

FISIOLOGIA CUANTITATIVA

# Módulo 5: Sistema Nervioso

Señales bioeléctricas

# Contenidos

1

## Señales bioeléctricas

El cuerpo como generador de señales.  
Ejemplos de biopotenciales..

2

## EOG, EMG y ECG

Origen, medición y análisis. Particularidades de cada señal.

3

## Exploración práctica

Análisis en tiempo y frecuencia. Puntos característicos. Discusión.

# Contenidos

1

## Señales bioeléctricas

El cuerpo como generador de señales.  
Ejemplos de biopotenciales..

2

## EOG, EMG y ECG

Origen, medición y análisis. Particularidades de cada señal.

3

## Exploración práctica

Análisis en tiempo y frecuencia. Puntos característicos. Discusión.

# Señales fisiológicas

---

Son necesarias para el estudio de organismos biológicos. De especial interés para investigación, diagnóstico, supervisión de tratamiento, o como medio de control de otros sistemas.

El análisis de estas señales trae implícito un entendimiento de los mecanismos fisiológicos que intervienen en su generación.

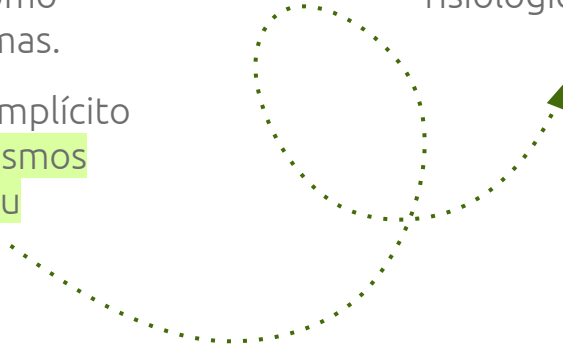
# Señales fisiológicas

---

Son necesarias para el estudio de organismos biológicos. De especial interés para investigación, diagnóstico, supervisión de tratamiento, o como medio de control de otros sistemas.

El análisis de estas señales trae implícito un entendimiento de los mecanismos fisiológicos que intervienen en su generación.

Aún si un modelo no es postulado, los procedimientos analíticos implican el uso de cierto modelado del proceso fisiológico.



# Señales fisiológicas

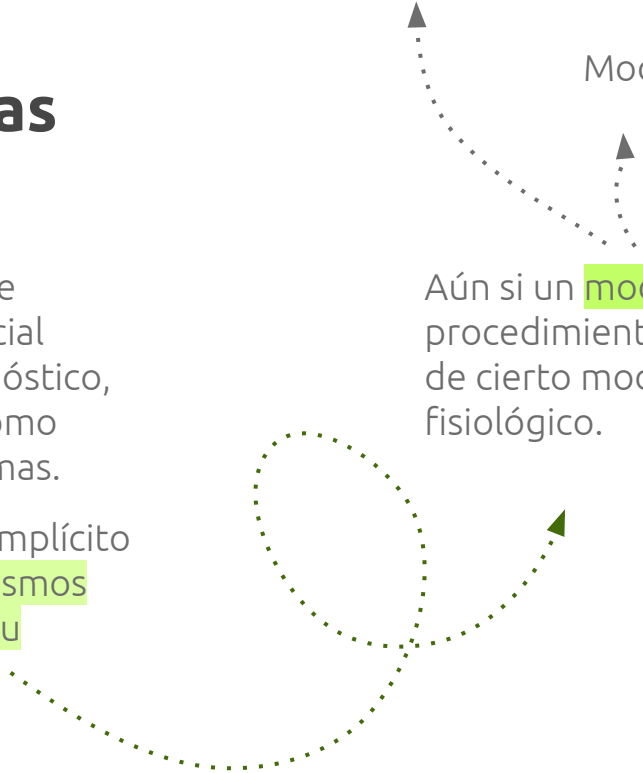
Son necesarias para el estudio de organismos biológicos. De especial interés para investigación, diagnóstico, supervisión de tratamiento, o como medio de control de otros sistemas.

El análisis de estas señales trae implícito un entendimiento de los mecanismos fisiológicos que intervienen en su generación.

Modelos biofísicos: matemáticos, eléctricos, químicos, mecánicos, entre otros.

Modelos de caja negra

Aún si un modelo no es postulado, los procedimientos analíticos implican el uso de cierto modelado del proceso fisiológico.



# Señales fisiológicas

## Otras (mecánicas, etc)

Algunas de las trabajadas hasta el momento:

- Presión
- Flujo
- Diámetro
- Volumen
- Concentración
- Temperatura

## De origen eléctrico

Señales bioeléctricas como:

- EMG
- ECG
- EOG
- EEG
- ERG
- Potenciales intracelulares
- Impedancia de un tejido
- GSR

# El origen de las señales bioeléctricas

---

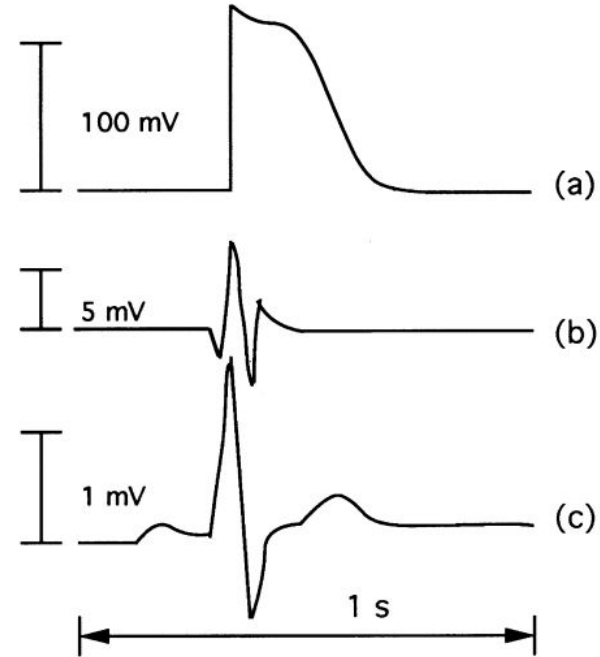
Varios órganos del cuerpo humano (corazón, cerebro, músculos, ojos) manifiestan sus funciones a través de actividad eléctrica. La medida de esas señales bioeléctricas provee información vital para evaluar el funcionamiento normal o patológico de dichos órganos.

El origen de estos biopotenciales se puede trazar hasta la actividad eléctrica a nivel celular: El potencial eléctrico transmembrana surge de la diferencia de concentración de iones a nivel intra y extracelular. Esta diferencia genera un potencial de reposo.

Algunas células son excitables y producen potenciales de acción, resultante del flujo rápido de iones a través de la membrana en respuesta a un estímulo o cambio de gradiente eléctrico. Estos cambios generan corrientes eléctricas en el entorno, que se manifiestan como diferencias de potencial en el cuerpo.



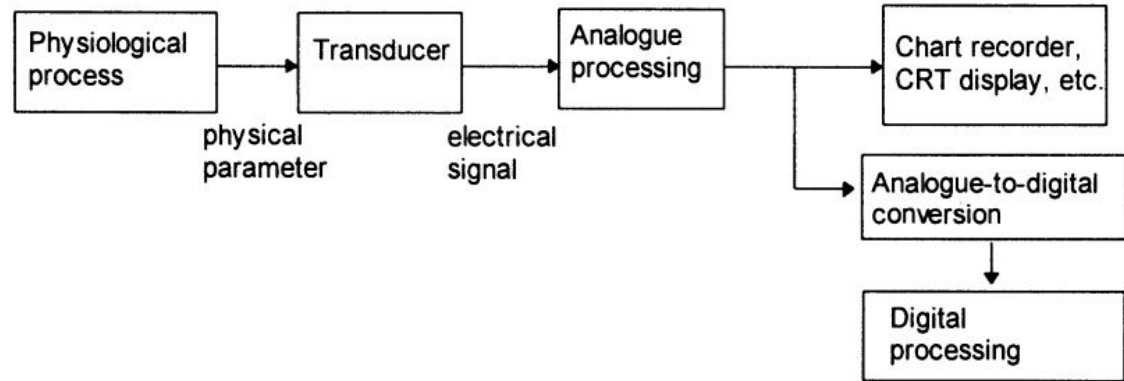
# Ejemplos de señales



**FIGURE 74.2** Schematic showing origins of biopotentials: (a) an action potential from a heart cell (recorded using a microelectrode); (b) the electrogram from the heart surface (recorded using an endocardial catheter); and (c) the ECG signal at the chest (recorded using surface electrodes).

# Medición de señales fisiológicas

---



*Figure 2-1.* Block diagram of a general physiological measurement system.

# Contenidos

1

## Señales bioeléctricas

El cuerpo como generador de señales.  
Ejemplos de biopotenciales..

2

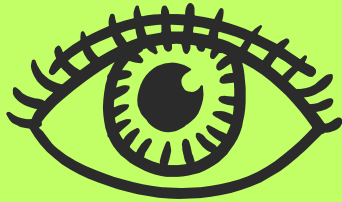
## EOG, EMG y ECG

Origen, medición y análisis. Particularidades de cada señal.

3

## Exploración práctica

Análisis en tiempo y frecuencia. Puntos característicos. Discusión.

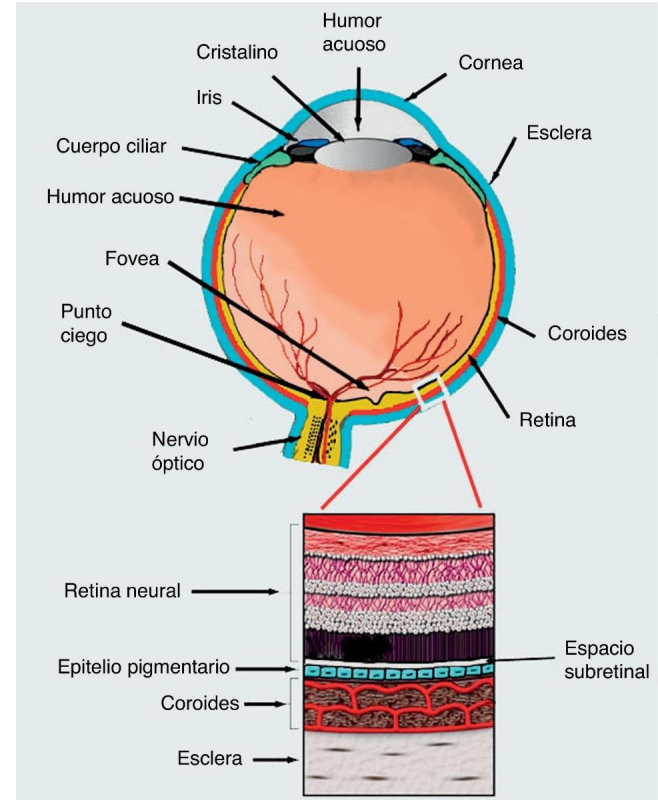


# Electrooculograma

Registro de los movimientos  
oculares.

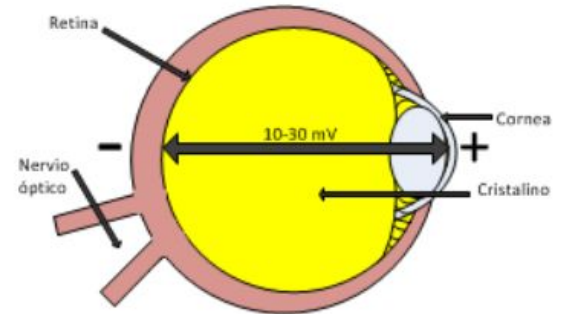
# La visión

- Está compuesto por los párpados, los globos oculares, el aparato lagrimal y los músculos oculares externos.
- La pared del ojo está formada por tres capas:
  - La capa externa
  - La capa media
  - La capa interna (retina)



# El ojo humano como dipolo eléctrico

- Se puede considerar un dipolo eléctrico entre el epitelio pigmentario de la retina y la córnea. Esto es así debido a la diferencia de potencial de reposo que existe entre las células que conforman estas dos estructuras.
- El epitelio pigmentario es electronegativo respecto a la córnea.



**Figura 1.** El ojo modelado como un dipolo.

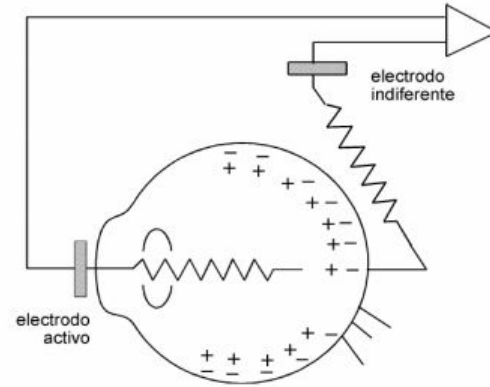
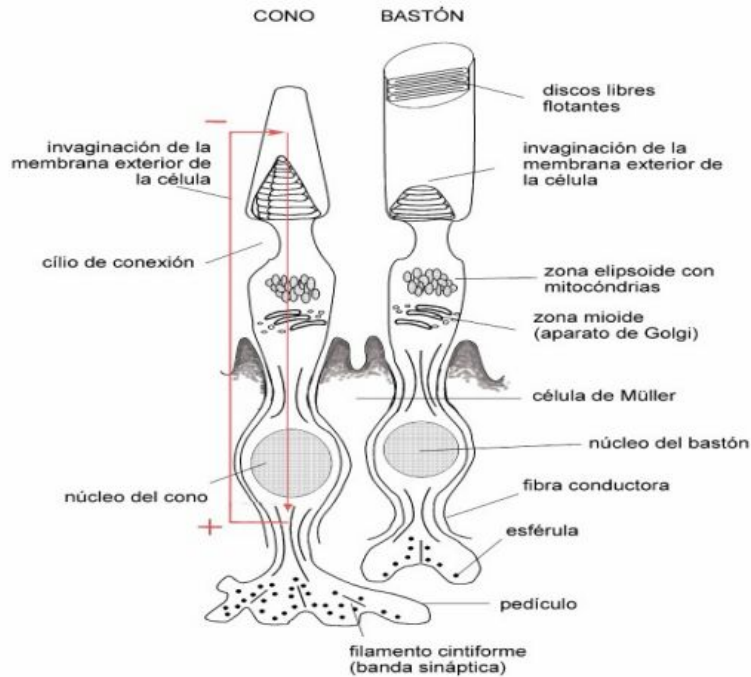


Figura 3.5: Dipolo eléctrico Ocular. Disposición de las cargas a lo largo de la retina. Figura tomada de [02]



Diferencia de potencial de 6mV entre estructuras anteriores y posteriores.  
(In vivo)

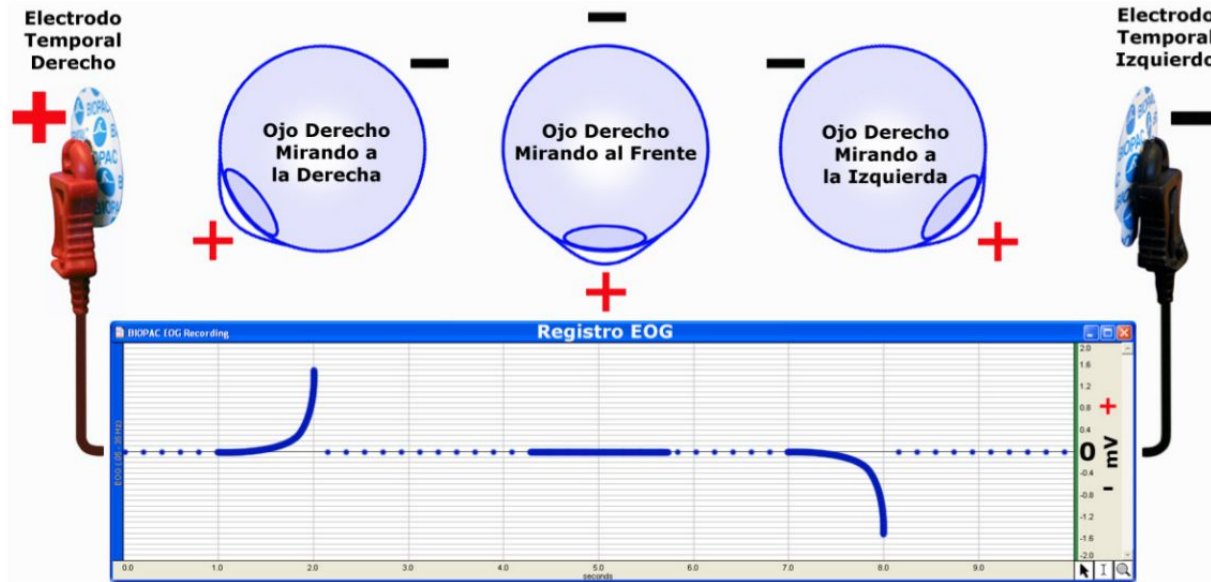
# Electrooculograma (EOG)

---

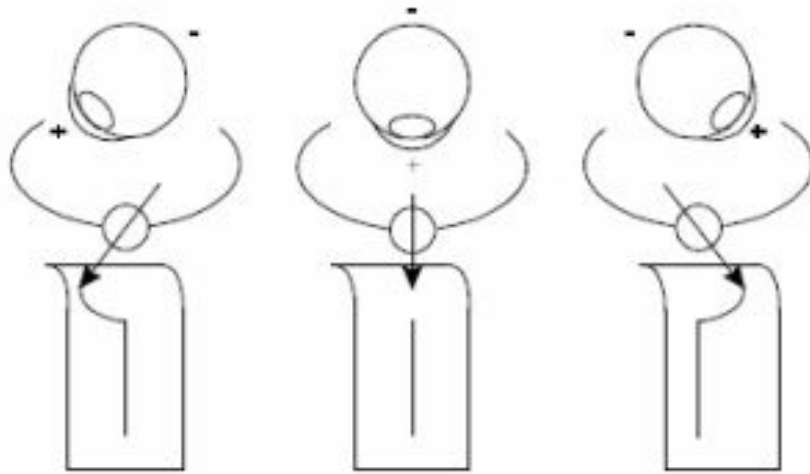
- Registro de los movimientos oculares según la diferencia de potencial existente entre la córnea y el epitelio pigmentario de la retina. Esta diferencia de potencial, permite considerar un dipolo eléctrico y un momento dipolar. La retina, corresponde al extremo electronegativo y la córnea, al electropositivo.
- Ancho de banda entre 0 - 50Hz. Con amplitudes entre 0.05 y 3.5mV.
- El cambio de dirección del dipolo según el sentido del movimiento de los ojos y la angulación, permite un cambio de polaridad y amplitud en la señal del EOG. Entonces, los cambios en el EOG, nos permite determinar el movimiento de los ojos en dirección y grados de angulación.
- Es posible entonces, detectar la posición de los ojos mediante el EOG.



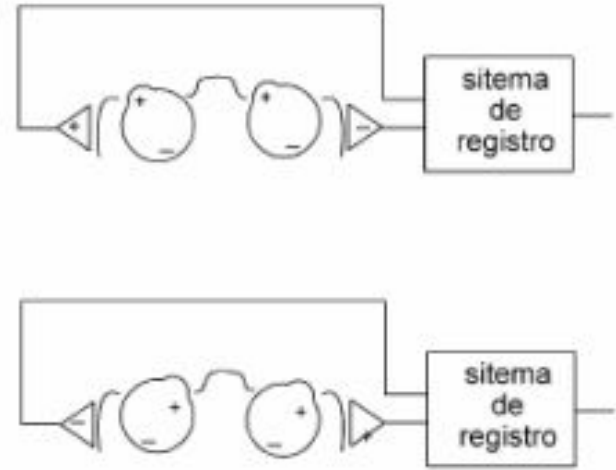
# Fundamento técnico del EOG



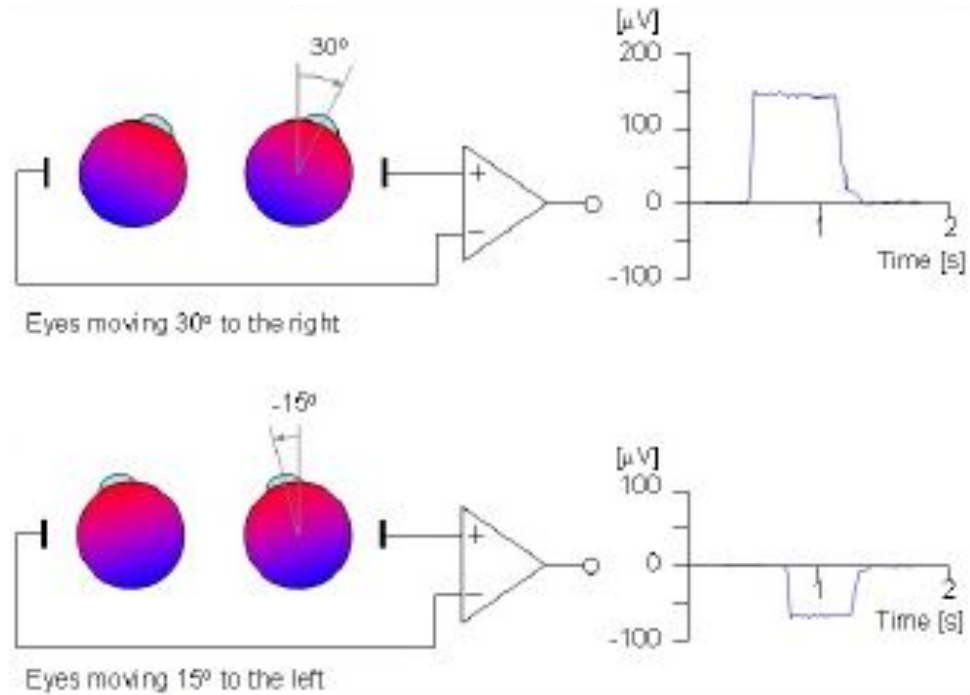
# Fundamento técnico del EOG



(a)



(b)



La dirección del vector del dipolo eléctrico es captada por un electrodo de registro, y la angulación del mismo determinará la amplitud de la onda registrada

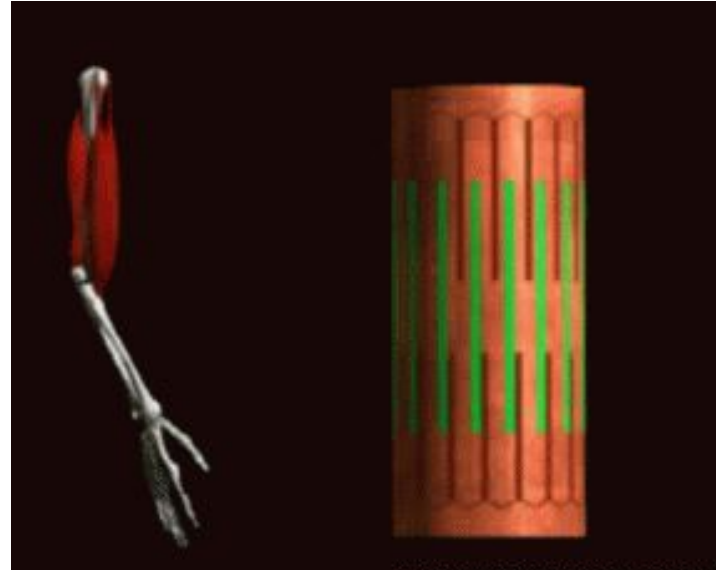


## Electromiograma

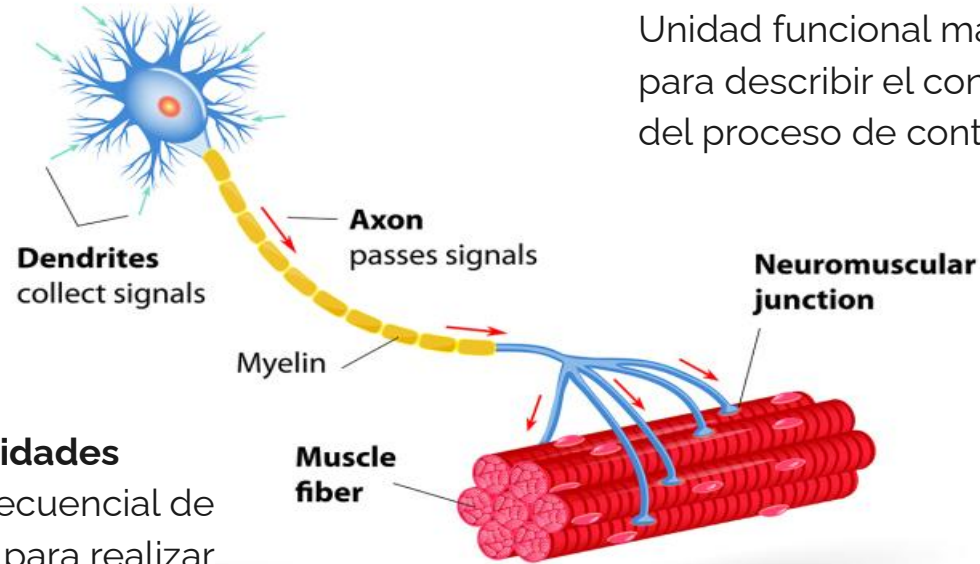
Registro de la actividad eléctrica sobre un grupo de fibras musculares

## Recordamos conceptos de contracción muscular

- Es el conjunto de activaciones individuales de las fibras de un músculo.
- La cantidad de fibras reclutadas (activadas) dependerá de la fuerza que deseamos generar.
- Cuanto más fuerza se desea, más fibras se reclutan.
- Proceso activo, que consume grandes cantidades de energía.



# Unidad motora



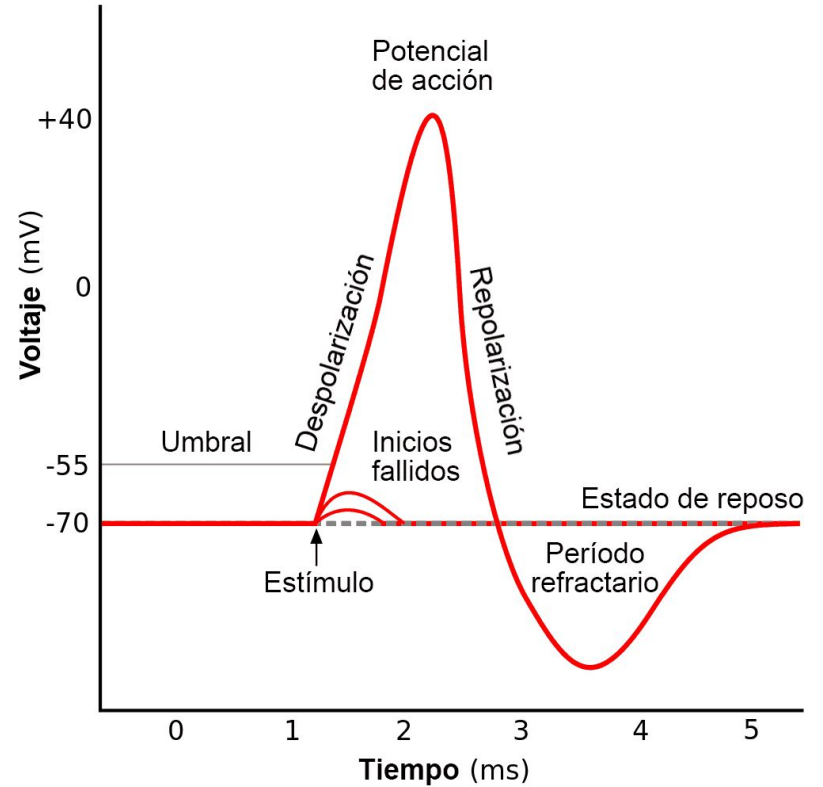
Unidad funcional más pequeña para describir el control neural del proceso de contracción

**Reclutamiento de unidades motoras:** activación secuencial de las unidades motoras para realizar una tarea

# Potencial de acción

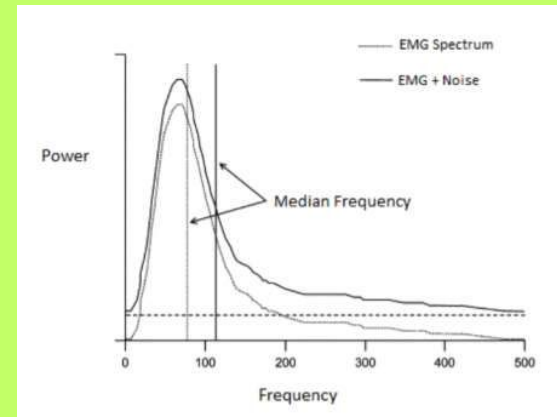
El potencial de acción llega por el axón de la neurona que inerva al músculo en cuestión, provocando la liberación de mediadores químicos que logran la activación de la fibra muscular a través de la despolarización del sarcolema.

<1 ms	+	+	+	+	+	+	+	+
	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Axón</b>	-	-	-	-	-	-	-	-
	+	+	+	+	+	+	+	+



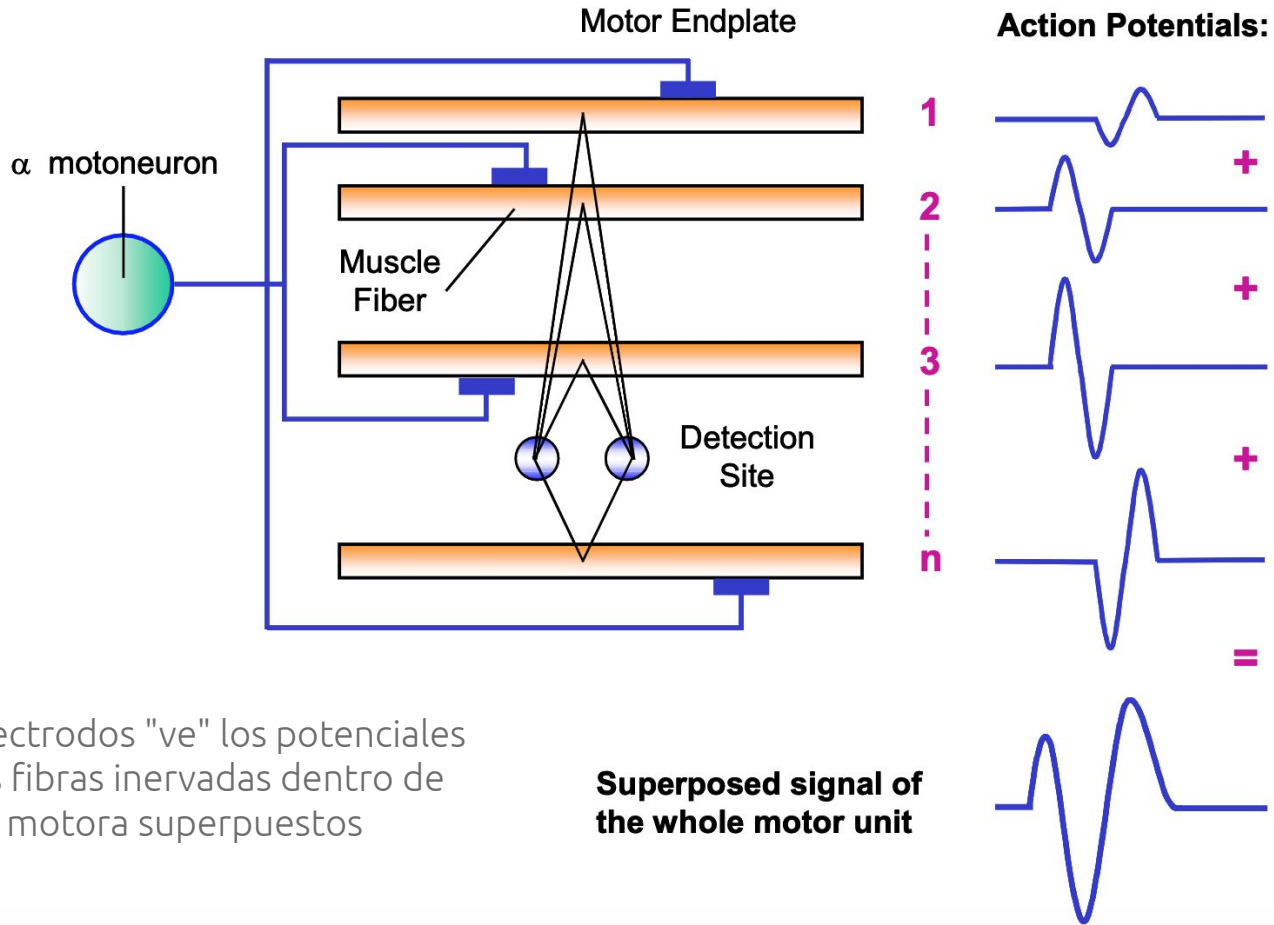
# Electromiograma (EMG)

- Registro no invasivo o mínimamente invasivo de la actividad eléctrica muscular a través de electrodos periféricos o pequeñas agujas sobre el músculo.
- El fundamento es la despolarización conjunta y sincronizada de un grupo numeroso de fibras musculares, capaces de generar corriente eléctrica que se transmite a través de la piel y se puede registrar desde la misma.

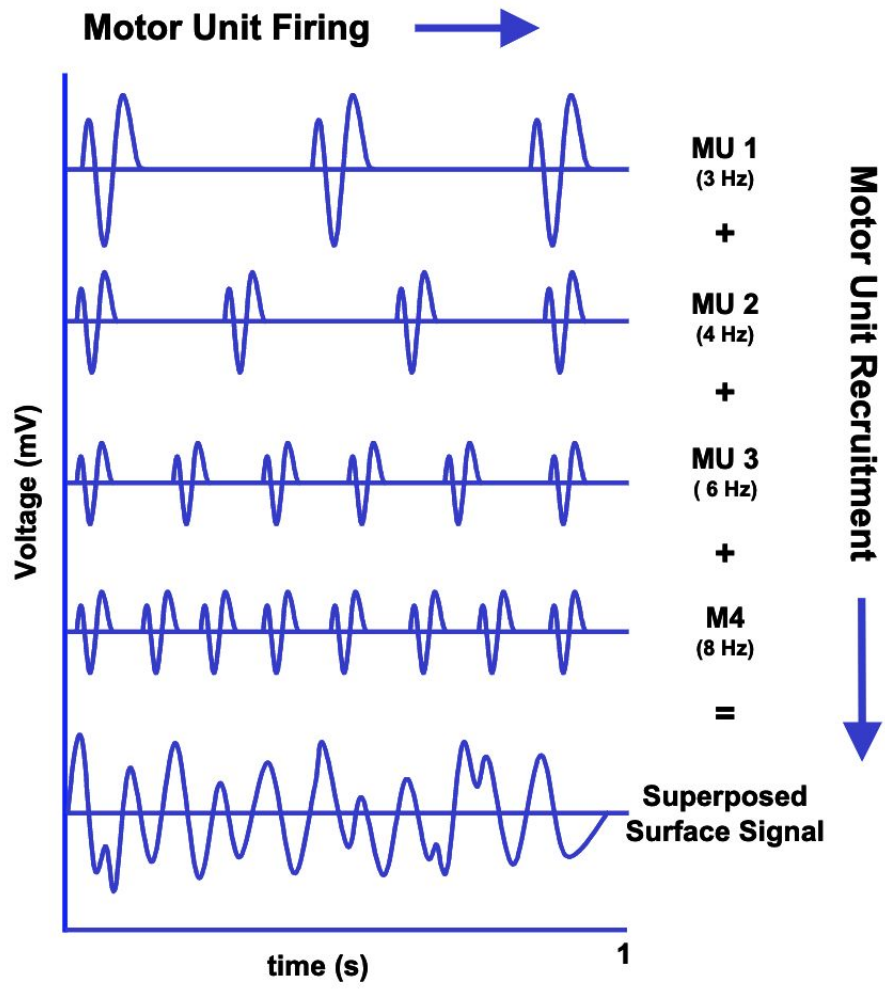


- Permite estudiar la funcionalidad muscular de un grupo o de un músculo solo, analizando de forma indirecta el acoplamiento ELECTROMECAÁNICO.
- Permite diagnosticar disfunciones musculares o nerviosas.
- Ancho de banda contenida entre 0 Hz y 150 Hz. Con amplitudes entre 0.1 y 5mV.

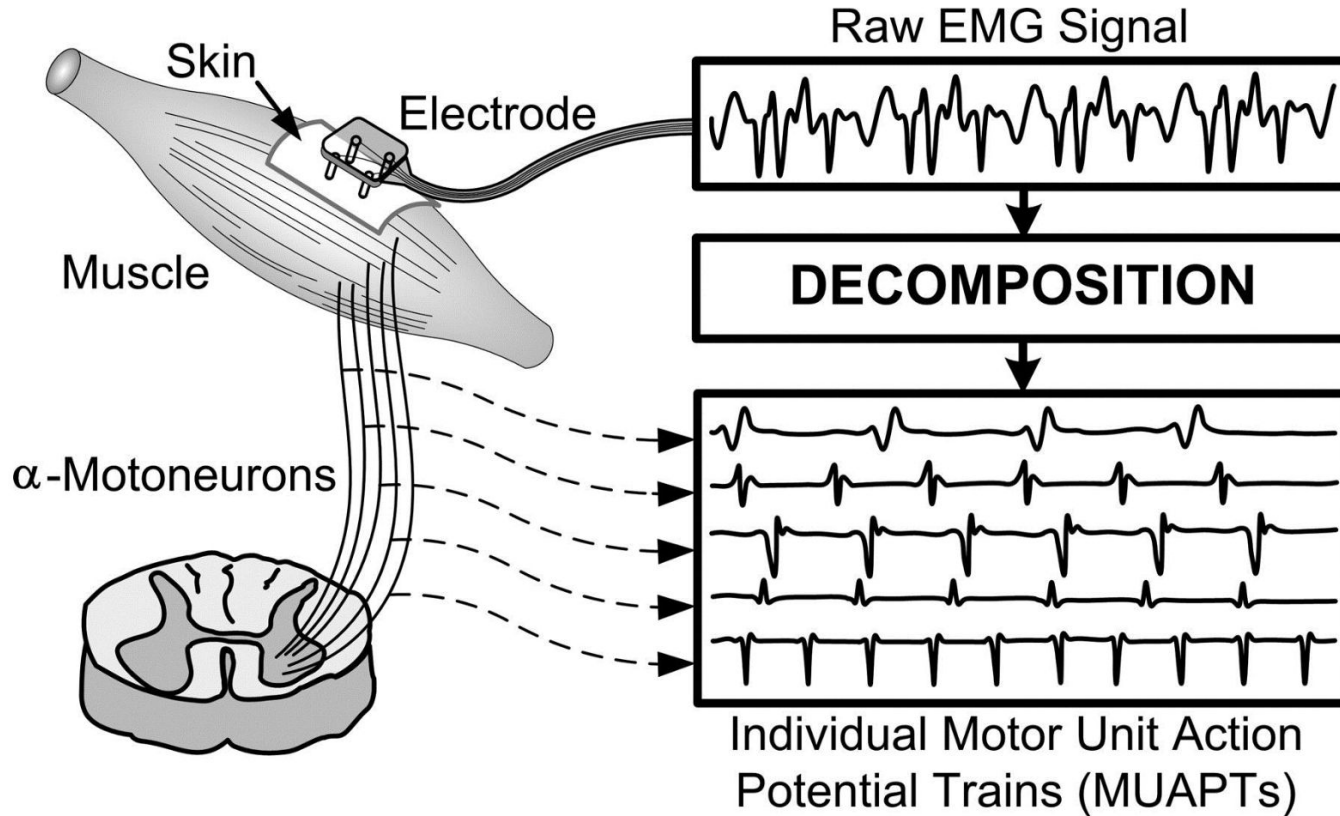


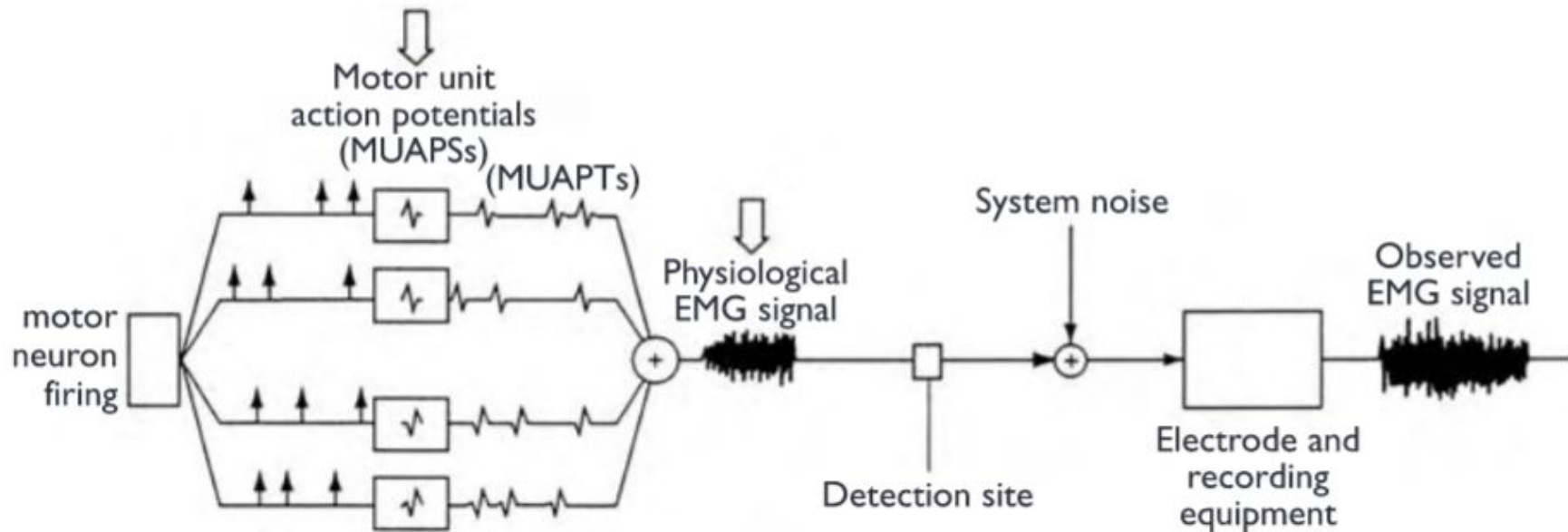


El par de electrodos "ve" los potenciales de todas las fibras inervadas dentro de esta unidad motora superpuestos

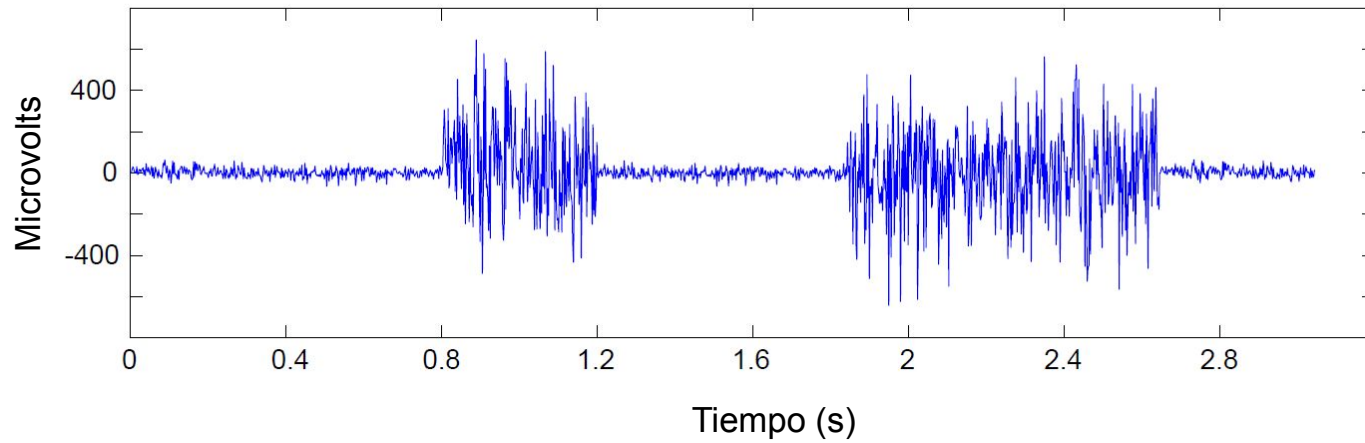


La EMG detecta la actividad eléctrica de las unidades motoras

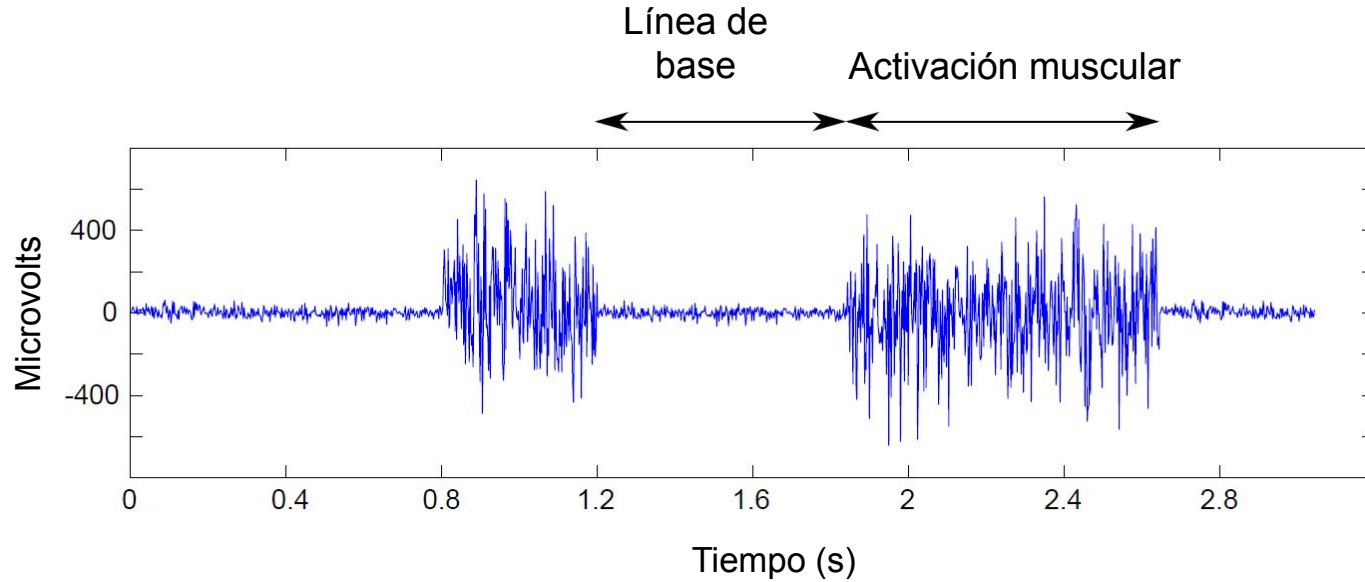


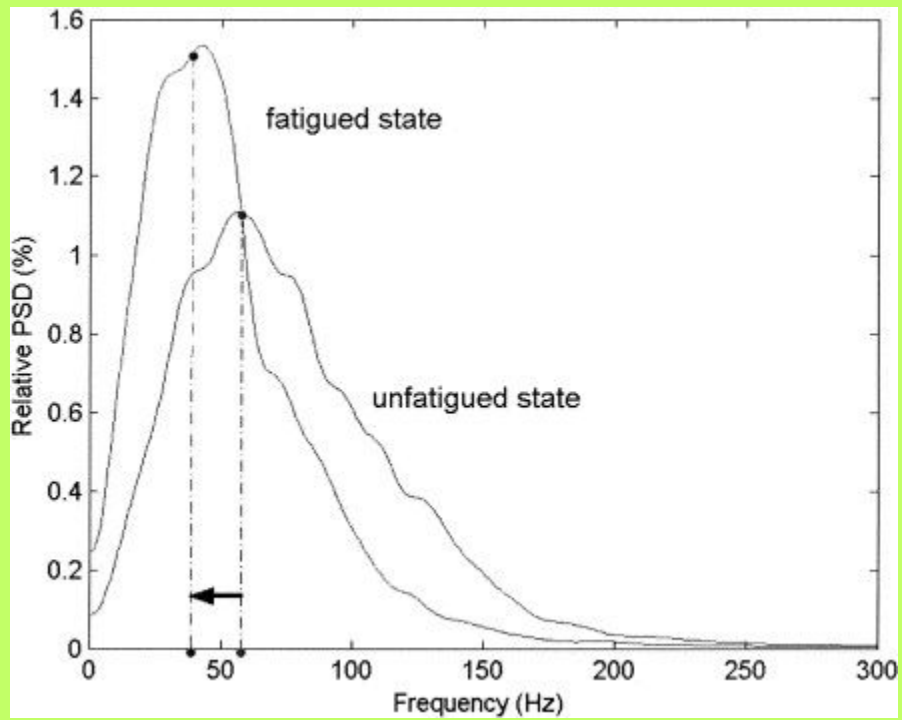


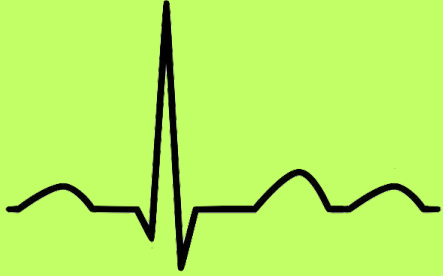
# Señal de EMG



# Señal de EMG







# Electrocardiograma

Registro de la actividad eléctrica del corazón

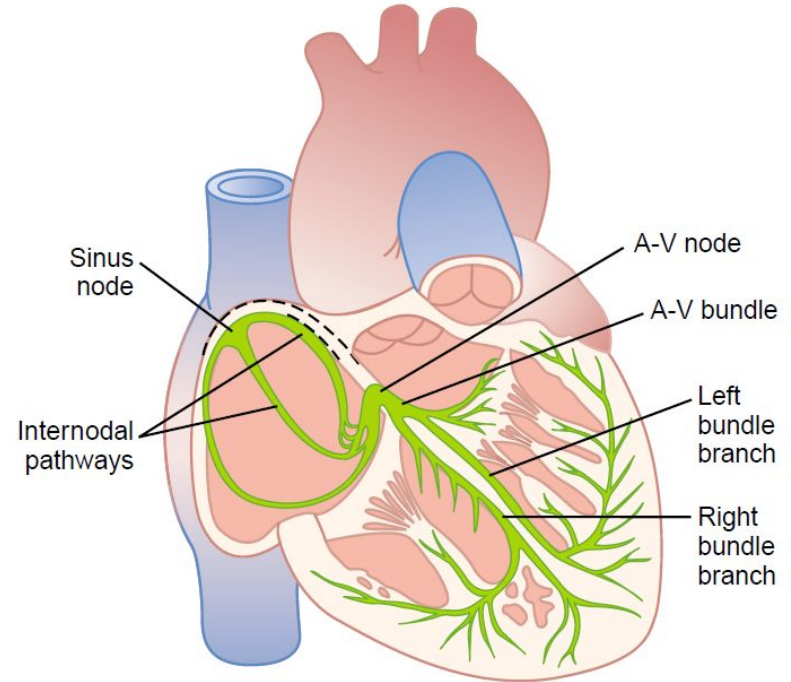


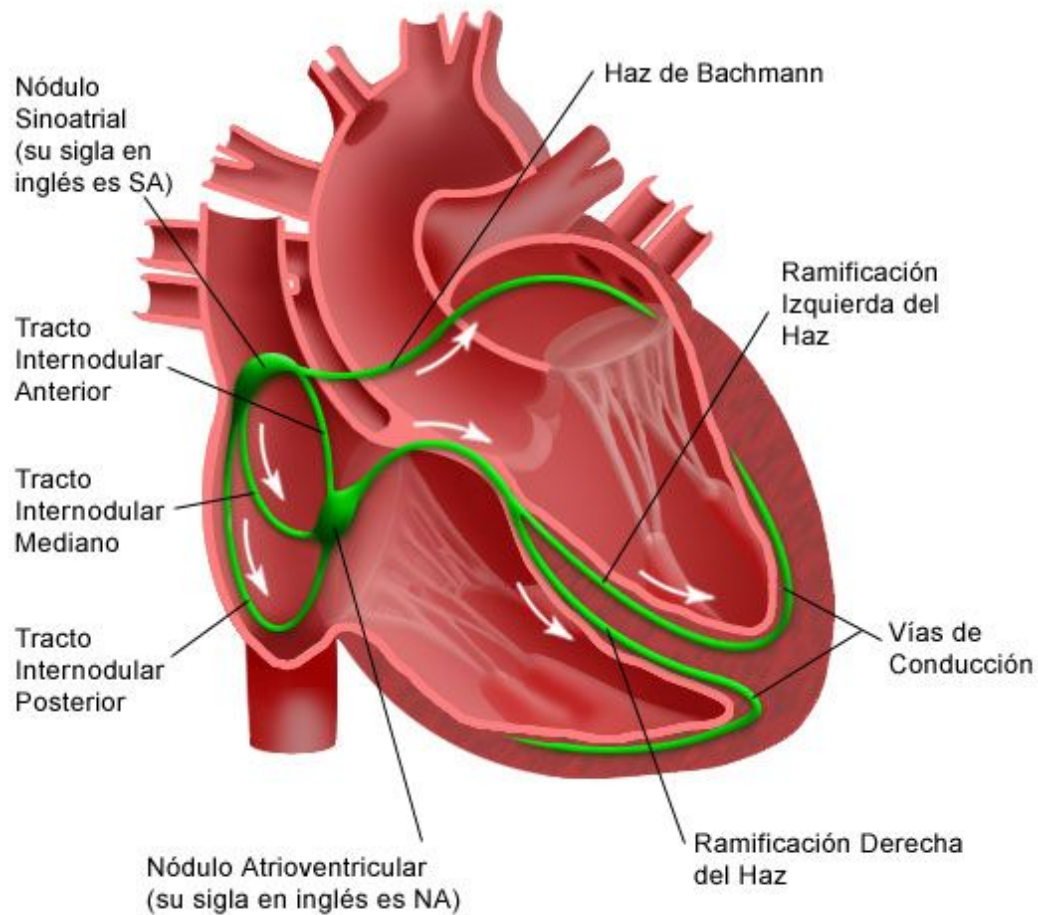
# Corazón: anatomía microscópica

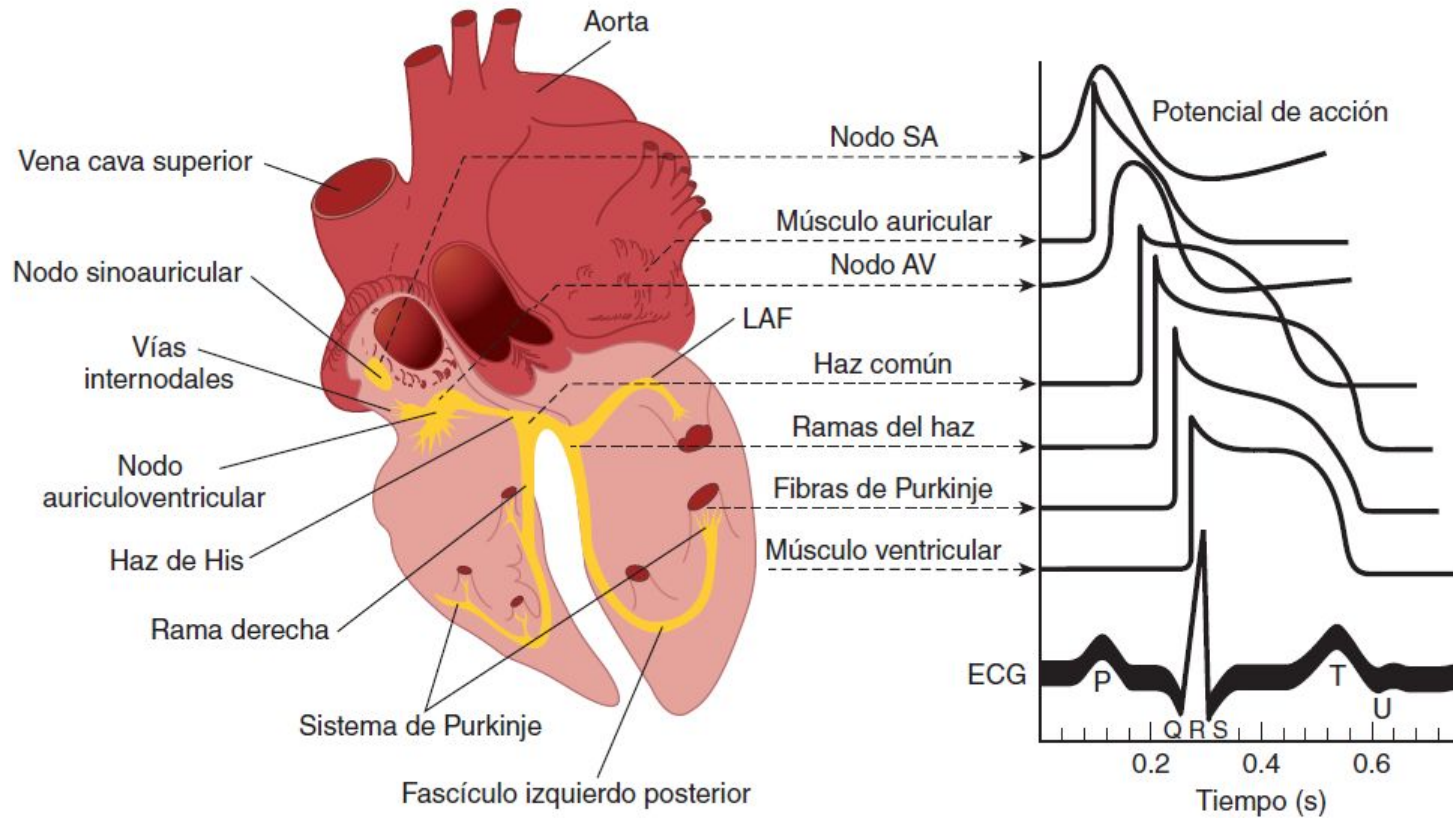
---

Tres tipos de células principales:

- Marcapasos
- Conductoras
- Contráctiles







Los tiempos de activación y reposo de las diferentes células excitables del corazón, no son los mismos. Esto será reflejado en la frecuencia cardíaca y en los cambios en el ECG.

# Electrocardiograma (ECG)

---

- **Definición:** Registro de la actividad eléctrica del corazón (mV) desde la superficie corporal en función del tiempo (ms).
- Ancho de banda entre 0.01Hz y 250Hz. Con amplitudes comprendidas entre 0.5 y 4mV

- **Importancia:**
  - Evalúa la propagación del impulso por el sistema de conducción.
  - Evalúa el tamaño de las cámaras.
  - Evalúa daño cardíaco (Infarto de miocárdio)
  - Evalúa el ritmo cardíaco (Trastornos de frecuencia)

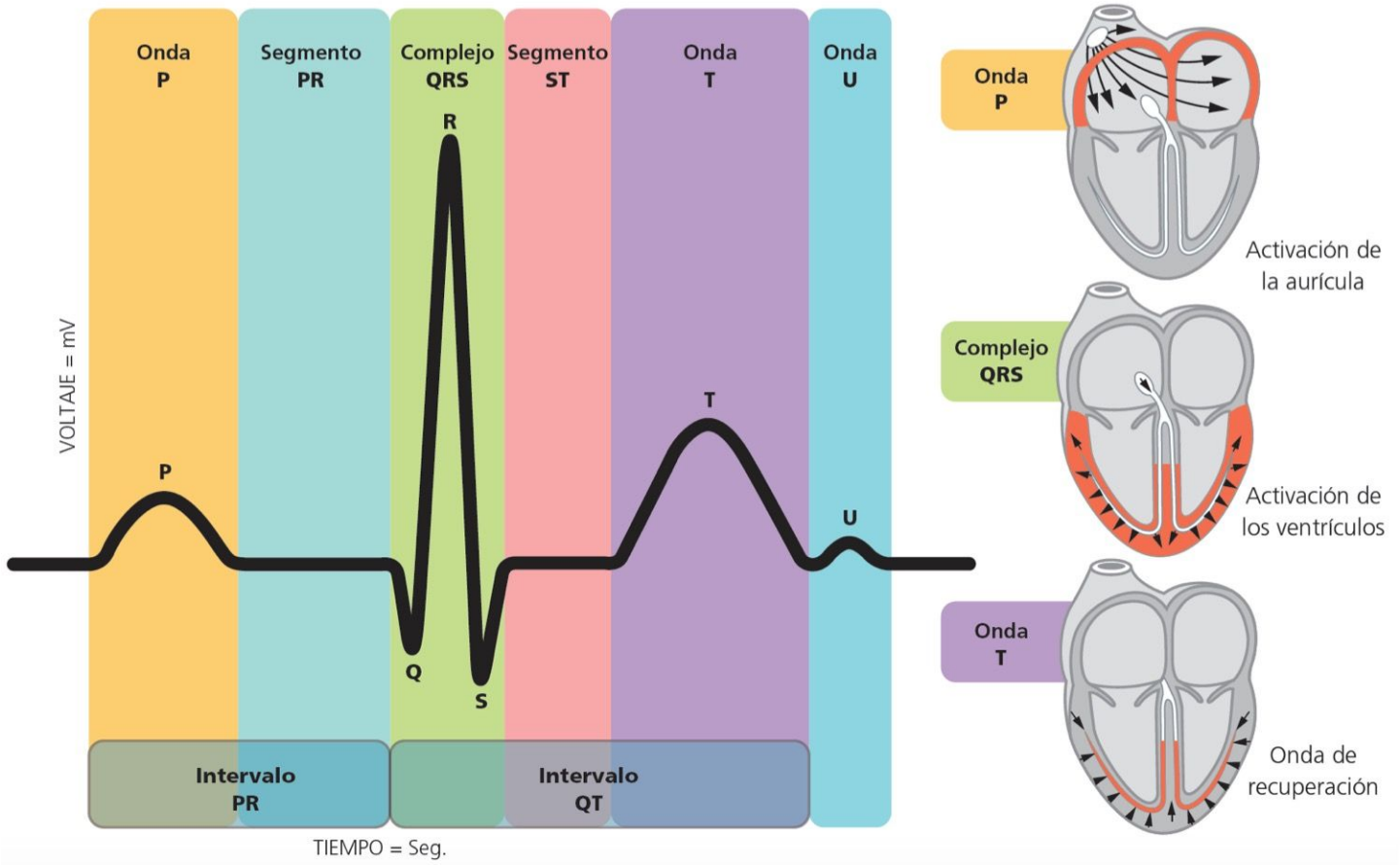
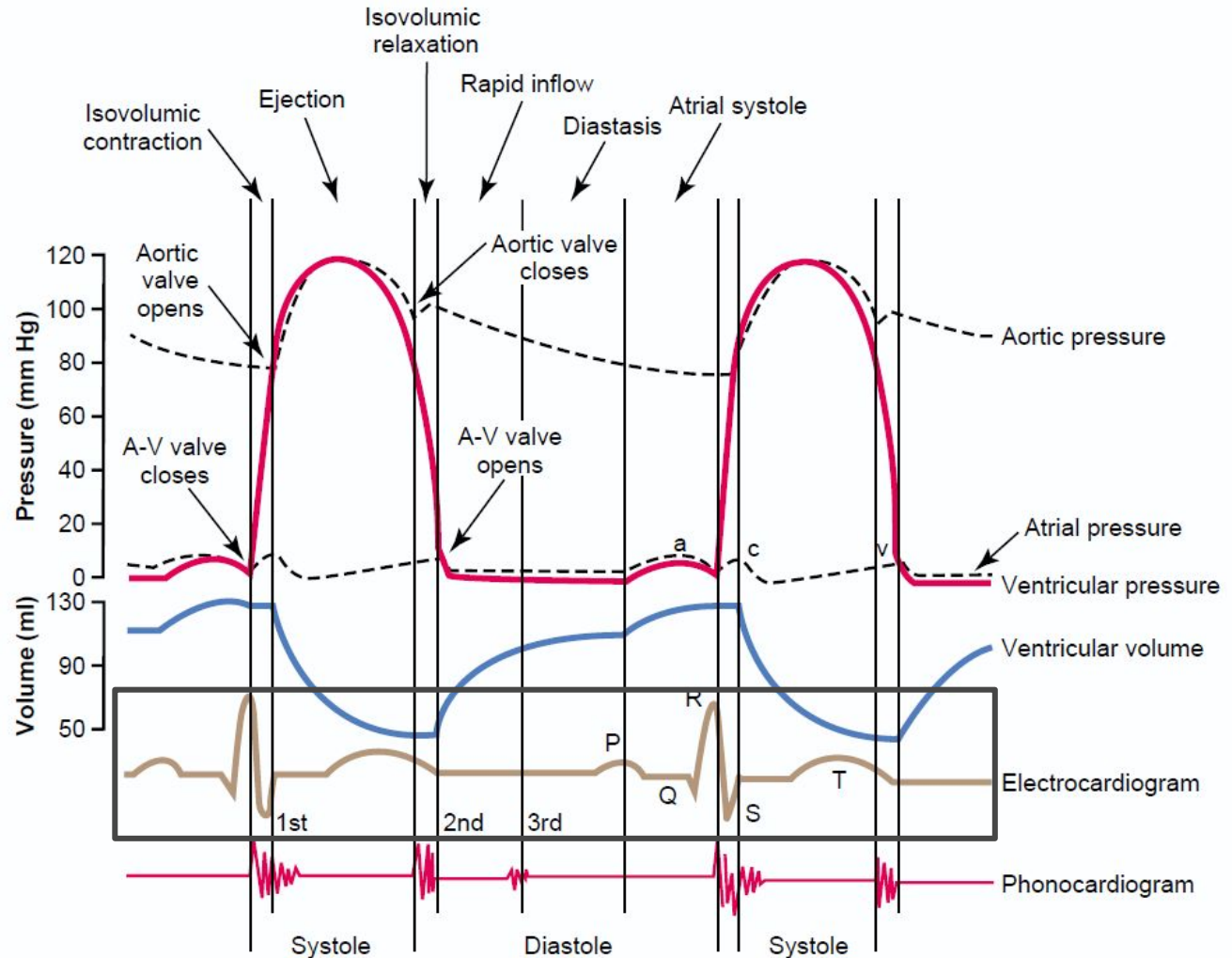


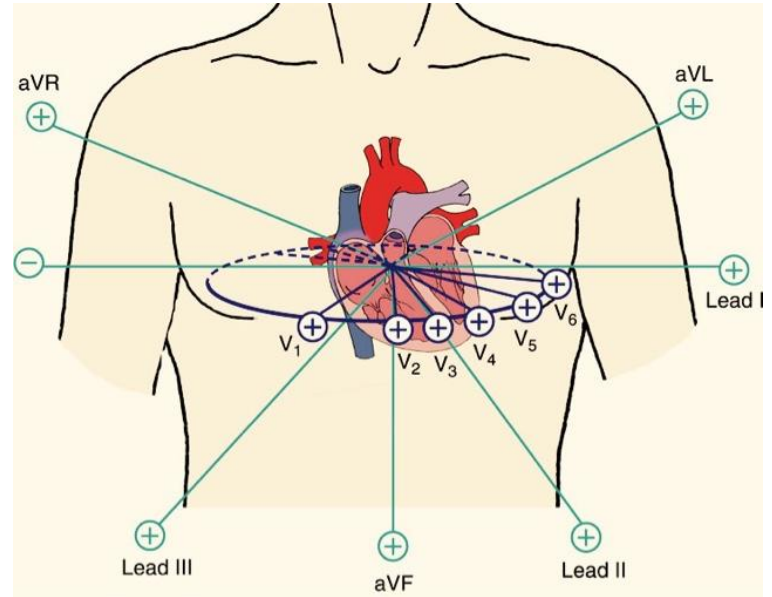
Diagrama que muestra la relación entre el electrocardiograma (ECG) y la activación eléctrica del corazón. El ECG se divide en segmentos y ondas, cada uno asociado con un tipo específico de activación cardíaca.

# Diagrama de Wiggers



# Concepto

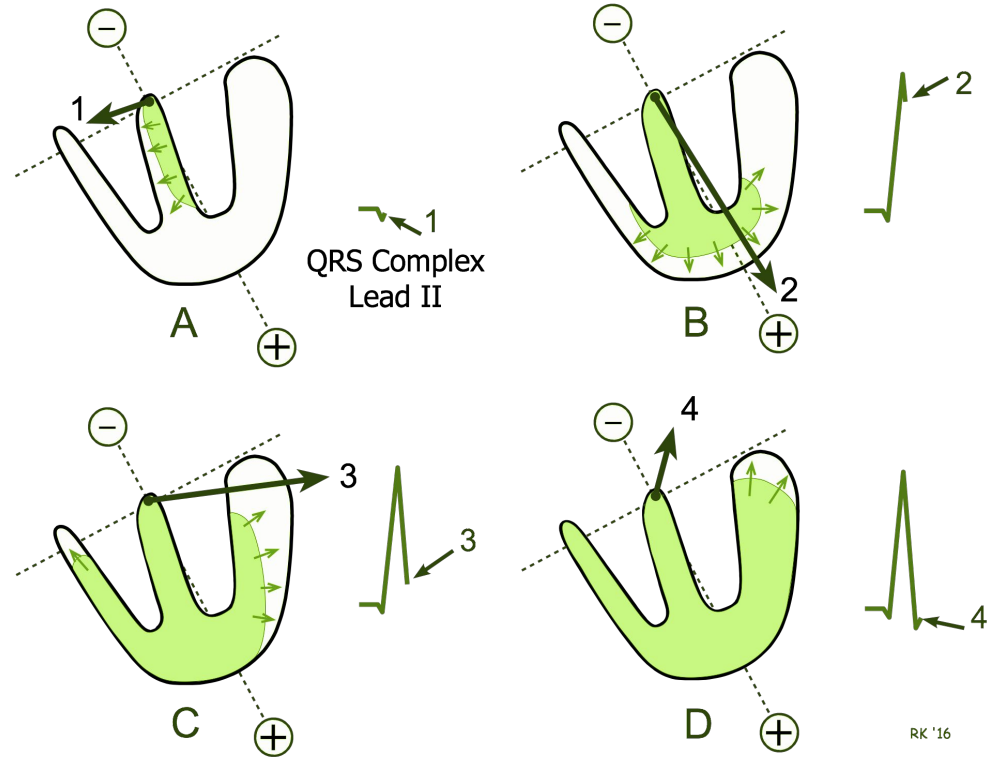
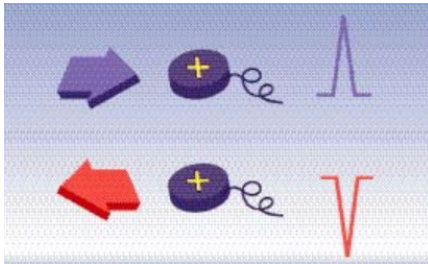
En el Electrocardiograma (ECG), podemos analizar la actividad eléctrica del corazón desde diferentes ángulos. Esto es así cuando hacemos la diferencia de potencial entre dos electrodos colocados en diferentes puntos (derivación bipolar) o entre un electrodo y un punto virtual (monopolar). Esto se registra en un papel de ECG.





# Base Física del ECG

En cualquier instante toda la fuerza electromotriz generada por el corazón puede ser considerada como un dipolo instantáneo centrado en el cuerpo.





# Derivaciones



Bipolares: se registra la diferencia de potencial entre los dos electrodos, uno positivo y uno negativo.  
Unipolares: se registra la diferencia de potencial entre un electrodo explorador y uno de referencia.

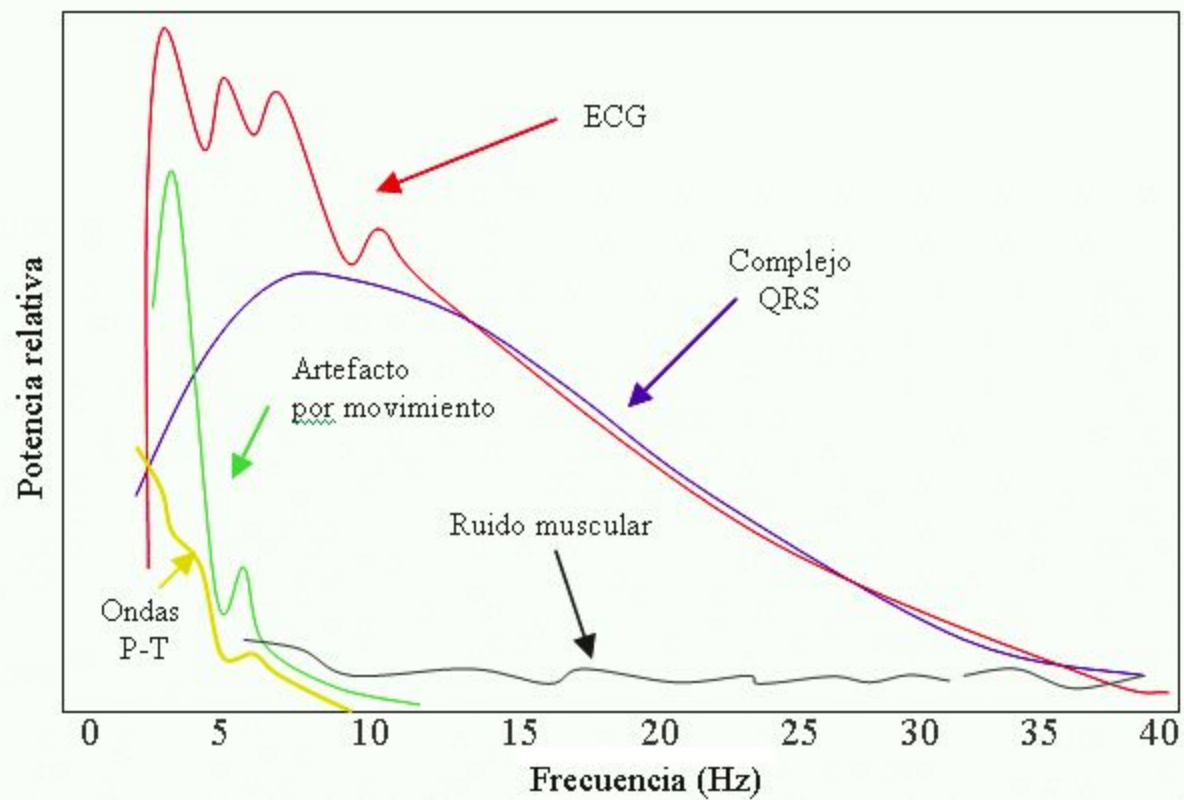


Table 3-1. Sinusoids for ECG synthesis

Sinusoid number $k$	Frequency $f_k = k f_o$ (Hz)	Magnitude $p_k$ (mV)	Phase $\phi_k$ (radians)
0	0.0	8.000	0.000
1	1.2	12.434	0.912
2	2.4	10.775	1.769
3	3.6	9.121	2.513
4	4.8	8.770	3.165
5	6.0	10.053	3.902
6	7.2	12.066	4.800
7	8.4	13.924	5.799
8	9.6	15.069	0.553
9	10.8	15.143	1.593
10	12.0	14.021	2.610
11	13.2	11.911	3.585
12	14.4	9.361	4.489
13	15.6	7.112	5.295
14	16.8	5.732	6.029
15	18.0	5.121	0.531
16	19.2	4.701	1.459
17	20.4	4.115	2.519
18	21.6	3.300	3.670
19	22.8	2.283	4.886
20	24.0	1.129	6.261
21	25.2	0.555	2.713
22	26.4	1.489	4.555
23	27.6	2.250	5.745
24	28.8	2.540	0.545
25	30.0	2.349	1.579
26	31.2	1.815	2.582
27	32.4	1.150	3.573
28	33.6	0.549	4.660
29	34.8	0.250	0.302
30	36.0	0.494	1.979

## Síntesis de una señal de ECG

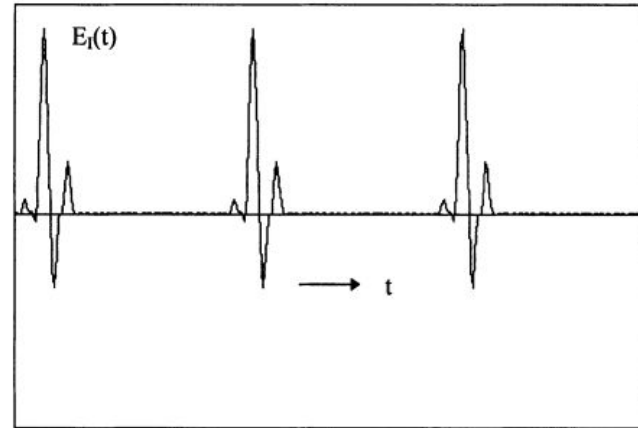


Figure 3-4. Sum of 30 sinusoids providing a good representation of the ECG.

# Contenidos

1

## Señales bioeléctricas

El cuerpo como generador de señales.  
Ejemplos de biopotenciales..

2

## EOG, EMG y ECG

Origen, medición y análisis. Particularidades de cada señal.

3

## Exploración práctica

Análisis en tiempo y frecuencia. Puntos característicos. Discusión.

# Señales de Physionet



<https://archive.physionet.org/cgi-bin/atm/ATM>


- EOG
  - Individuo sano, durante el sueño.
- ECG
  - Individuos sanos
    - Filtrados
    - Ruidosos
- EMG
  - Individuo sano
  - Individuo con neuropatía
  - Individuo con miopatía

# Gracias!


## ¿Preguntas?

---

Andreína Tesis

 [atesis@cup.edu.uy](mailto:atesis@cup.edu.uy)

Lucía Lemes

 [llemes@cup.edu.uy](mailto:llemes@cup.edu.uy)