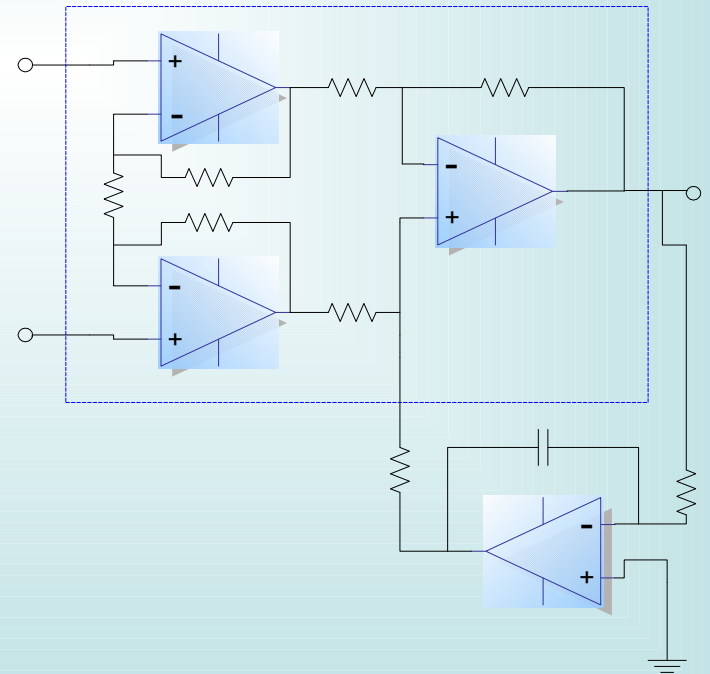
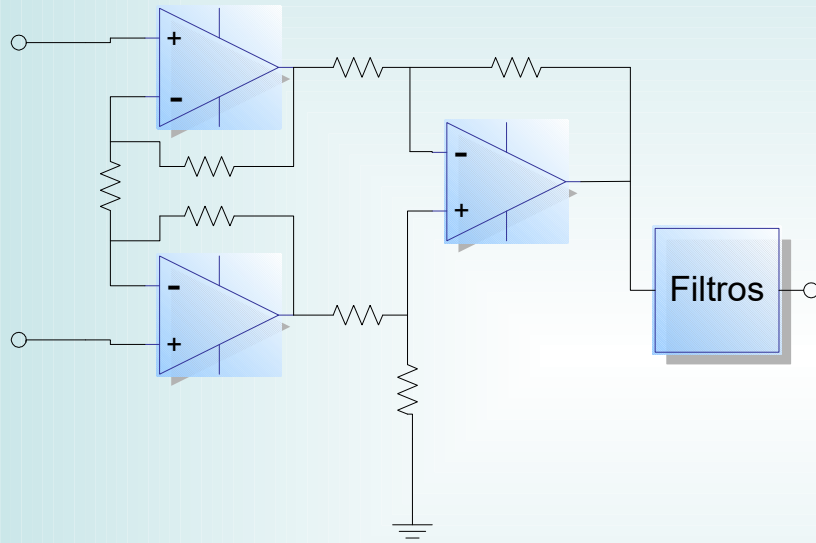


Flotante

# POTENCIAL DE ELECTRODO

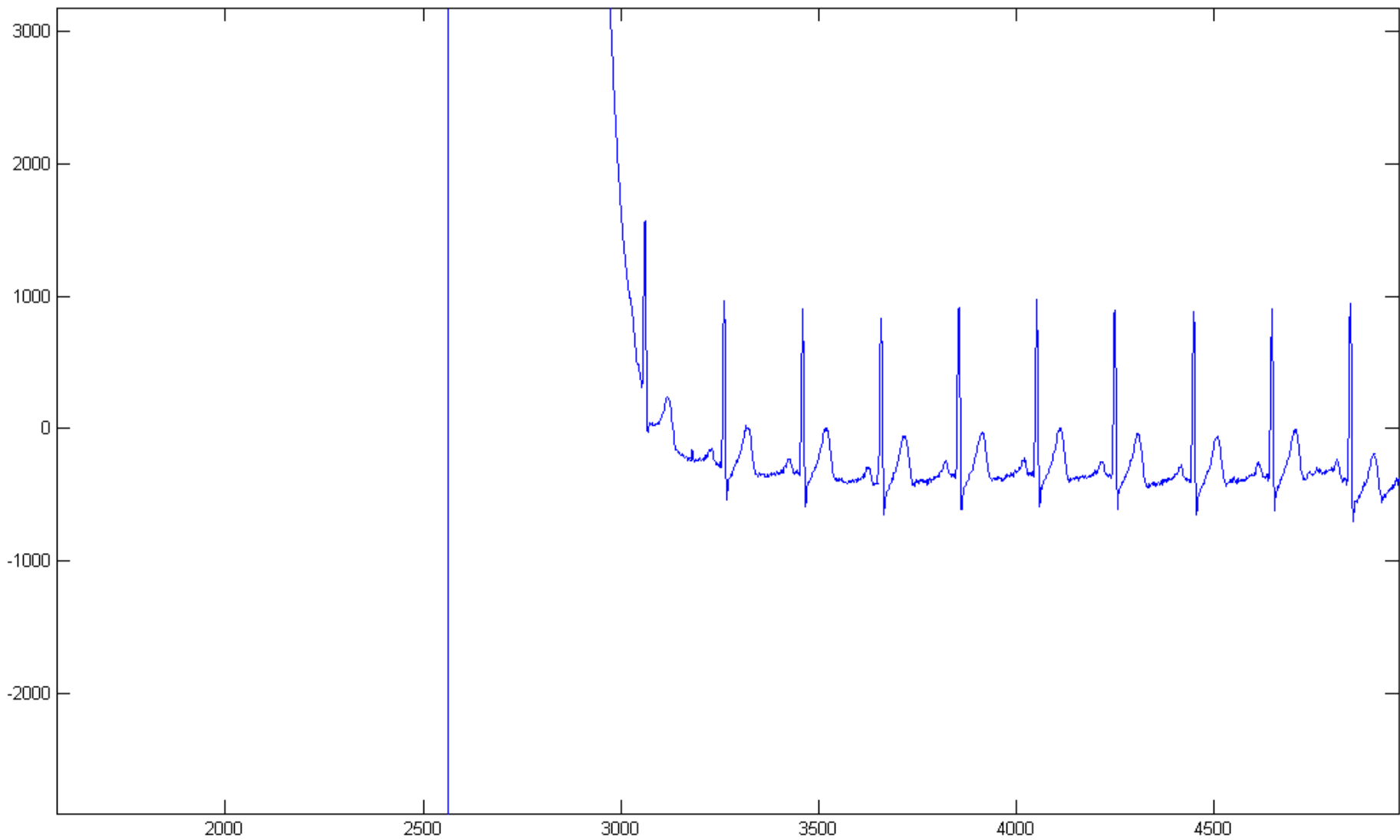


# POTENCIAL DE ELECTRODO

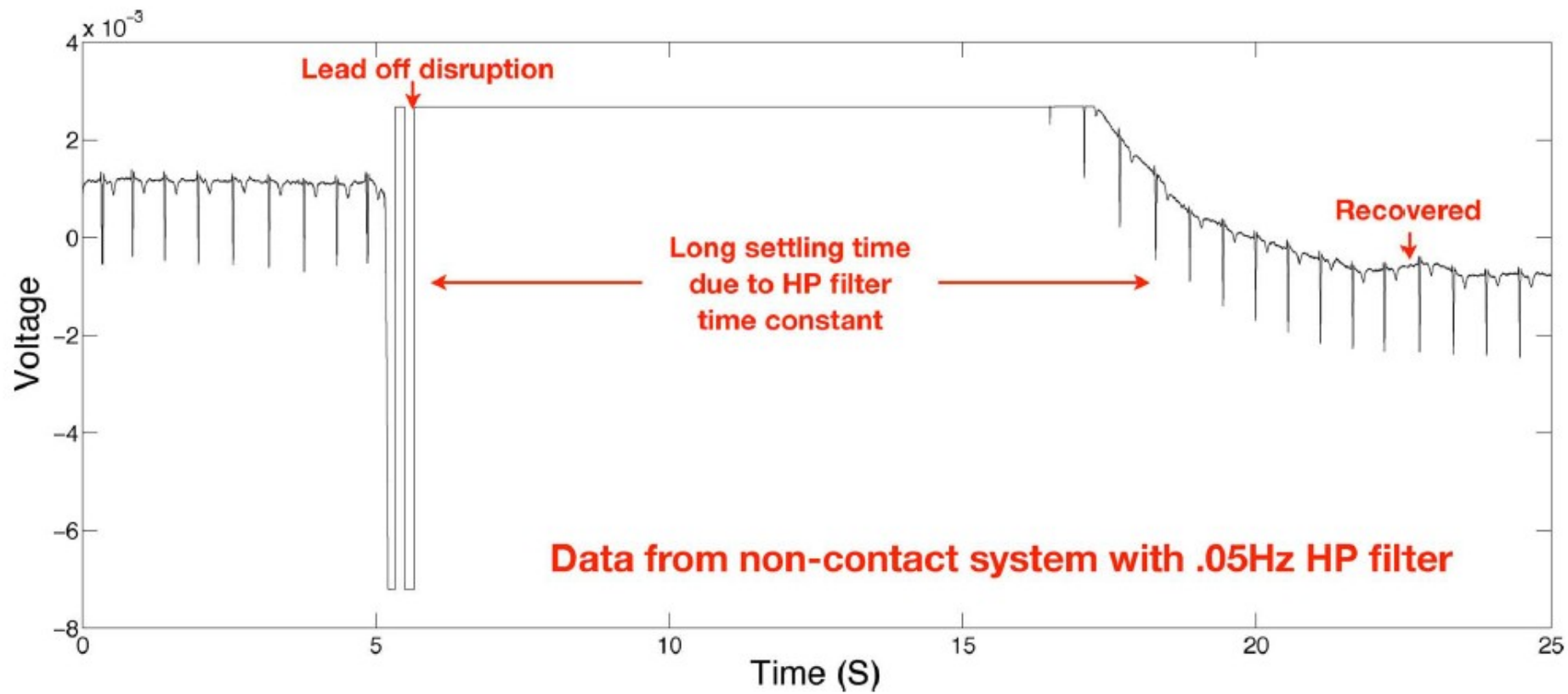


# OTRAS DESVENTAJAS...

- SATURACIÓN AL DESCONECTAR ELECTRODOS
- DESCARGA DE DESFIBRILADOR.
- RUIDO DE ELECTROBISTURÍ.
- TECLA INST 0



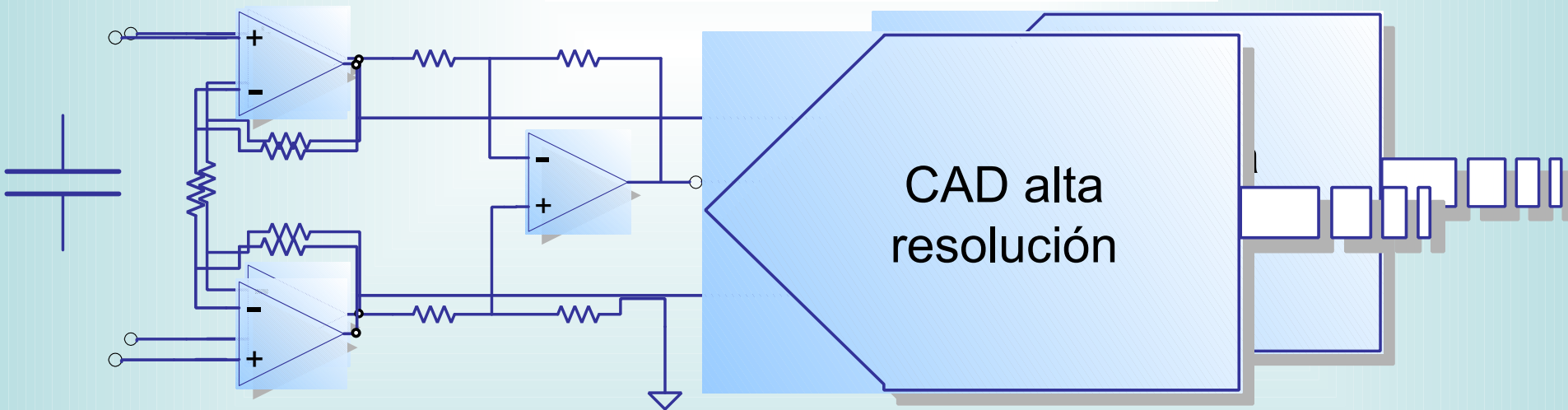
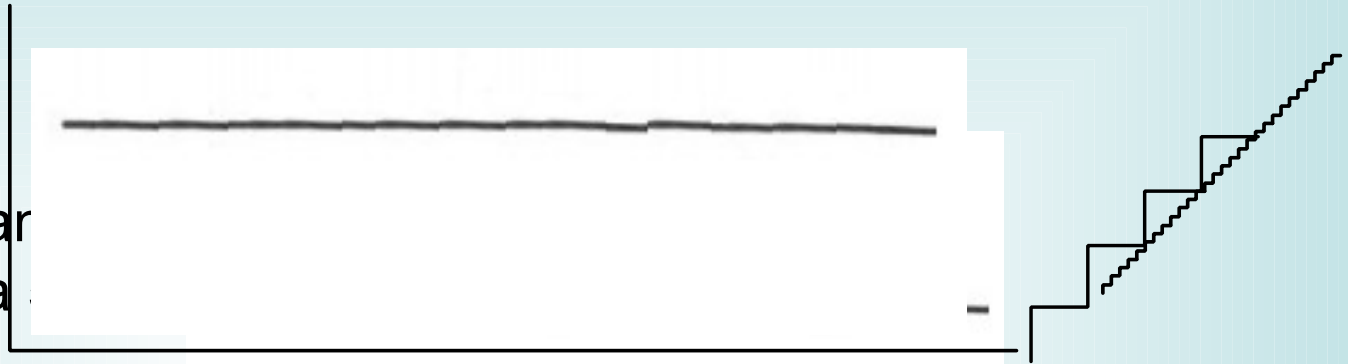




# ACOPLAMIENTO EN CIGNEIRA.

Ganancia  
5 a 10

Ganancia  
1000 a



# QUE RESOLUCIÓN NECESITAMOS?

## EJEMPLO:

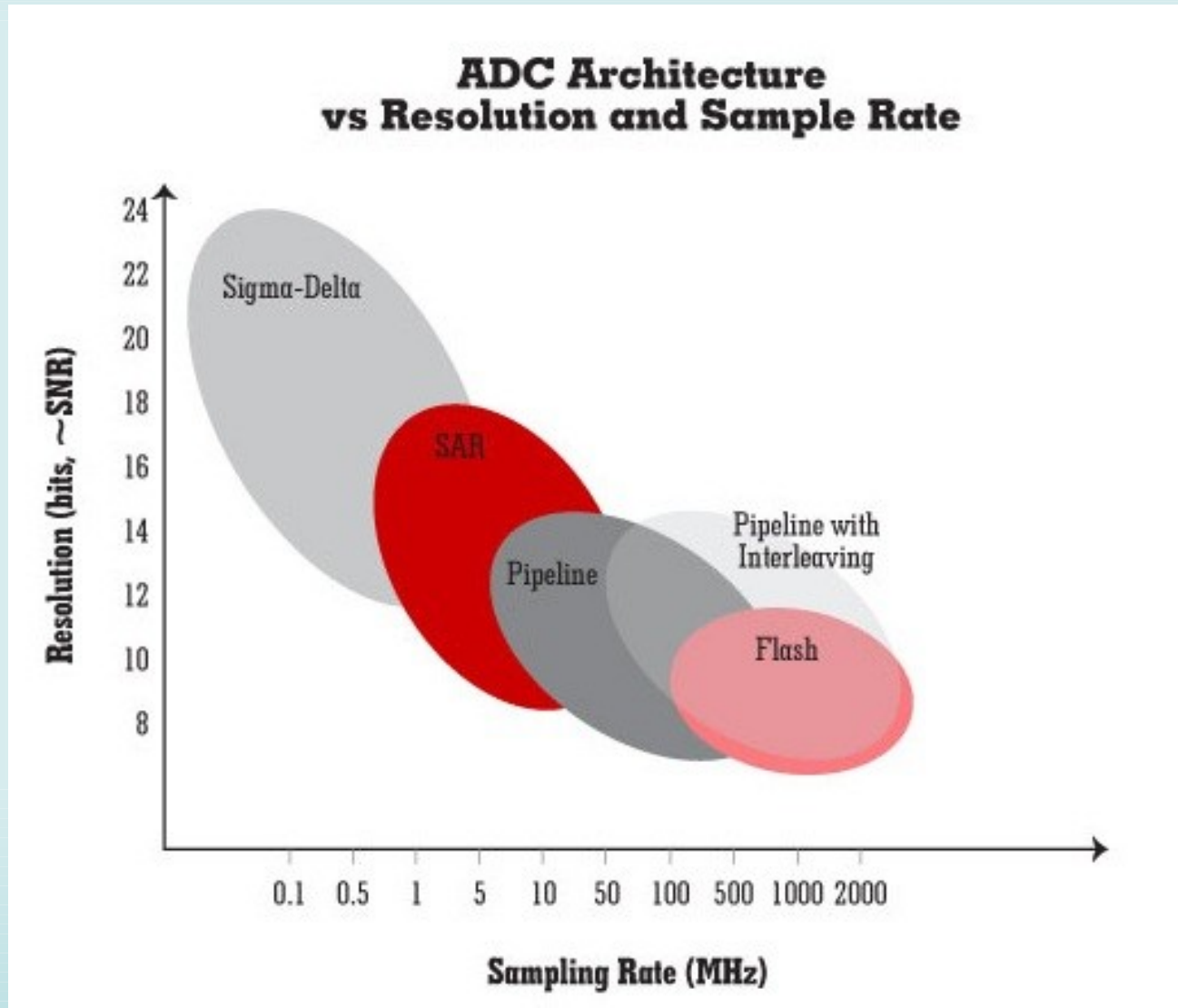
- ALIMENTACIÓN DEL AD: 3,3V
- TENSIÓN DE DC: 300 mV
- RESOLUCIÓN DESEADA: 1μV

• GANANCIA MÁXIMA: 10

• DEBO RESOLVER 10μV EN 3,3V          1 EN 330.000

19 BITS!!!!

# QUE CONVERTOR?



# UNA ANALOGÍA...



# MÉTODO 1 (CONVERSIÓN EN ALTERNA)

ZOOM



# MÉTODO 2 (CONVERSIÓN EN CONTINUA)

~~ZOOM~~



TIENE ALGUNA DESVENTAJA????

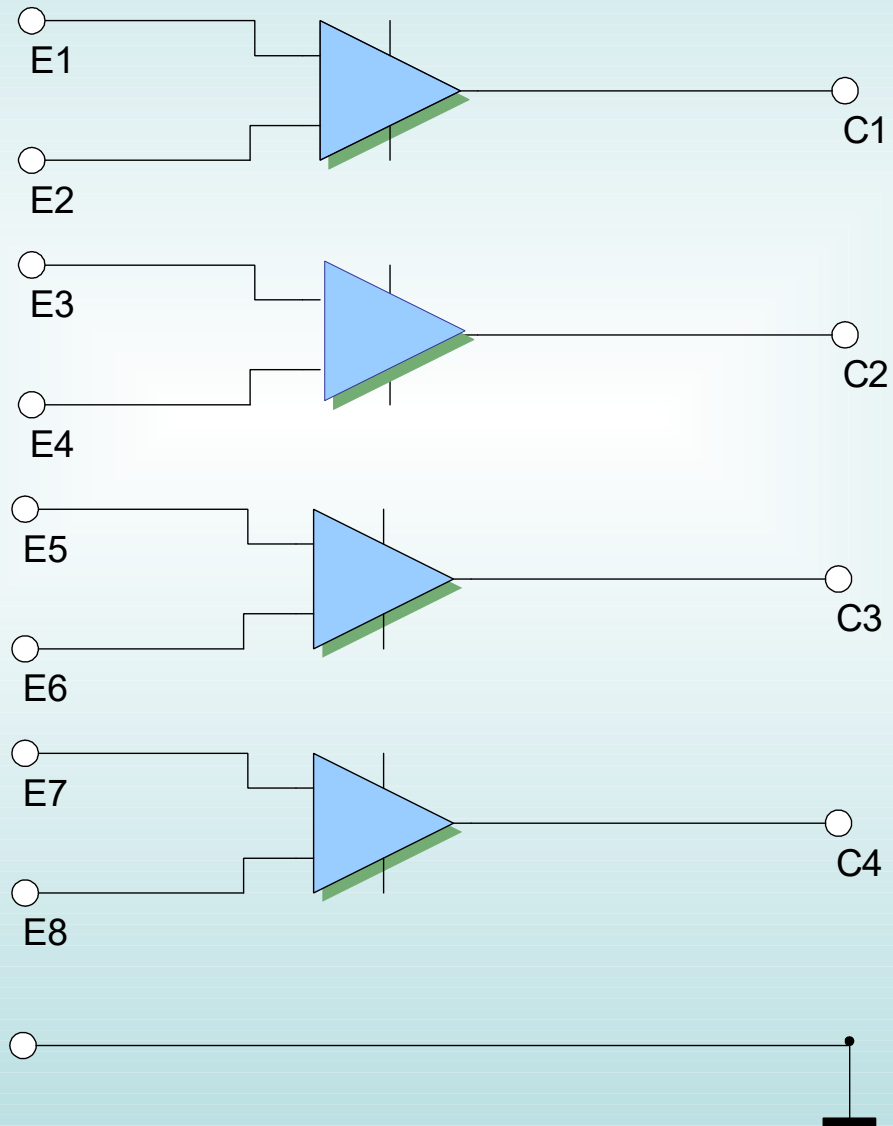
- ALMACENAMIENTO
- TRANSMISIÓN



# AMPLIFICADORES MULTICANALES

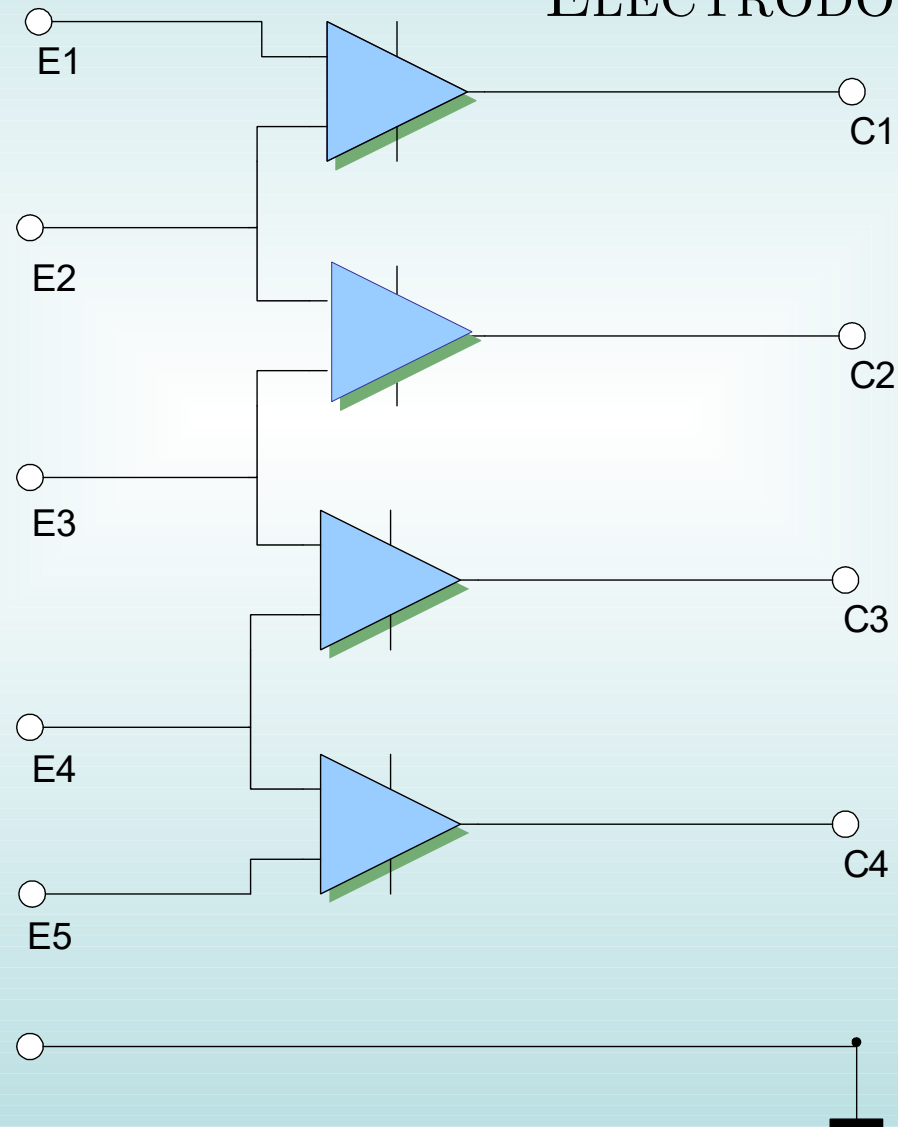


# AMPLIFICADORES MULTICANALES



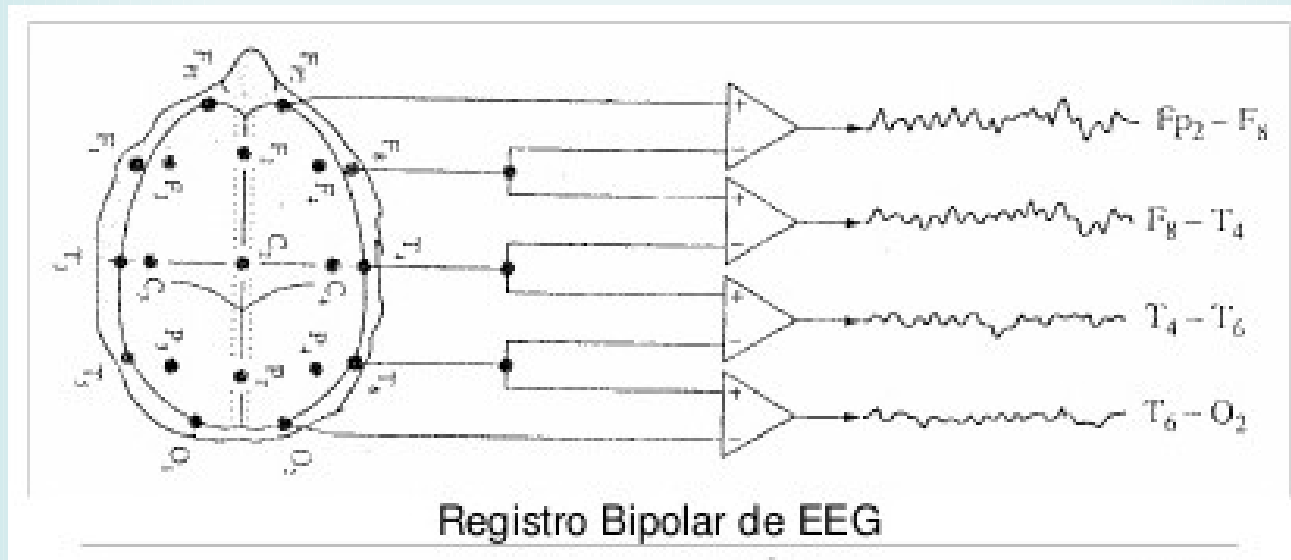
# AMPLIFICADORES MULTICANALES

ELECTRODO REPARTIDO

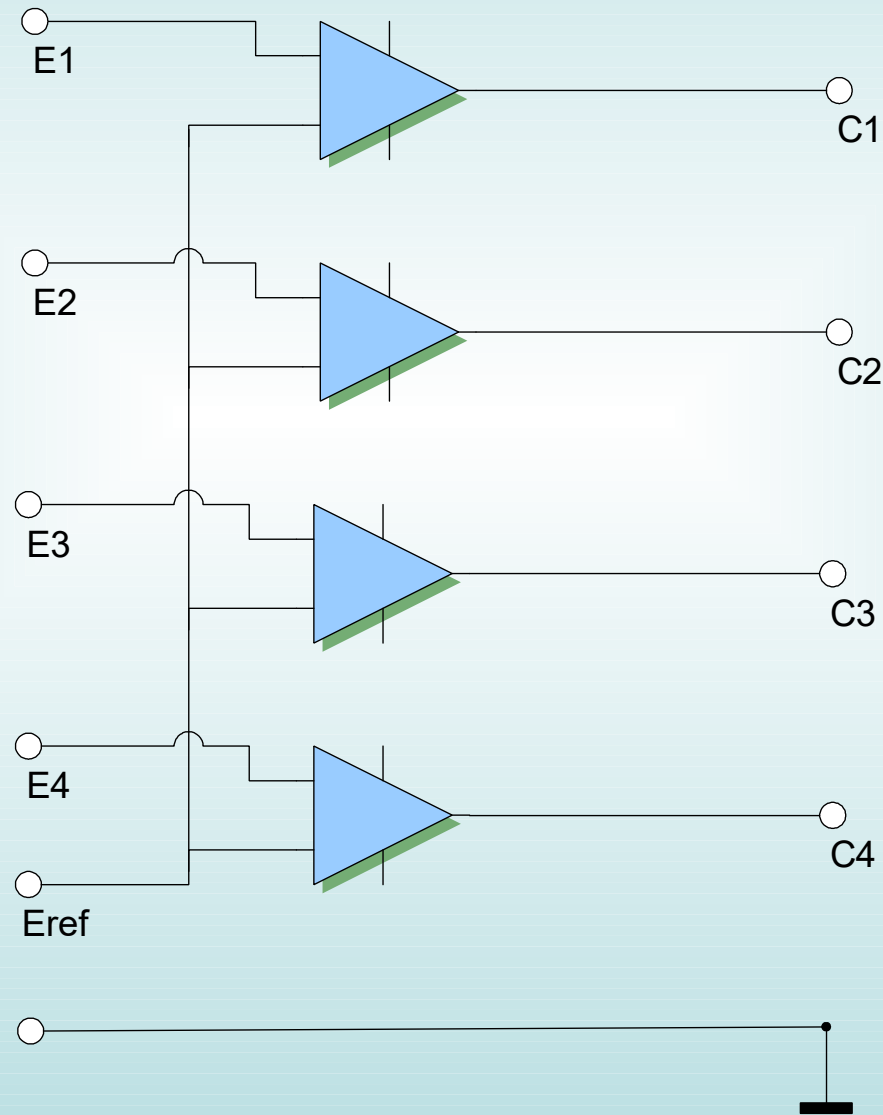


# AMPLIFICADORES MULTICANALES

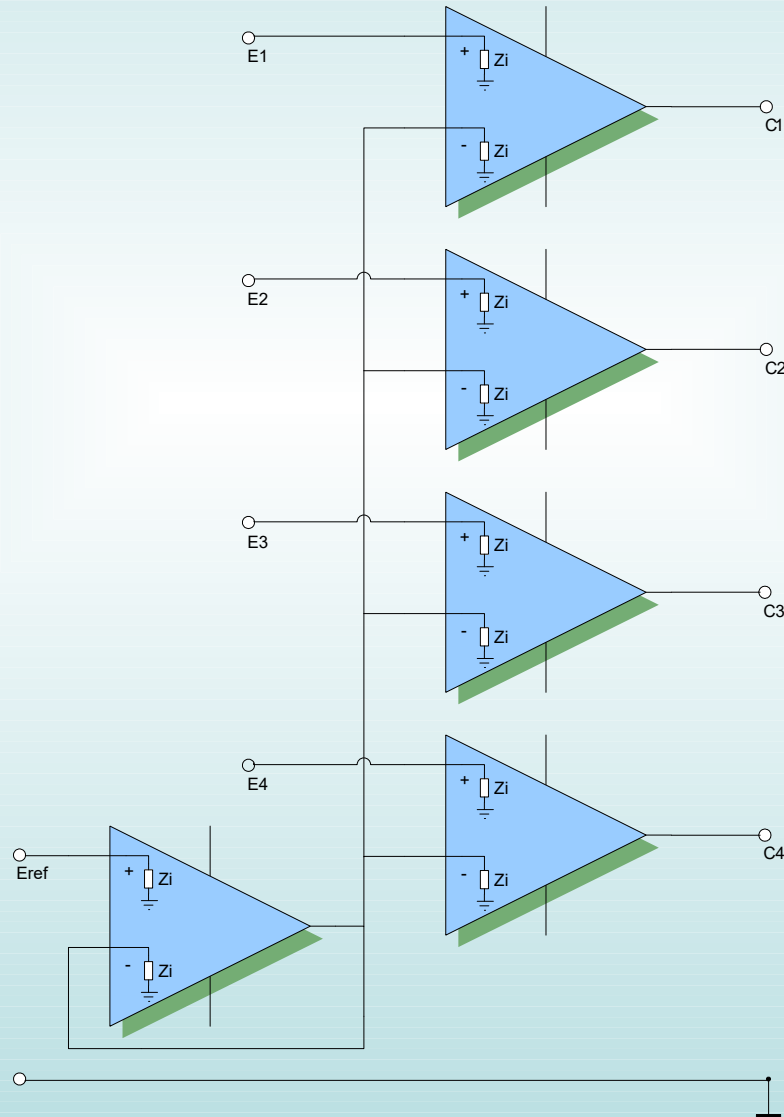
## ELECTRODO REPARTIDO



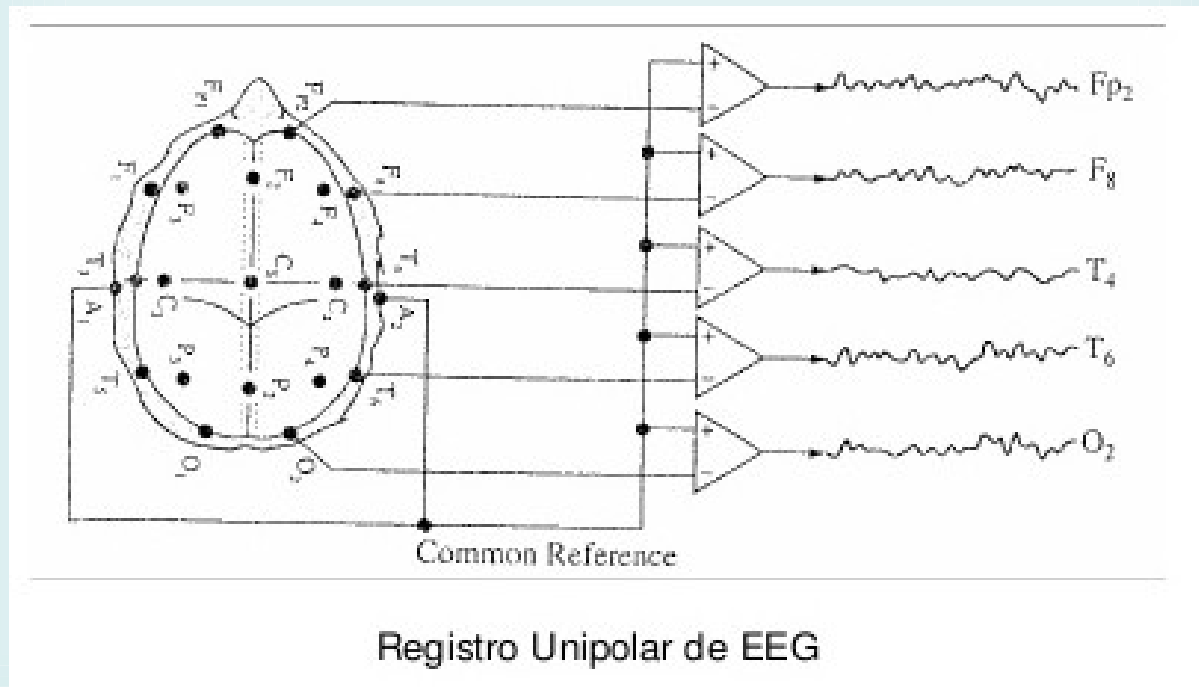
# CONFIGURACIÓN MONOPOLAR



# CONFIGURACIÓN MONOPOLAR



# CONFIGURACIÓN MONOPOLAR

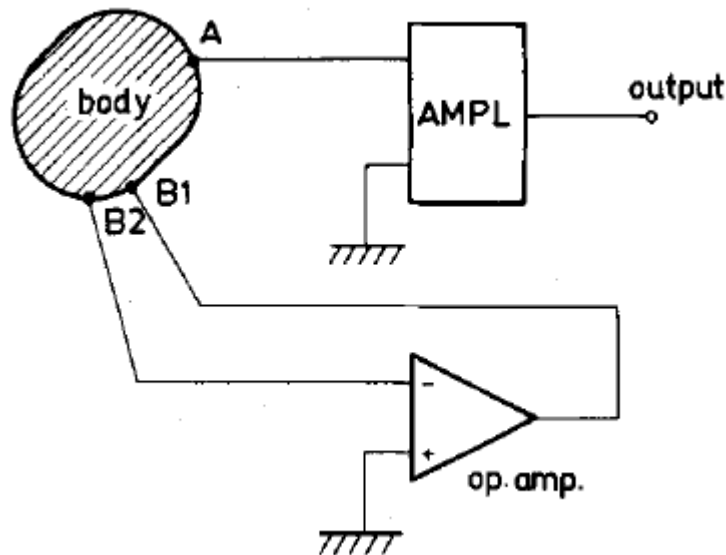


# BODY POTENTIAL DRIVING (BPD)

Med. & Biol. Eng. & Comput., 1982, 20, 248-250

## *Technical note*

### **Amplification of biosignals by body potential driving**

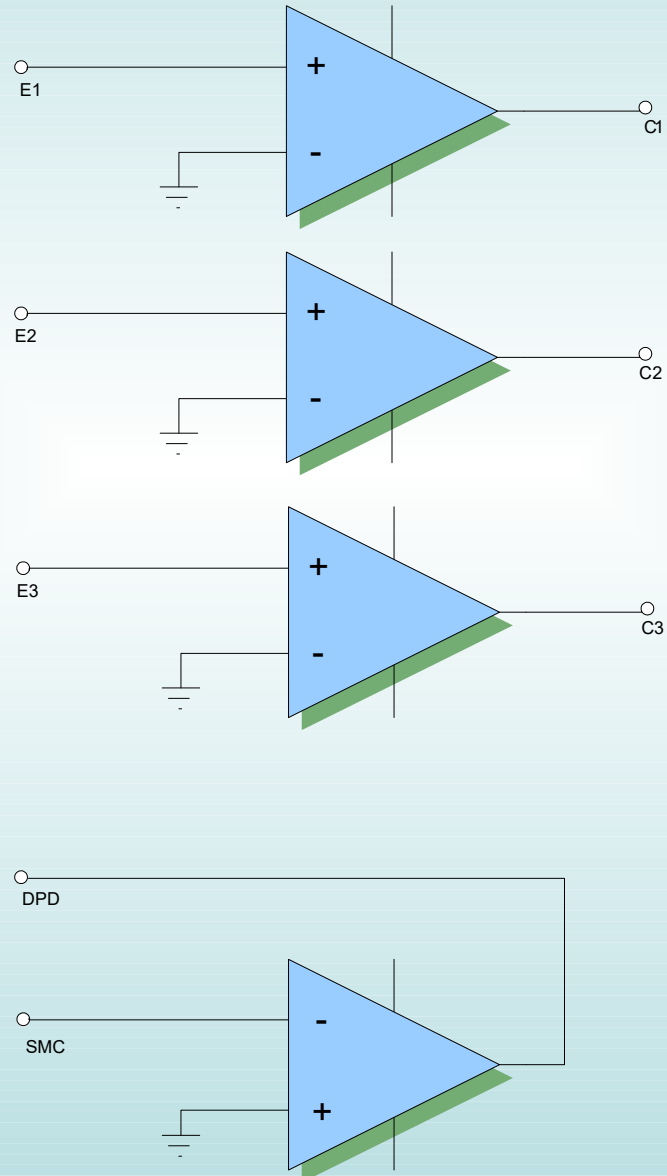


**Ch. L. Levkov**

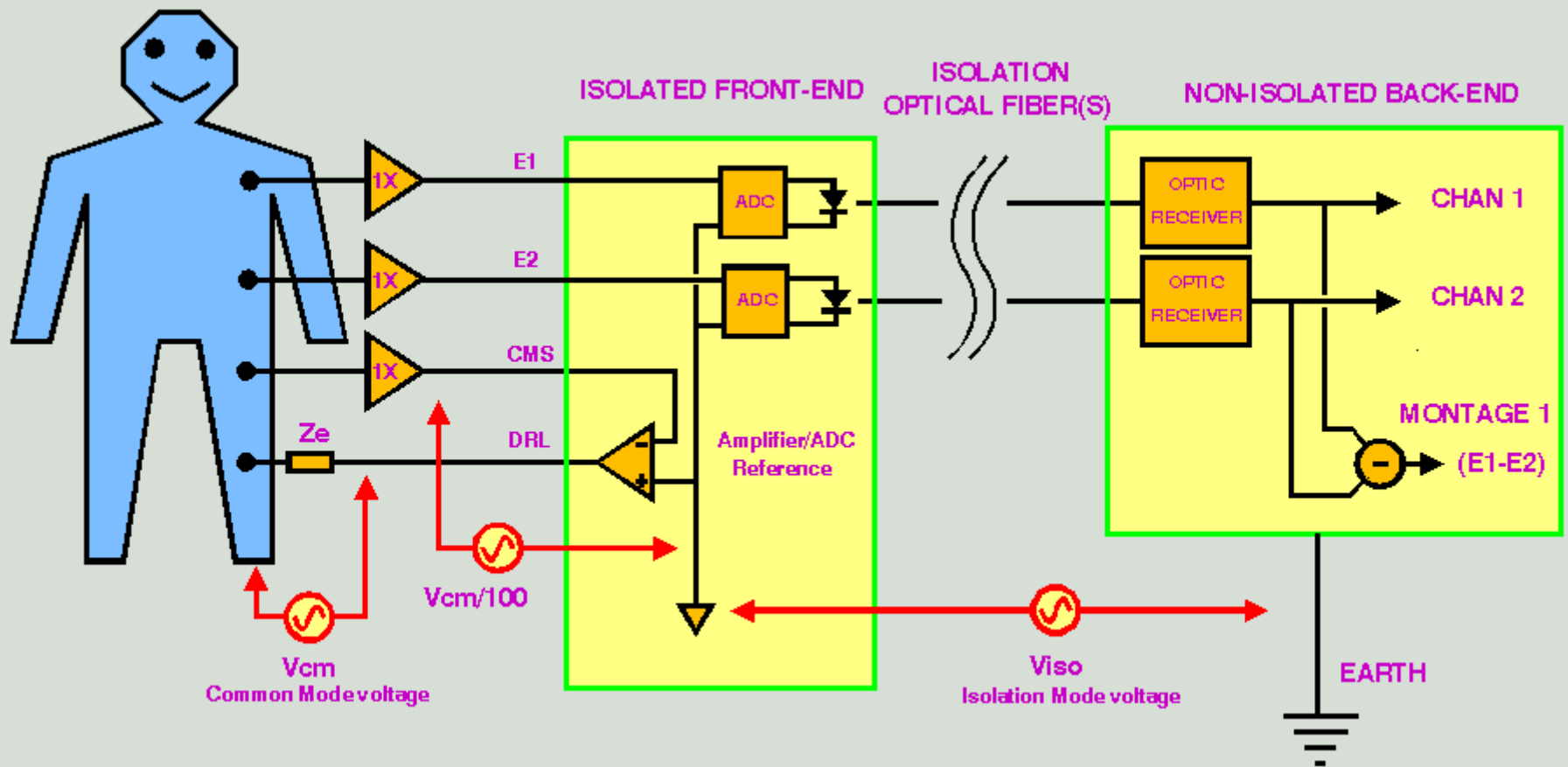
Institute of Biomedical Engineering, Medical Academy, 1 G. Sofiiski, Sofia 1431, Bulgaria



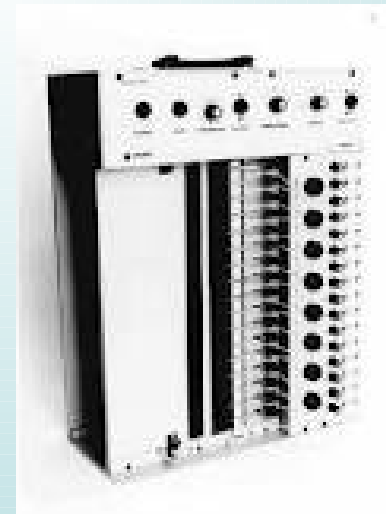
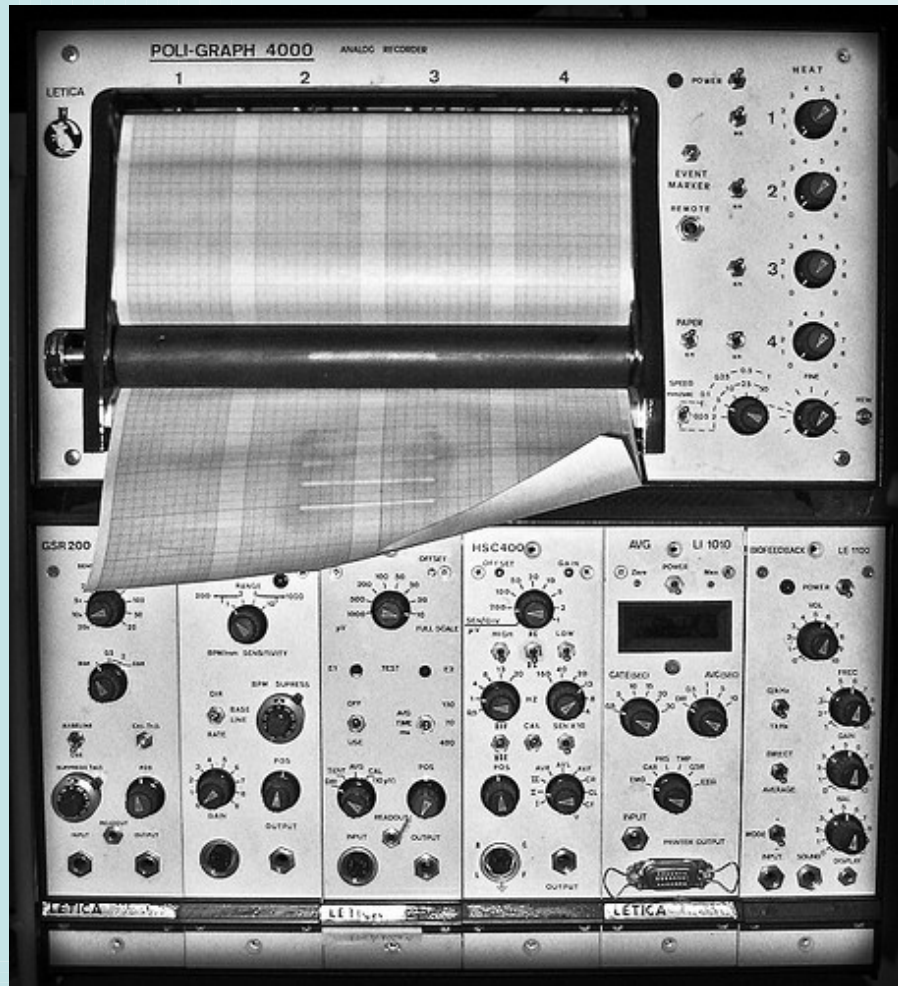
# BODY POTENTIAL DRIVING (BPD)



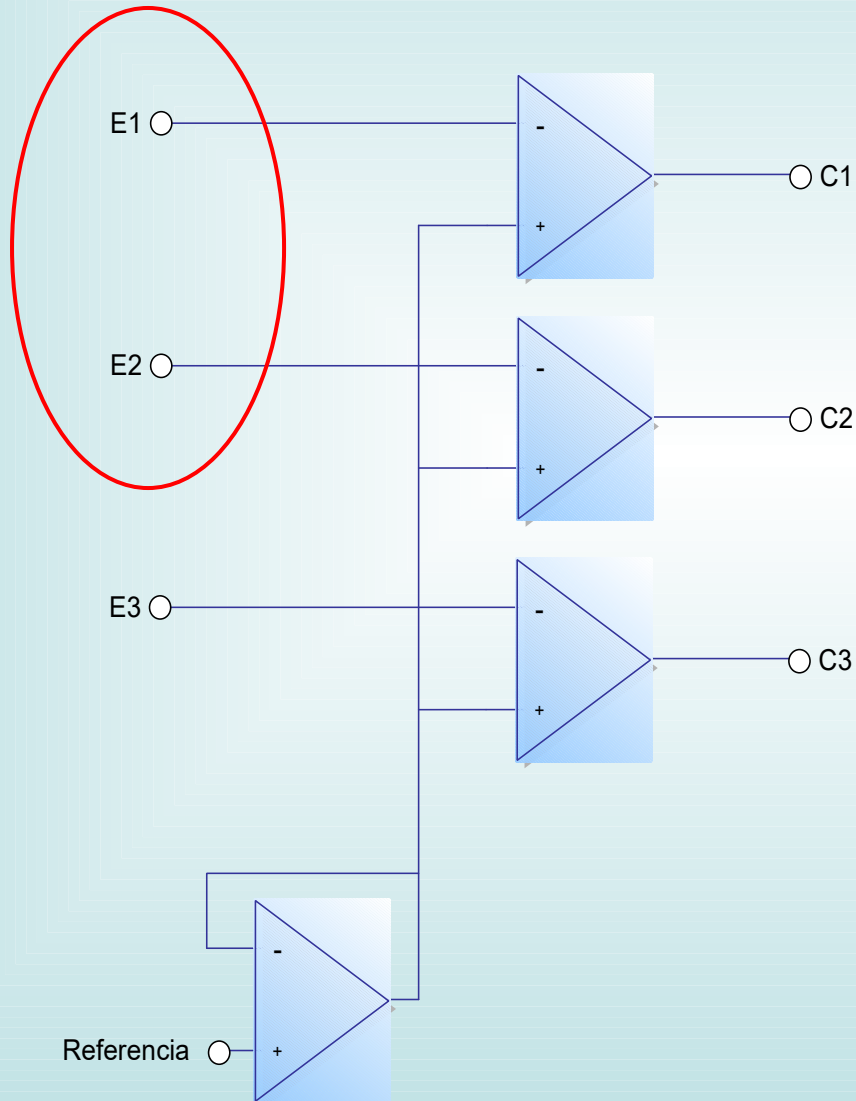
# BODY POTENTIAL DRIVING (BPD)



# BIPOLAR / MONOPOLAR?

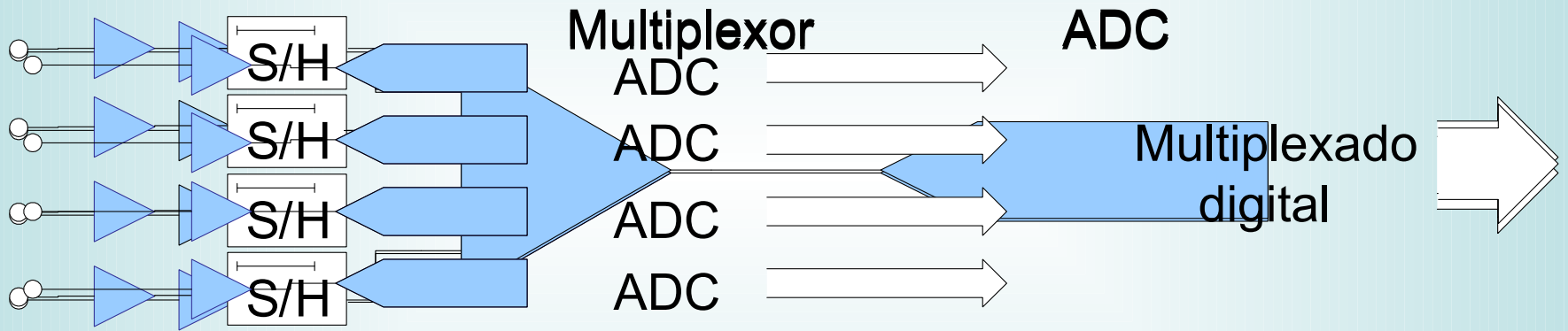


# DIFERENCIAL DIGITAL

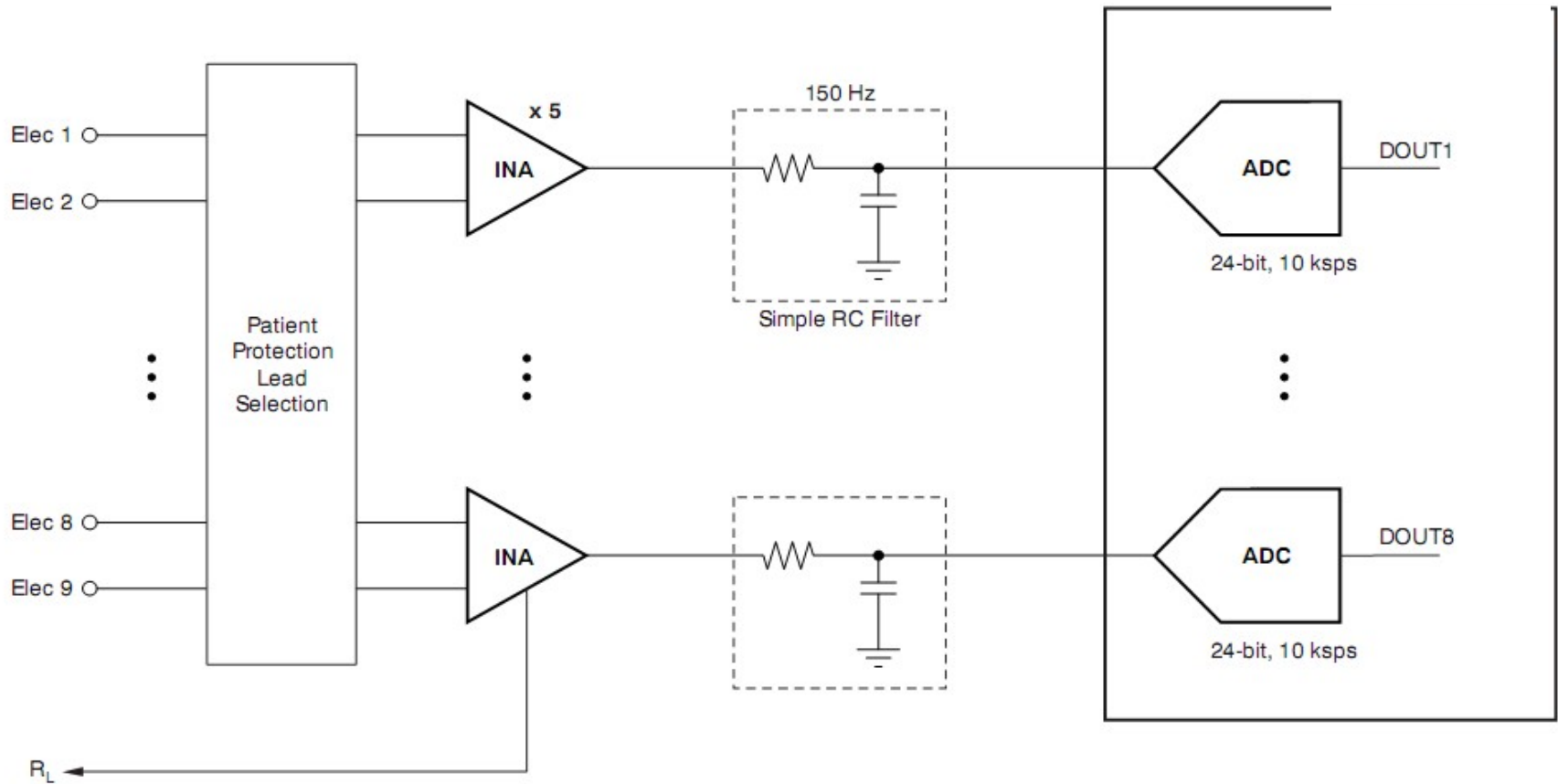


$$E2 - E1 = C2 - C1$$

# DIFERENCIAL DIGITAL



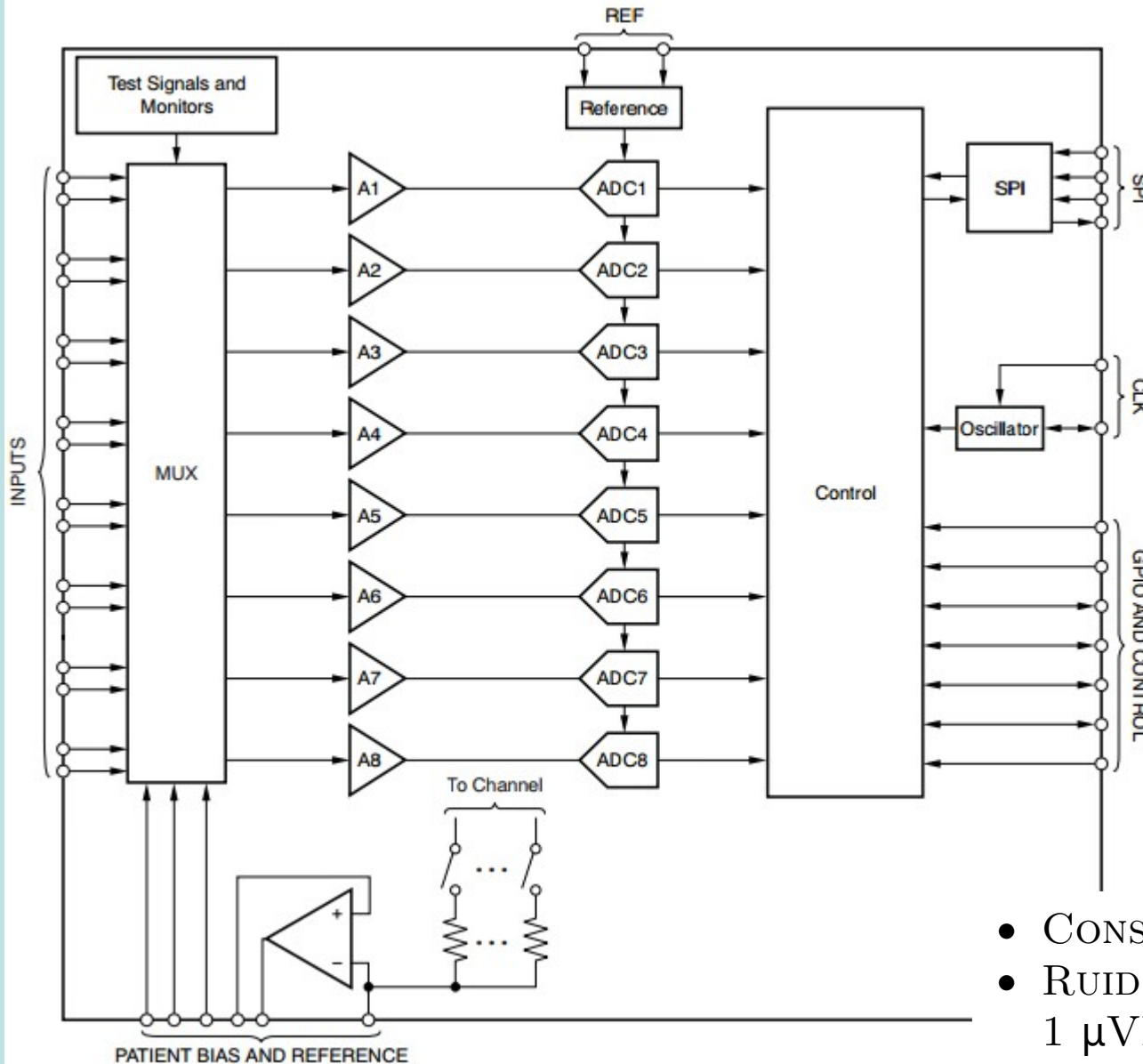
# AMPLIFICADOR MODERNO





# ADS 1299

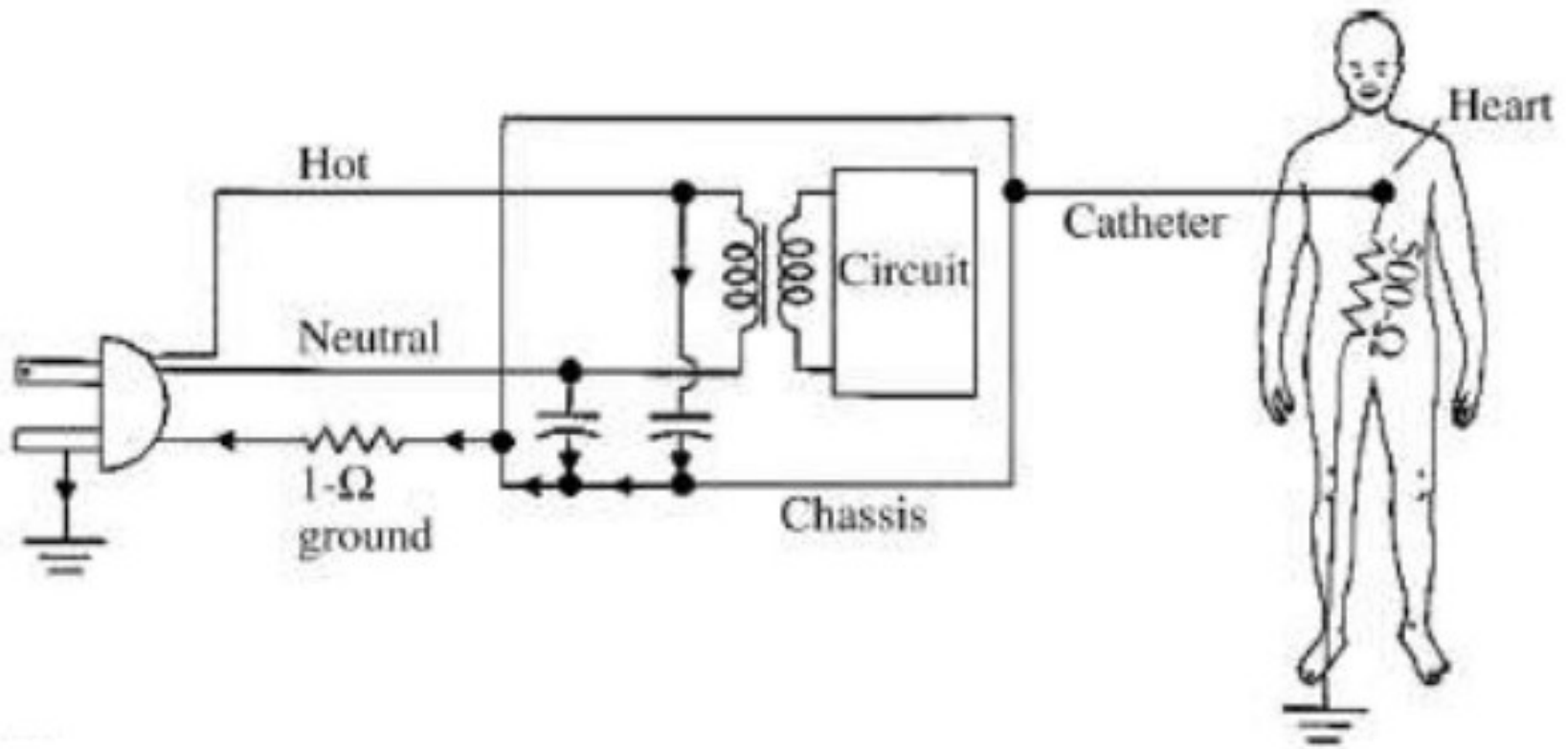
Año: 2012



- CONSUMO: 5 mW/CANAL
- RUIDO REF. A LA ENTRADA:  
1  $\mu$ VPP (70 Hz BW, G = 6)

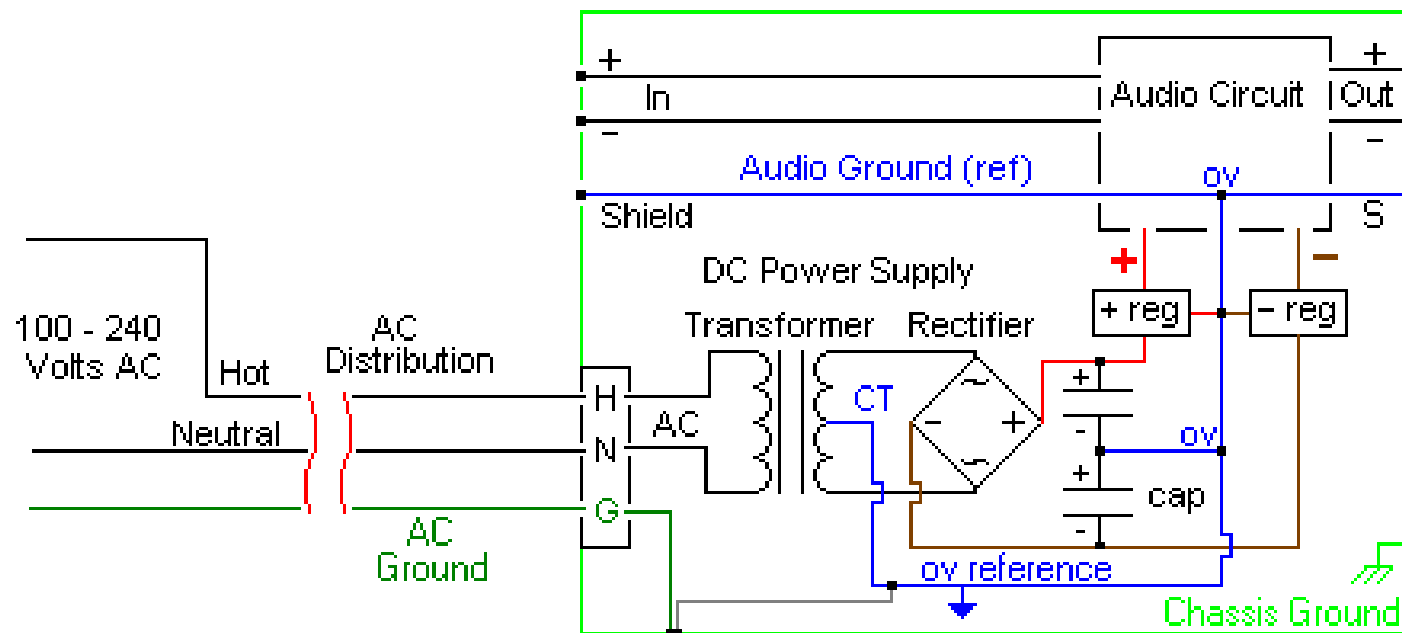


# NECESIDAD DE TIERRA AISLADA



# NECESIDAD DE TIERRA AISLADA

## CIRCUITO DE AUDIO



MUCHAS GRACIAS..