



Universidad de la República
Uruguay

nib

núcleo de ingeniería biomédica

ELECTRICIDAD, ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN BIOMÉDICA CON SEGURIDAD

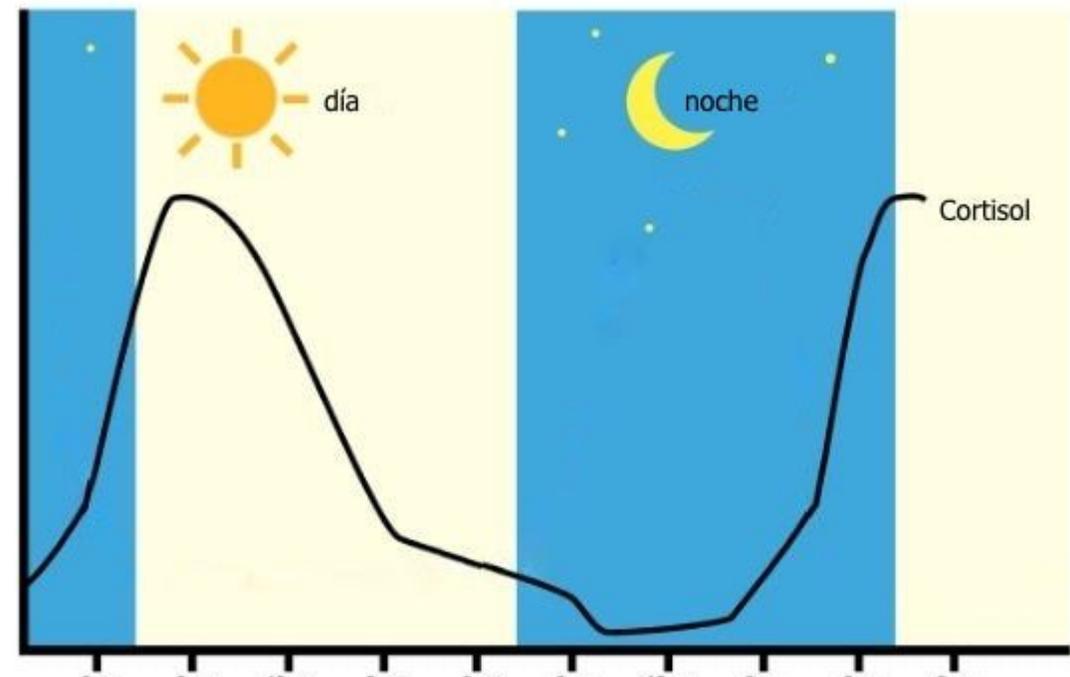
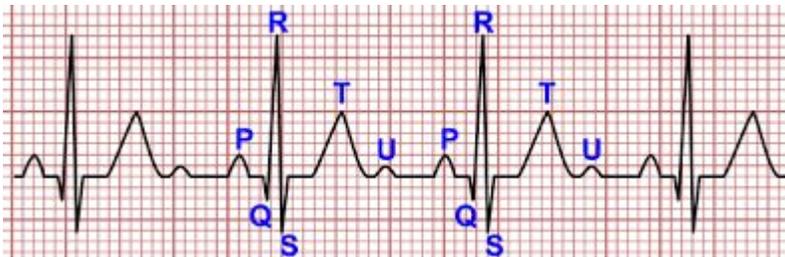
Clase 8 - Señales Biológicas
13 de mayo de 2025

Prof. Franco Simini, Ing. Isabel Morales, MSc. Natalia Garay Badenian y Br. Alejandra Rial

núcleo de ingeniería biomédica de las Facultades de Medicina e Ingeniería
HC piso 15 sala 2

Señales biológicas:

- Representación de una magnitud que varía en el tiempo
- Engloba fenómenos eléctricos, mecánicos y químicos que informan sobre el estado de tejidos u órganos.



Relación Señal/Ruido (SNR)

La relación señal/ruido (SNR, Signal to Noise Ratio) indica **cuán clara es una señal respecto al "ruido" que la acompaña.**

Señal: Información útil que queremos captar (por ejemplo, la actividad eléctrica del corazón en un ECG).

Ruido: Información no deseada que se superpone a la señal (interferencias eléctricas, movimientos musculares en un EEG, artefactos).

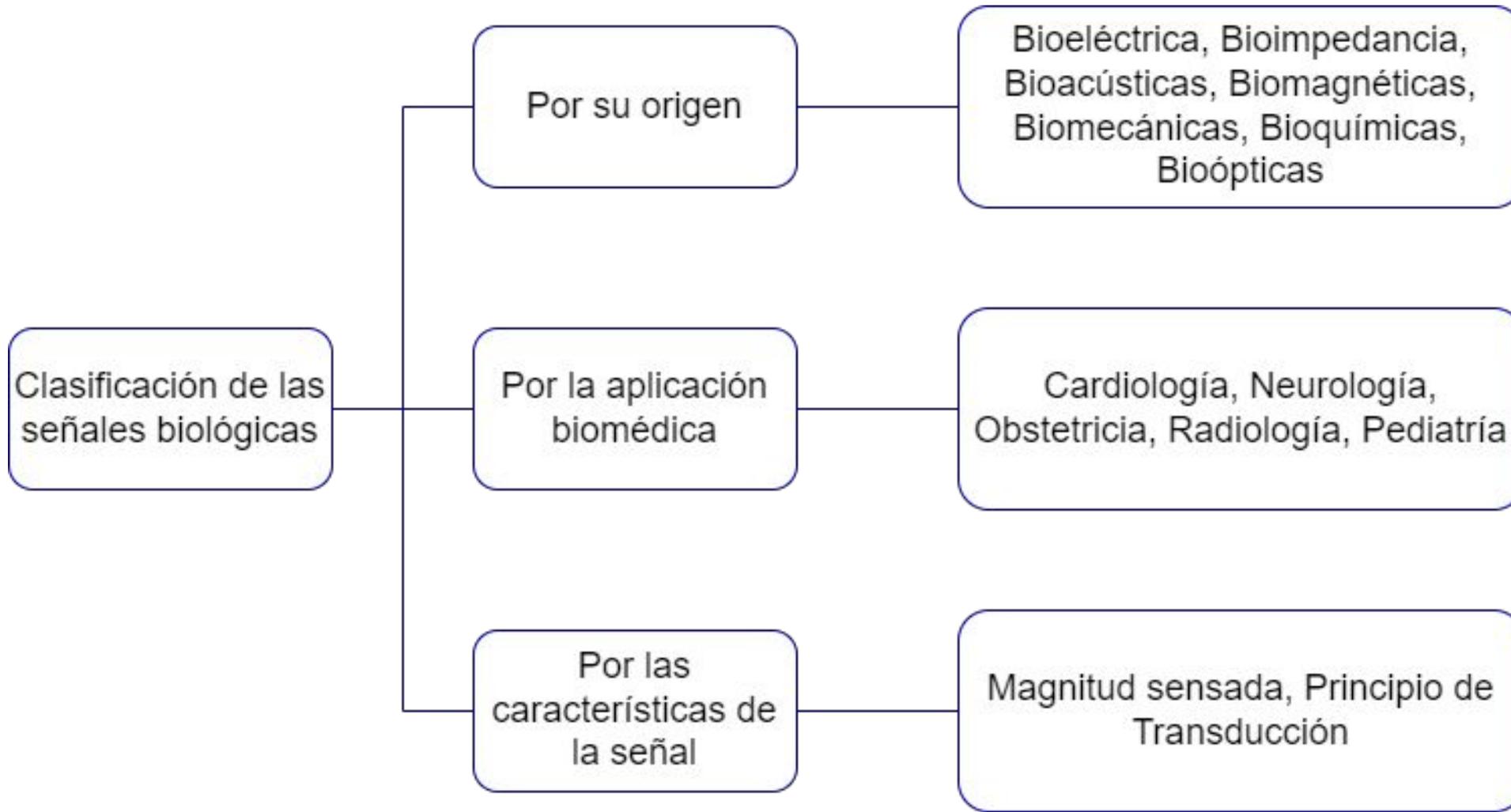
✓ **SNR alta** = señal clara y confiable

✗ **SNR baja** = señal difícil de interpretar

Ejemplo:

En un electroencefalograma (EEG), una buena SNR permite detectar crisis epilépticas, mientras que una SNR baja puede ocultarlas.

Clasificación de la señales biológicas



Señales de bioimpedancia

- Señal generada al inyectar corriente en el cuerpo y medir voltaje.
- Resistividad de los tejidos obtenida inyectando corriente conocida y midiendo voltaje resultante (Ley de Ohm)
- El ejemplo entrega información sobre volumen cardíaco

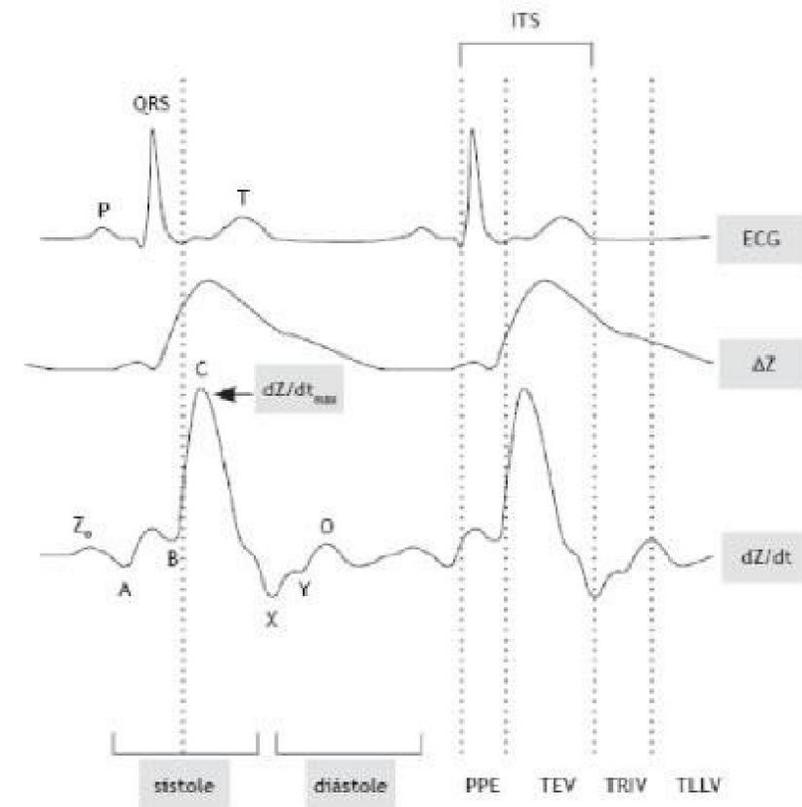


Figura 2. Trazado y ondas de la cardiografía de impedancia. Z_0 : impedancia basal; A: contracción auricular (inicio de la sístole electromecánica); B: apertura de la válvula aórtica; C: punto de máximo flujo en la aorta (dZ/dt_{max}), contracción mecánica; X: cierre de la válvula aórtica; Y: cierre de la válvula pulmonar; O: apertura de la válvula mitral; PPE: período pre-eyección; TEV: tiempo de eyección ventricular; TRIV: tiempo de relajación isovolumétrica; TLLV: tiempo de llenado ventricular; ITS: intervalo de tiempo sistólico.

Señales de bioacústicas

Muchos fenómenos biomédicos generan señales acústicas.

- Cierre de válvulas cardiacas.
- Sangre fluyendo por los vasos sanguíneos.
- Aire inspirado en los bronquios.
- Tracto digestivo.
- Músculos.
- Los ronquidos

Se adquieren mediante micrófonos.

Señales biomagnéticas

El cerebro, el corazón y los pulmones generan campos magnéticos débiles

Baja relación señal a ruido

No muy usadas por su complejidad en la adquisición

Pregunta

La relación señal a ruido (SNR) es buena cuando su valor es:

- a) Alto
- b) Bajo
- c) Igual a 1
- d) Tendiente al infinito

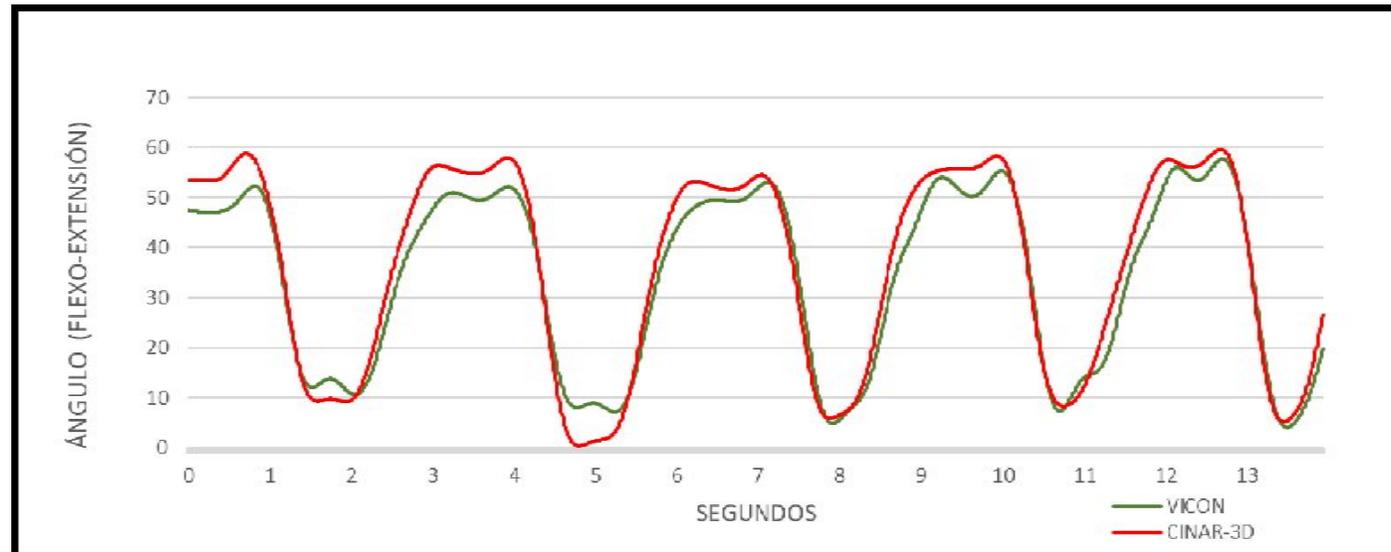
Señales biomecánicas

Originadas por funciones mecánicas de los sistemas biológicos.

- Movimiento y desplazamiento
- Presión.
- Flujos.

Estas señales no se propagan, por lo que se deben medir en el lugar exacto. En algunos casos son necesarios procedimientos invasivos.

Ejemplo de señal biomecánica



Tesis de maestría Ing. María Rene Ledezma

Señal de flexo-extensión de rodilla
Tarea motora: subir y bajar un escalón

Señales bioquímicas

- Medidas en tejidos vivos o en muestras de laboratorio.
- Se mide la concentración de iones mediante electrodos. Como por ejemplo la presión parcial de oxígeno y la de dióxido de carbono.
- Son señales de muy baja frecuencia.

Medición de glucosa en ayunas



Señales bio ópticas

- Son señales generadas por la medición de color a lo largo del tiempo
- Oxigenación de la sangre medida a través de la luz modificada por su tránsito a través de la sangre.
- Fluorescencia del líquido amniótico.
- Se usa fibra óptica para transmitir la medición a un sensor.



Señales de bioimpedancia

- Con señales de entre 50 kHz y 1MHz y corrientes de 1 mA hasta 20mA.
- En otros casos puede dar información sobre:

Composición del tejido (agua).

Volumen y distribución de sangre

Deshidratación

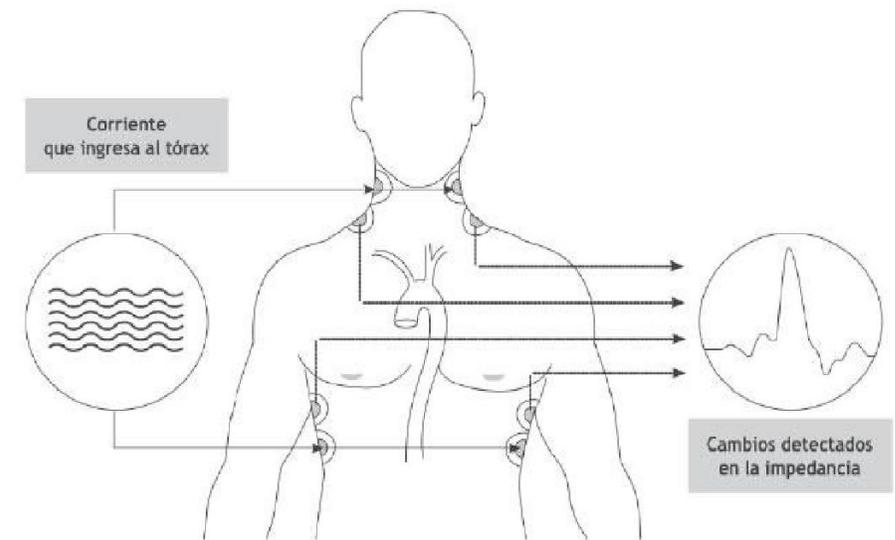
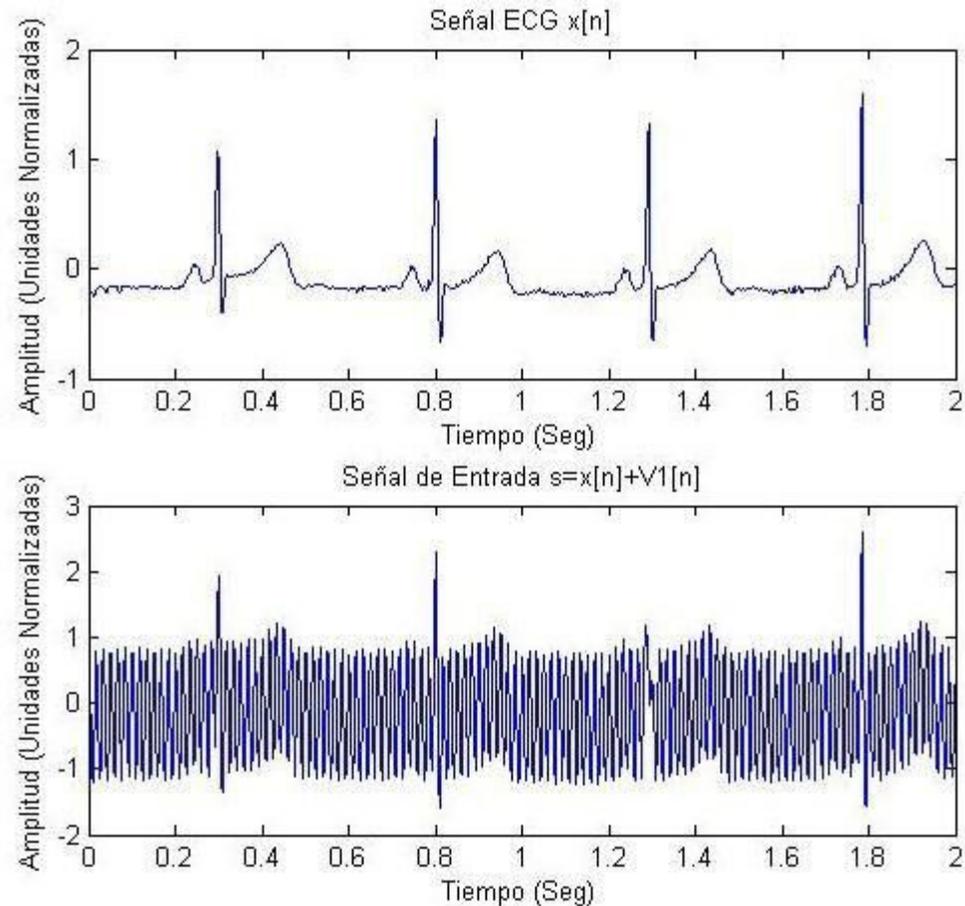


Figura 3. Sistema de electrodos tetrapolar. La corriente eléctrica ingresa al tórax a través de los electrodos más externos. Los cambios en la impedancia al flujo de la corriente en el tórax son detectados por los electrodos más internos.

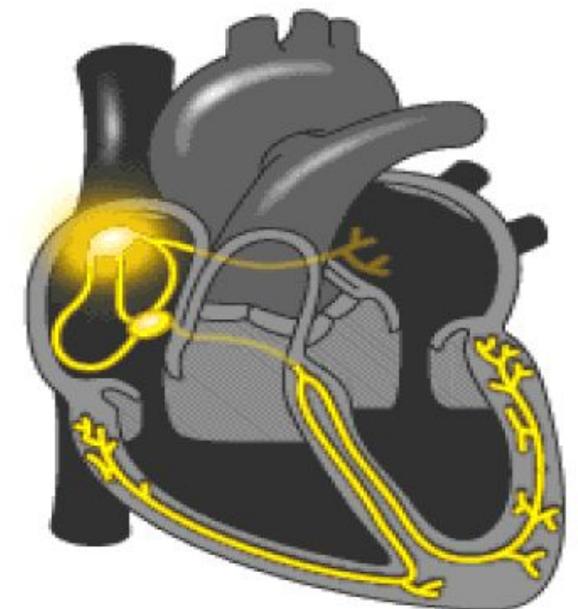
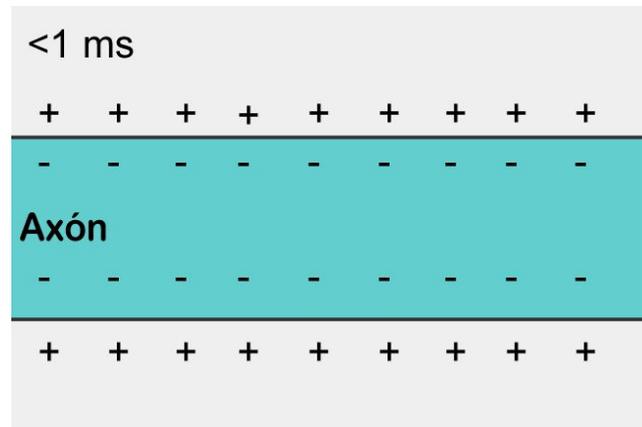
Señales bioeléctricas

- Generada por el potencial de acción de las células de los nervios y músculos.
- Amplitudes pequeñas y contaminadas de ruido.



Biopotenciales

- Son el resultado de la actividad electroquímica de células: “células excitables”.
- Generados por el movimiento de iones a través de membranas celulares
- Este movimiento genera una diferencia de potencial
- Esencialmente en tejidos excitables (músculos, nervios, retina)
- Son la base de las señales como ECG, EEG, EMG, EOG.



Señales bioeléctricas

Características:

- Baja amplitud
- Baja frecuencia
- Variabilidad según el paciente
- Dificultad de acceso
- Señales enmascaradas por el ruido, (del paciente o del sistema de adquisición)

Señales bioeléctricas: origen y registro

- Fenómenos físicos (potenciales de membrana, corrientes iónicas) se traducen en voltajes medibles
- Cualquier variable fisiológica (como la temperatura, la contractilidad muscular, el potencial de acción neuronal) puede convertirse en una señal eléctrica mediante sensores y transductores



EEG

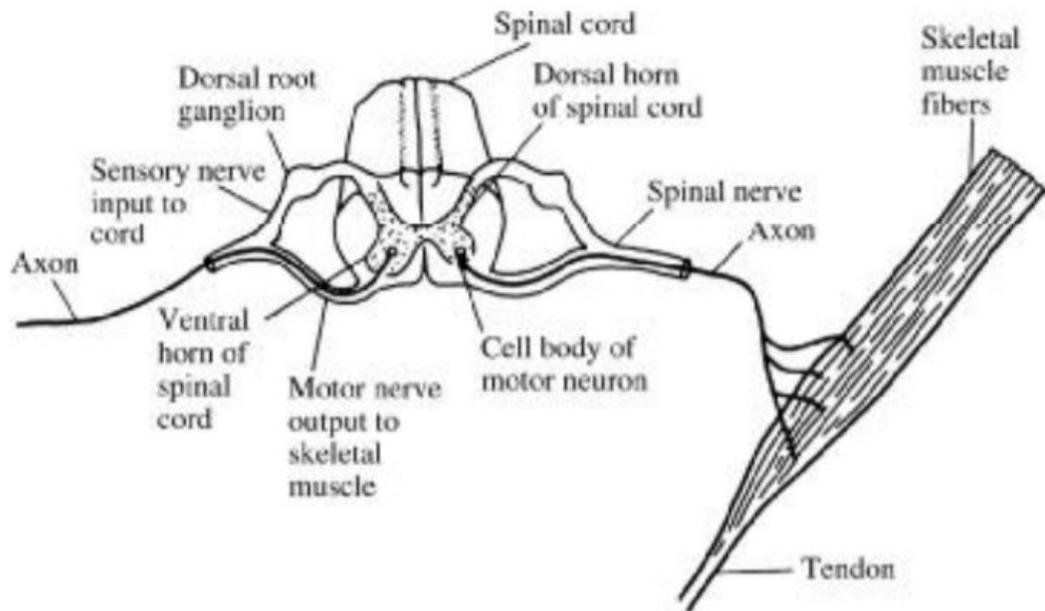


ECG



Simulador de paciente

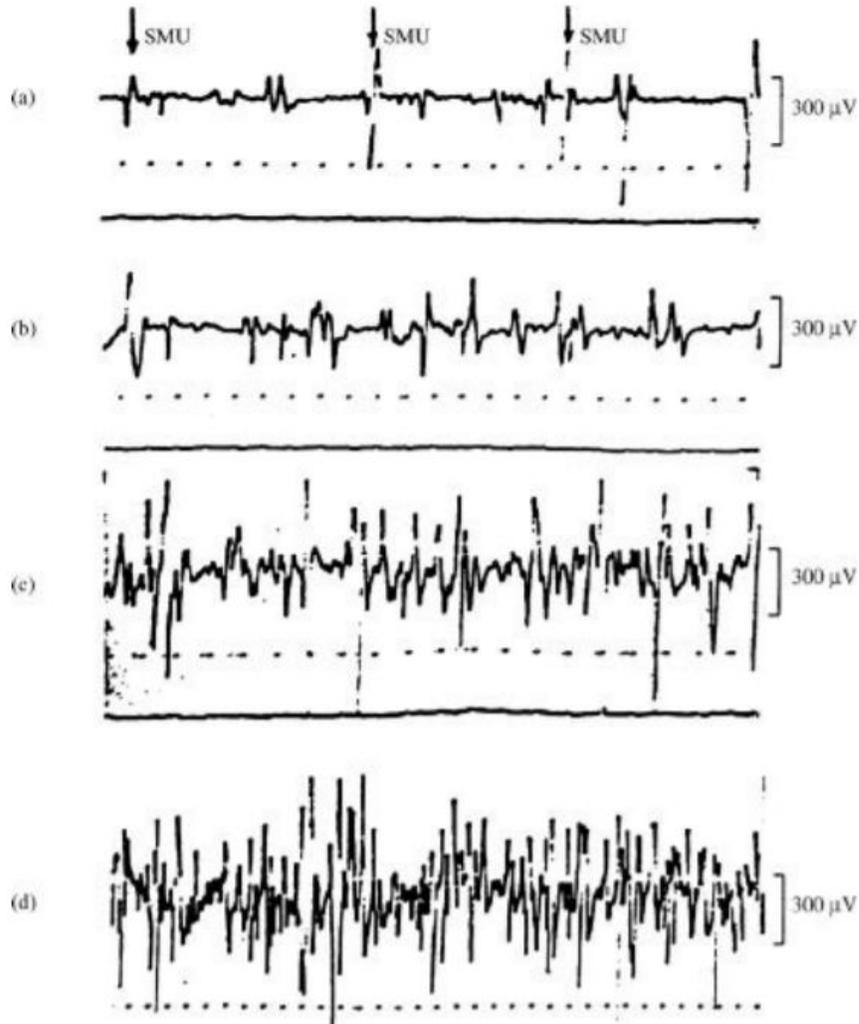
Electromiografía (EMG)



Unidad motora que consta de una moto neurona (MN) y fibras musculares esqueléticas.

EMG es la sumatoria de la actividad eléctrica de todas la MN detectada en la aguja o electrodo cutáneo

Electromiografía (EMG)

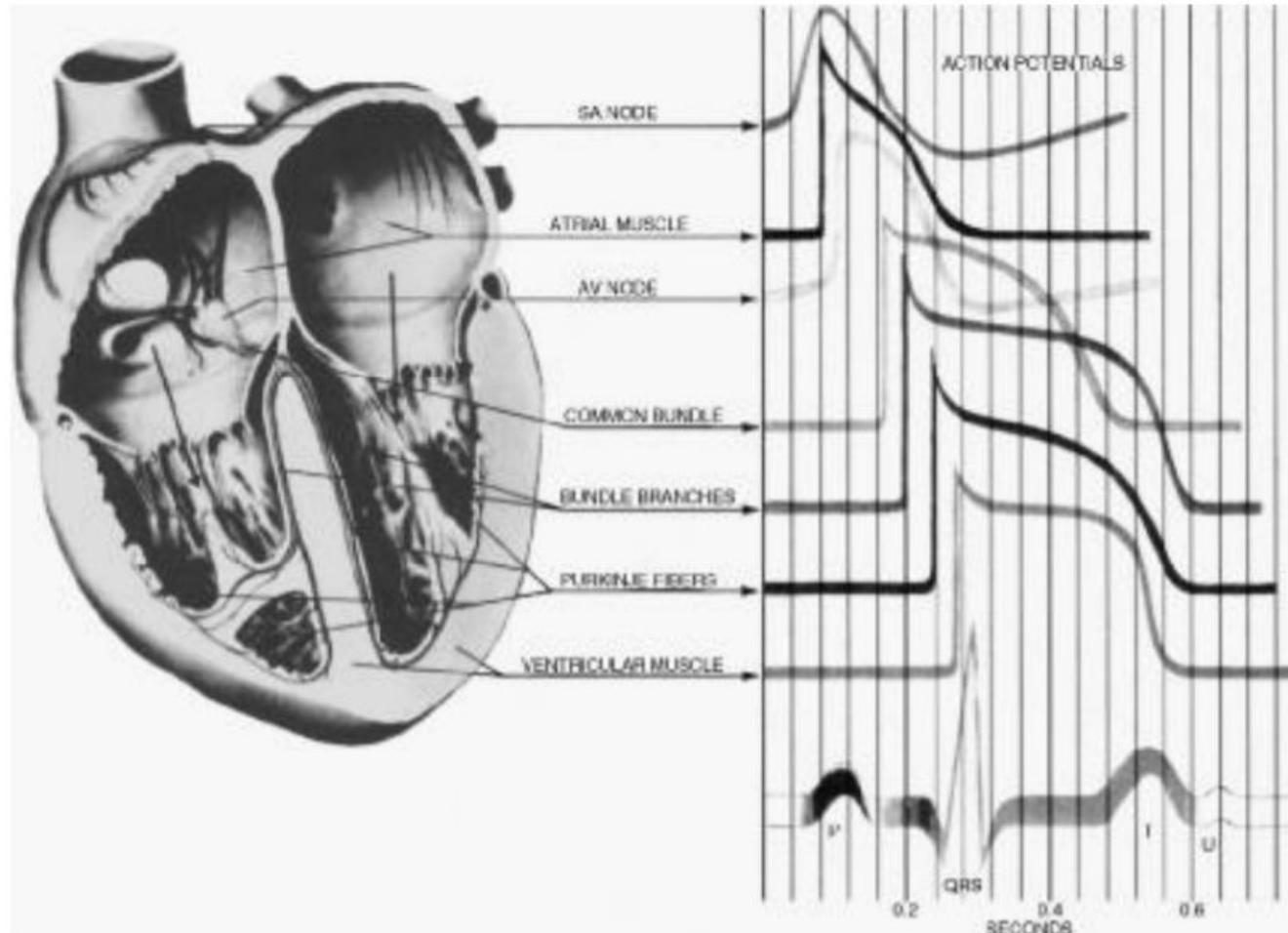


* Escala de tiempo 10ms por cada punto

Progresión de contracción del potencial de acción de la unidad motora

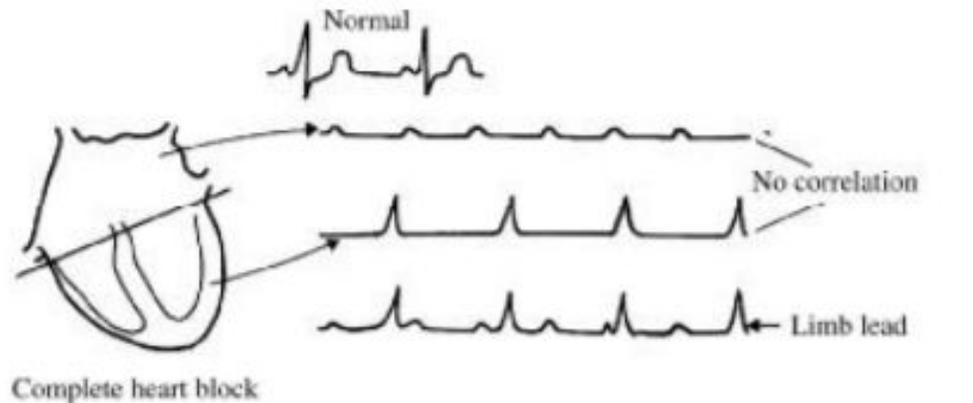
De “a” a “d” aumenta la cantidad de fibras musculares que se contraen.

Electrocardiograma (ECG)

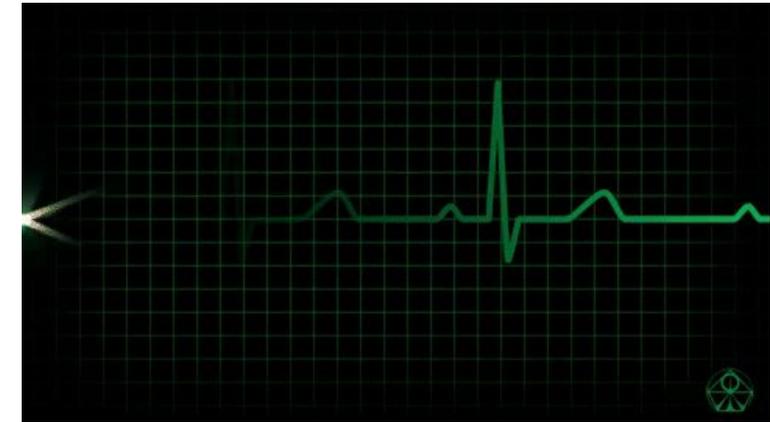
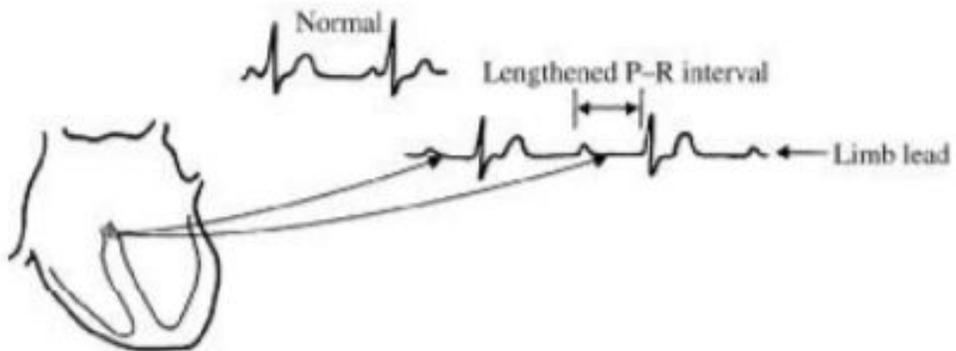


Representación de la actividad eléctrica de varias regiones del corazón.

Electrocardiograma (ECG)

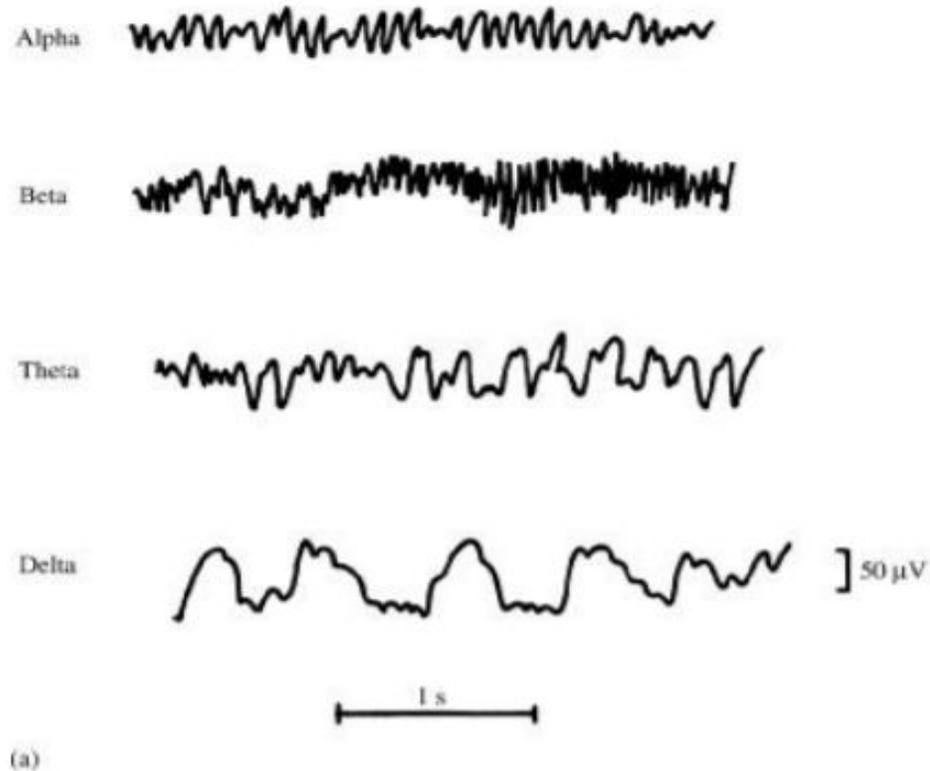


(a)



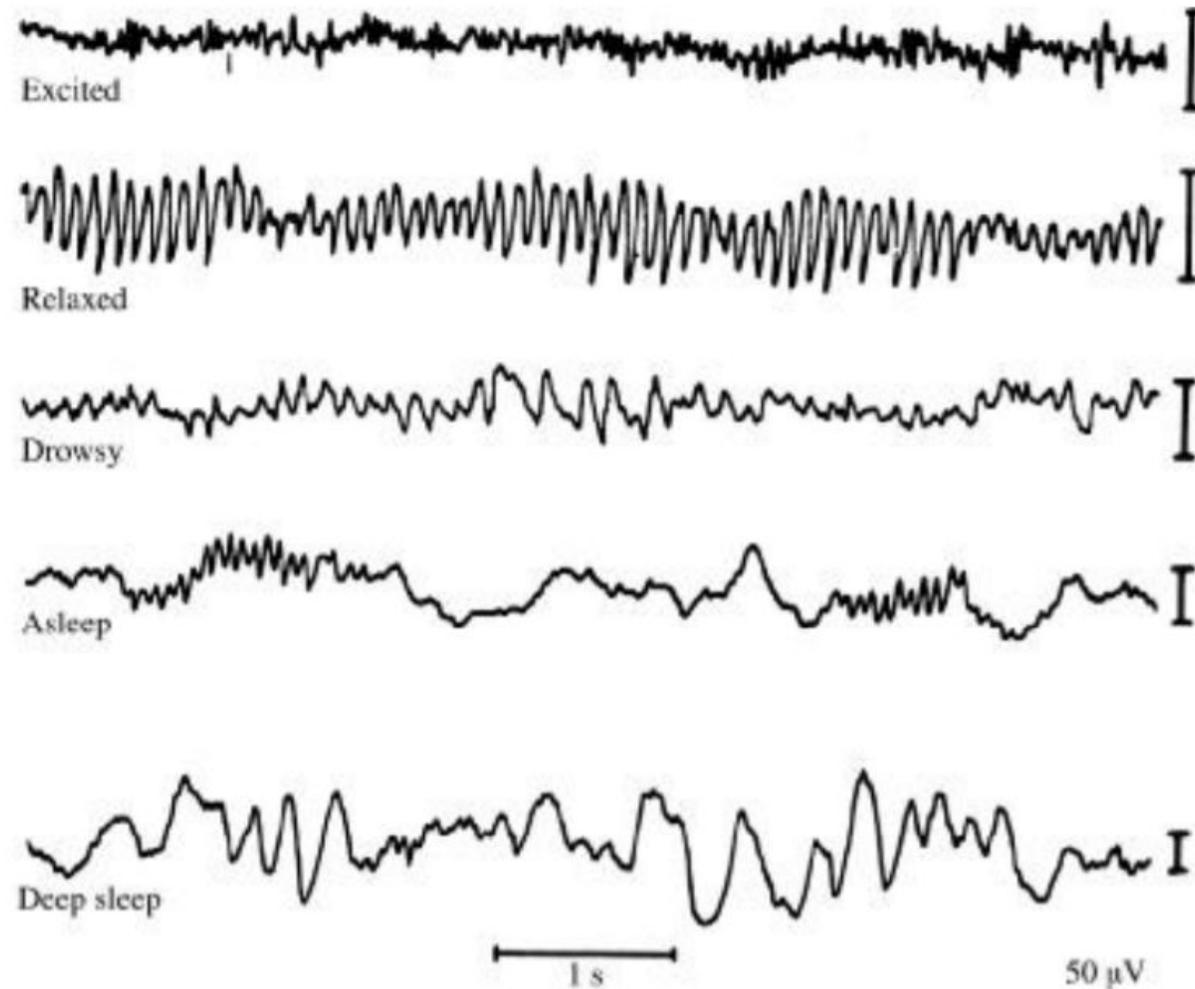
ECG permite detectar anomalías de estimulación y conducción en el músculo cardiaco

Electroencefalograma (EEG)



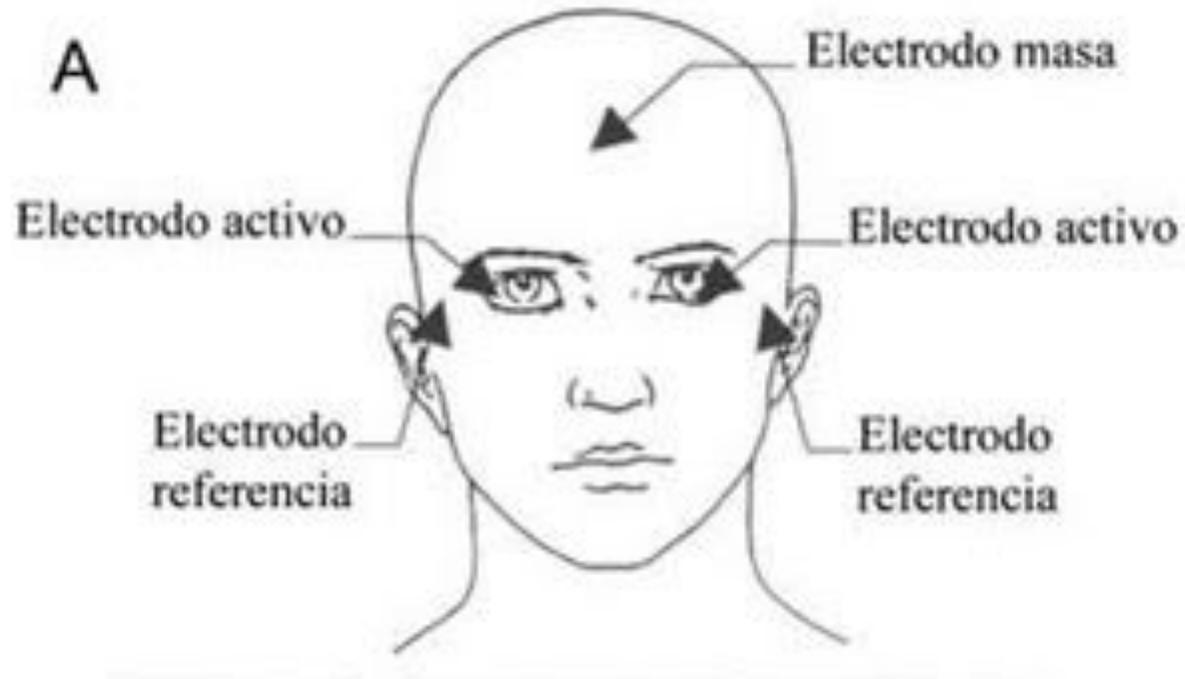
Diferentes tipos de ondas de electroencefalograma

Electroencefalograma (EEG)



Etapas de sueño

Electro oculograma (EOG)



- El ojo es un bipolo (córnea + y retina-)
- Al mover los ojos, este dipolo cambia de orientación y se detecta una variación de voltaje
- EOG Mide el potencial permanente del dipolo
- Electrodos de piel cerca del canto lateral y medial.
- EOG representa los movimientos de los ojos (izq – der)

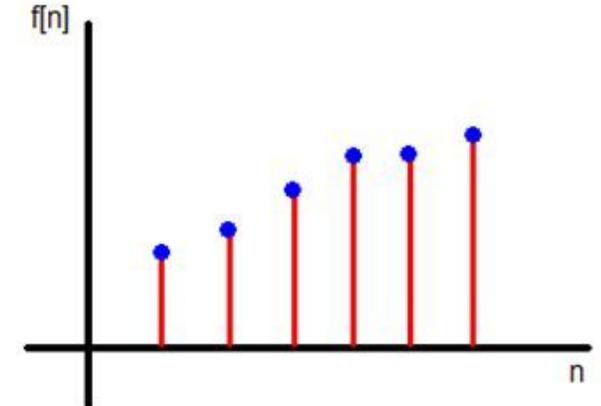
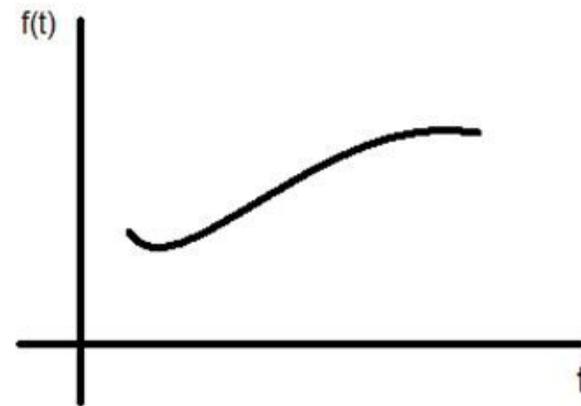
Pregunta

El electro oculograma consiste en:

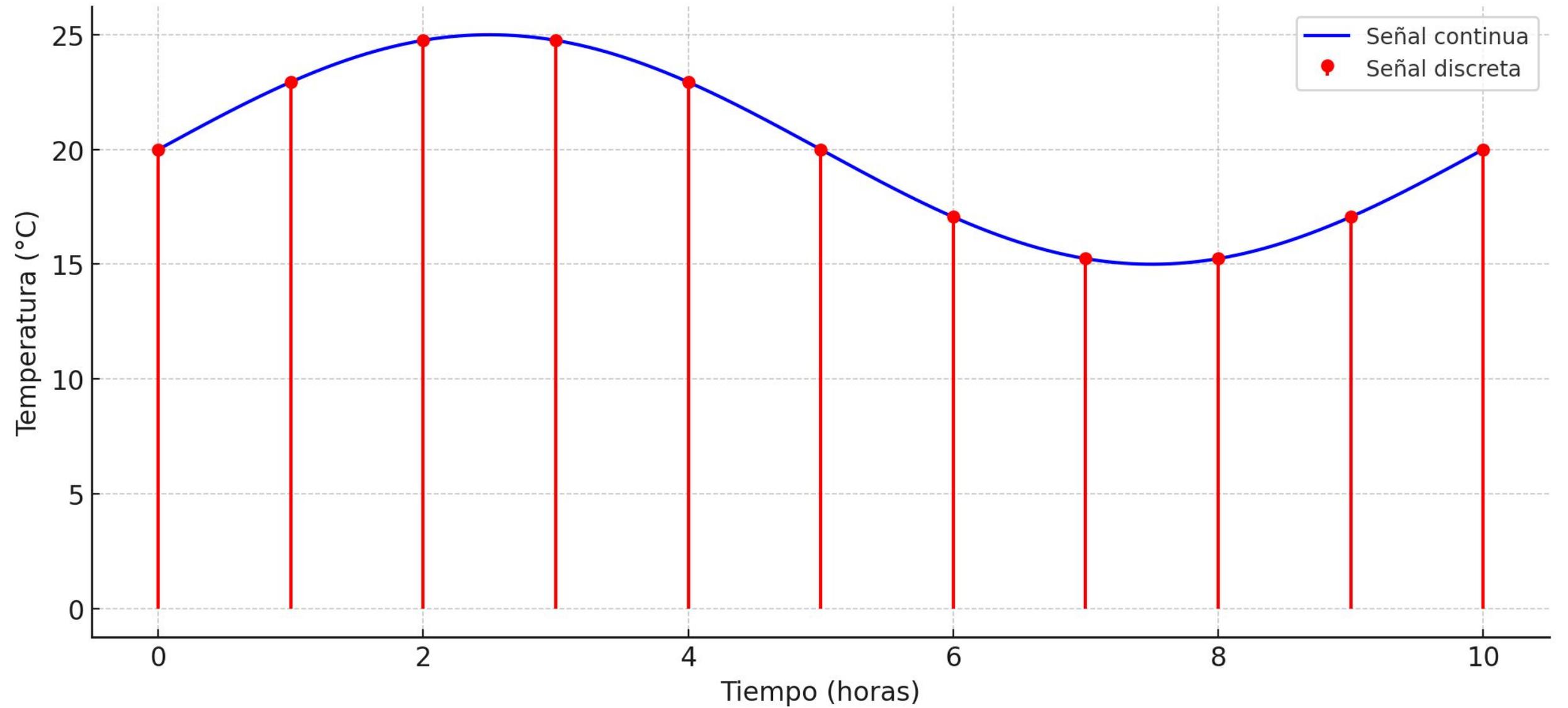
- 1- Adquisición de EMG de los músculos alrededor del ojo
- 2- Diferencia de potencial entre la córnea y el fondo del ojo
- 3- Señal cardíaca captada en el canto lateral y medial
- 4- Ondas cerebrales procedentes del lóbulo frontal captada en los ojos

Señales continuas y discretas

- **Continua:** admiten infinitos valores en el tiempo y en el eje de amplitud
- **Discreta:** adquieren ciertos niveles en instantes definidos

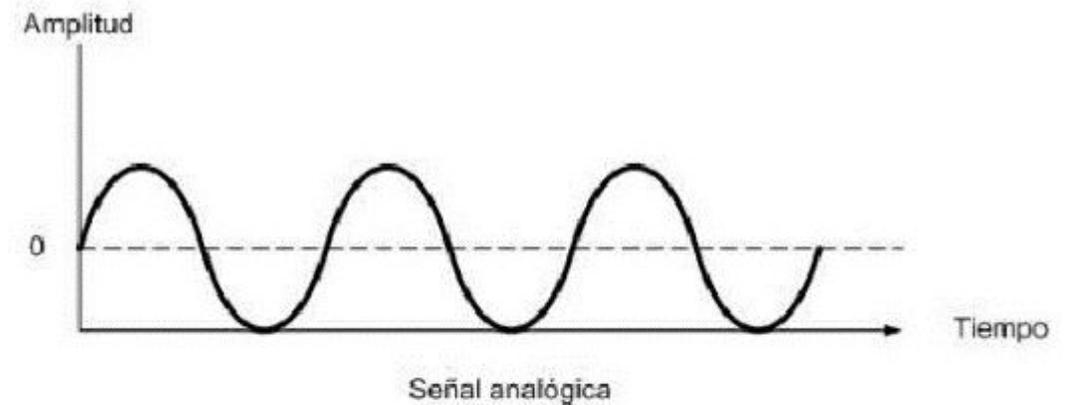


Señal discreta y continua de temperatura durante el día

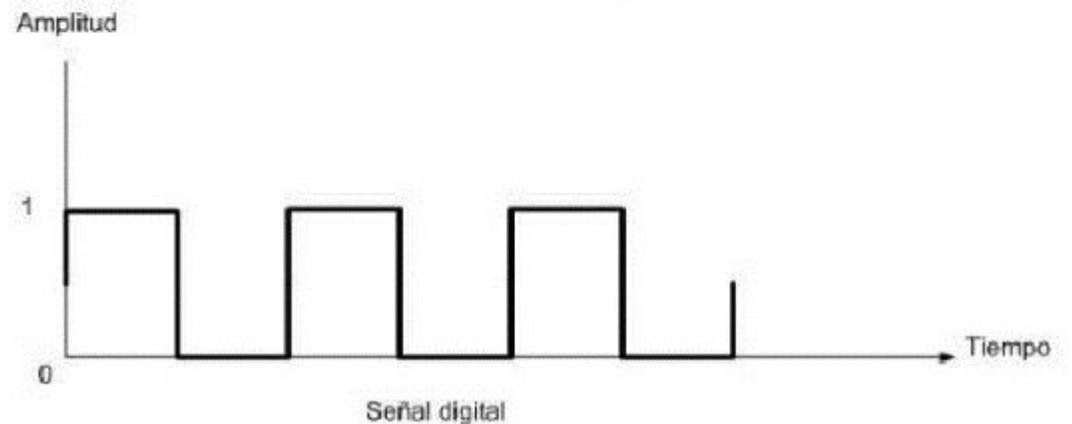


Señal analógica y digital

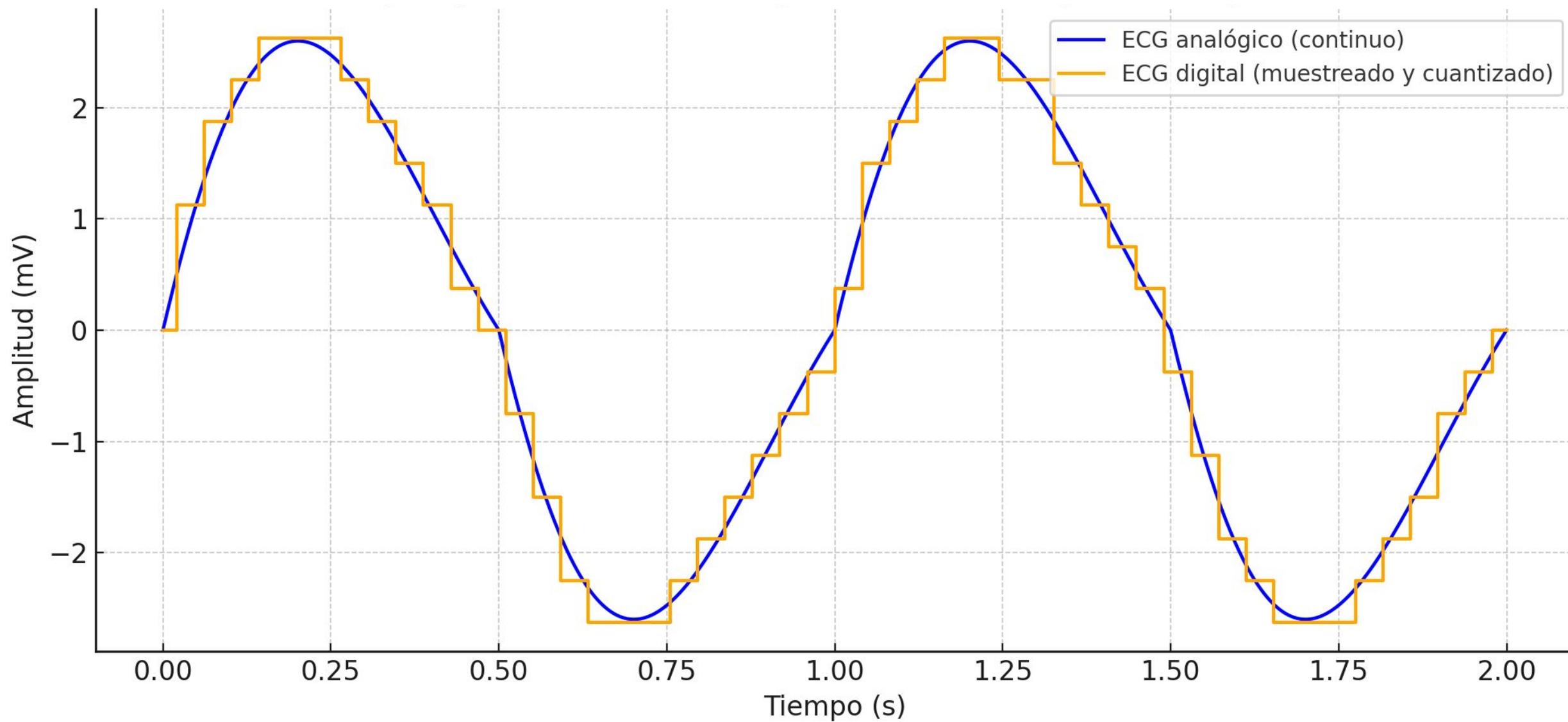
Señal analógica: es tal cual ocurre en la realidad, reproduce sin salto las variaciones de la magnitud física.



Señal digital: convierte esas variaciones en secuencias numéricas a intervalos regulares de tiempo y niveles finitos de amplitud.



Ejemplo de señal analógica y digital



Pregunta

¿Cuál de estas señales es una señal analógica?

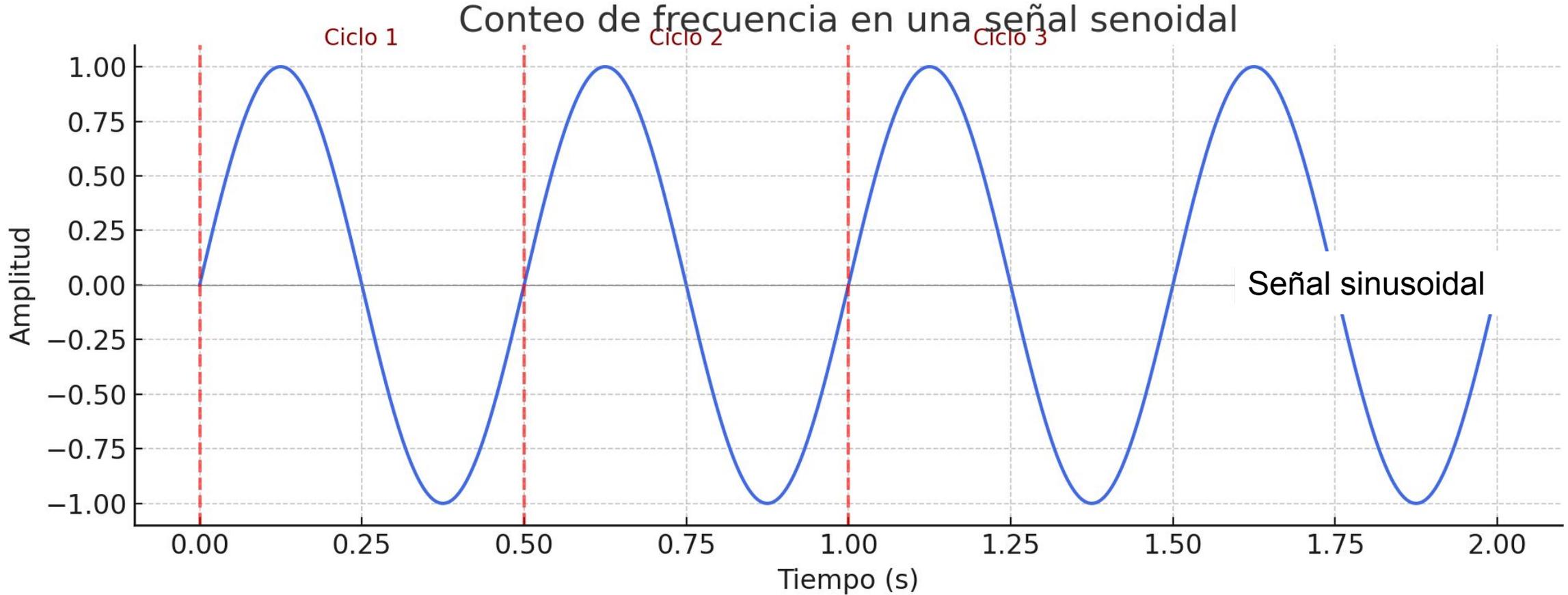
- a) La saturación de oxígeno en sangre (SpO₂) medida mediante un oxímetro de pulso.
- b) El electrocardiograma (ECG) de un paciente
- c) El número de respiraciones por minuto
- d) El electroencefalograma (EEG) en la pantalla de la computadora del laboratorio

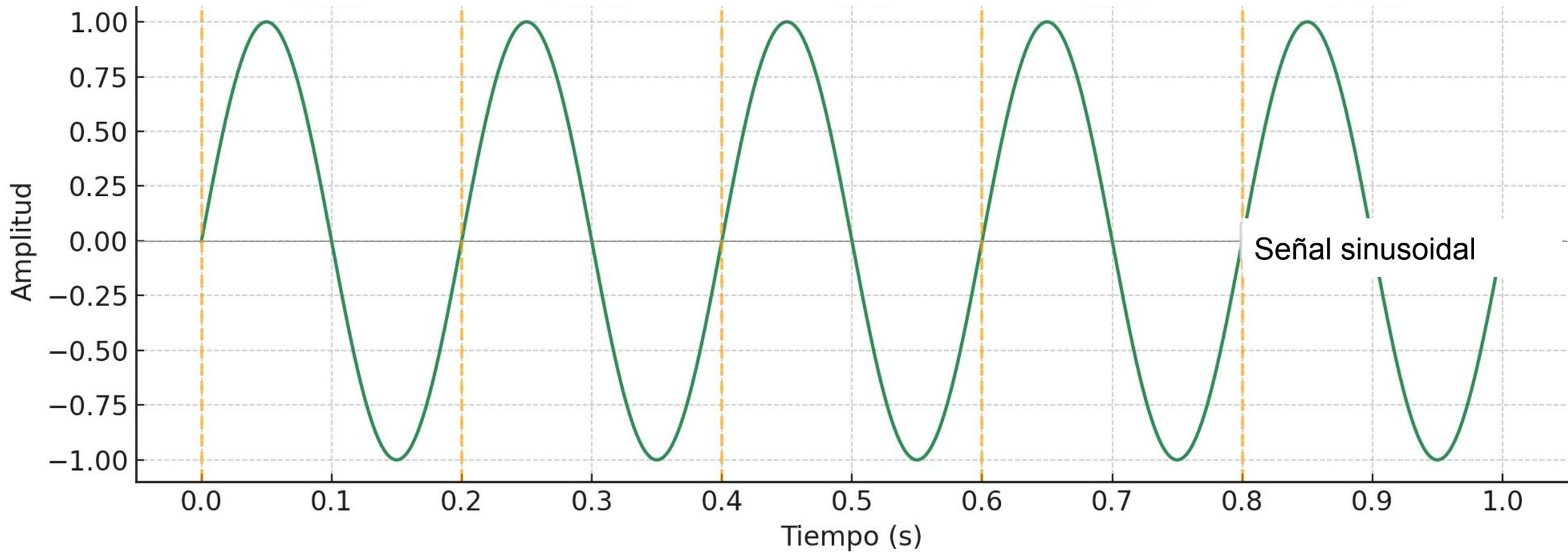
Ejemplos de señales

ANALÓGICA	DIGITAL
ECG	ECG digitalizado
EEG	EEG en la pantalla de una computadora
Presión arterial	Presión arterial medida con un tensiómetro
Temperatura medida con un termómetro de mercurio	Temperatura medida con un termómetro digital
Saturación de oxígeno	Saturación de oxígeno medida con un oxímetro

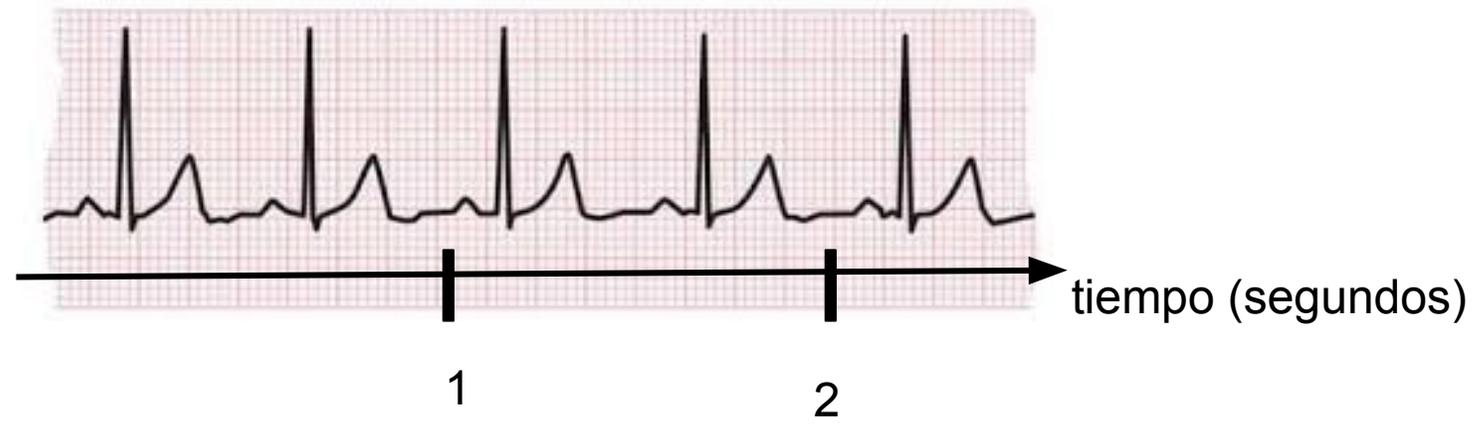
Frecuencias: Cantidad de veces que se repite la misma forma en la unidad de tiempo.

Tiempo en abscisas (x) ; amplitud en ordenadas (y): Forma de onda.

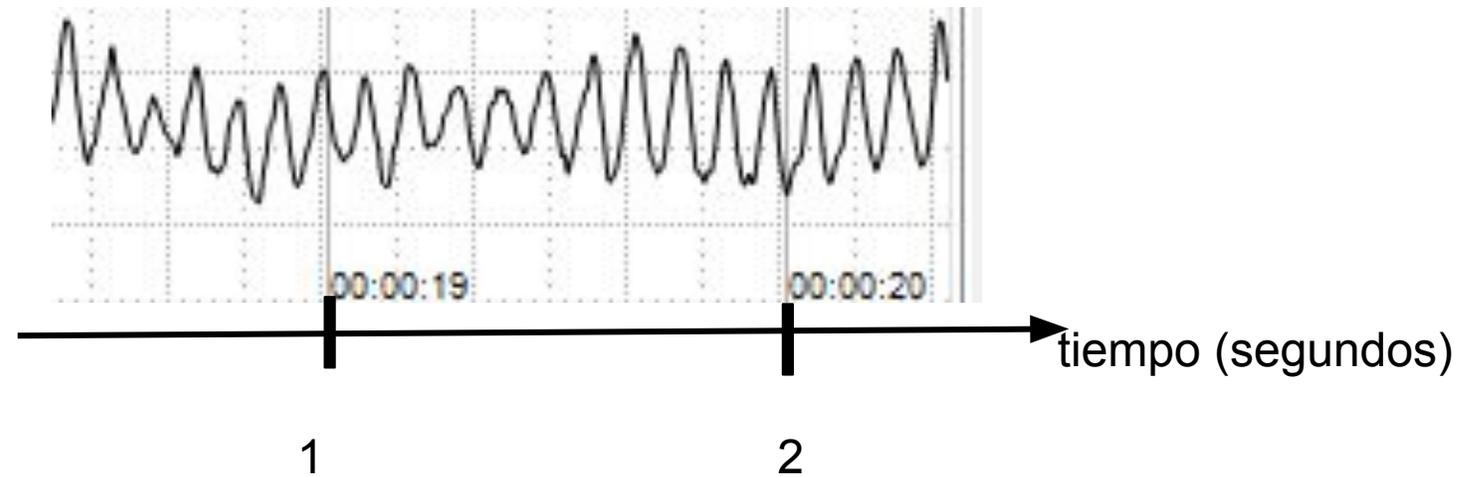




ECG

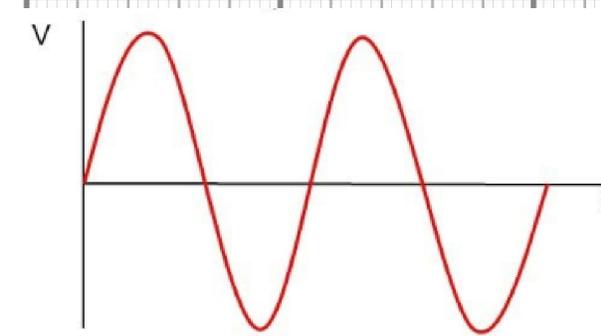
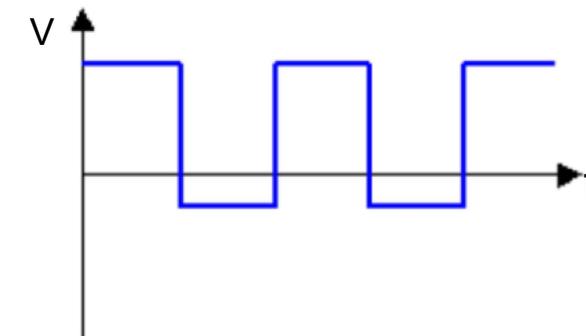
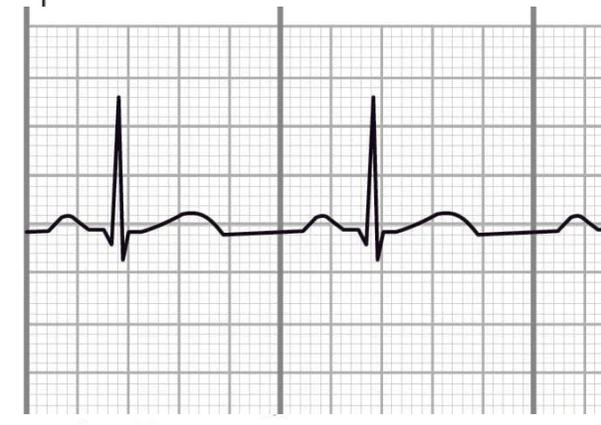
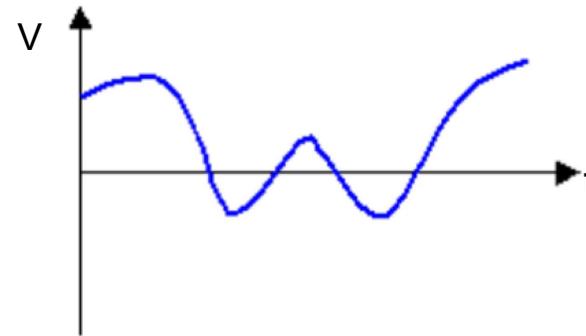
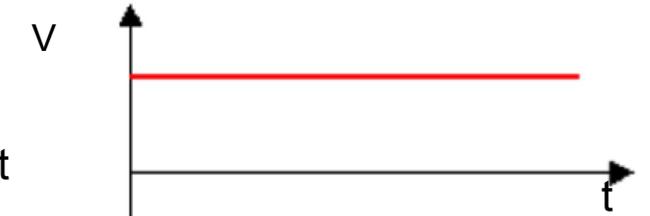
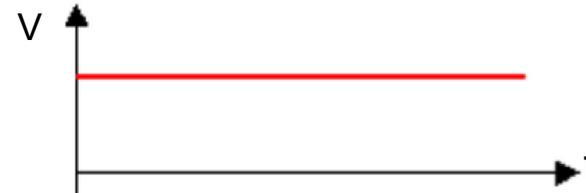


EEG



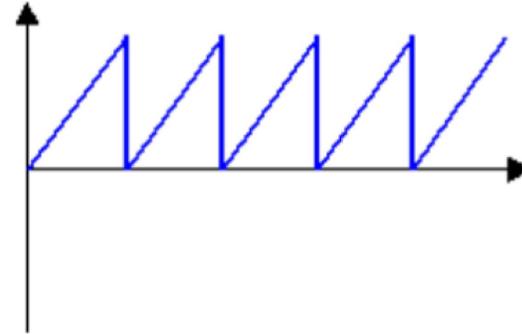
Formas de onda de señales eléctricas

- **Continua:** su magnitud no varía en el tiempo.
- **Variable:** varía en el tiempo de acuerdo a algún fenómeno que se quiere evaluar.
- **Periódica:** tiene una forma que se repite

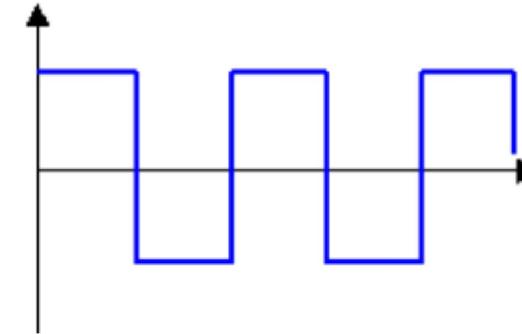


Formas de onda de señales eléctricas

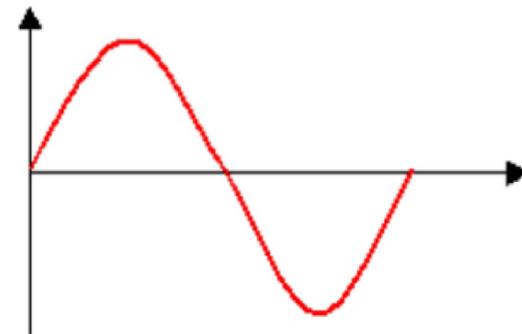
- **Onda triangular**



- **Cuadrada**



- **Sinusoidal**



Instrumentos que muestran o generan señales



Osciloscopio



Generador de señales

Curso de Electricidad, Electrónica e Instrumentación Biomédica con Seguridad

¡GRACIAS!