Evento Bimodal
Virtual / Presencial

42° Congreso de Ergonomía, Higiene, Medicina y Seguridad Ocupacional.

Hotel Intercontinental Medellín - Colombia

2, 3 y 4 de noviembre de 2022

28 Semana de la Salud Ocupacional

Lo humano y lo técnico en un mundo que se transforma

Procesamiento de bioseñales cardiacas e inteligencia artificial: una perspectiva interdisciplinaria

Organiza:

CSOA
CORPORACIÓN DE SALUD OCUPACIONAL Y AMBIENTAL

CO COLOMBIA · ACHO Capítulo Antioquia · ASASI Asociación Colombiana de Seguridad Integral · SCE Sociedad Colombiana de Ergonomía Capítulo Antioquia · Sociedad Colombiana de Medicina del Trabajo Capítulo Antioquia

Organiza:

CSOA CORPORACIÓN DE SALUD OCUPACIONAL Y AMBIENTAL

28 Semana de la Salud Ocupacional

Lo humano y lo técnico en un mundo que se transforma

Procesamiento de bioseñales cardiacas e inteligencia artificial: una perspectiva interdisciplinaria

Juan P. Ugarte M., Ph.D.
Universidad de San Buenaventura -Medellín

Juan Pablo Ugarte Macías

Ingeniería de Sonido, Faculta de Ingenierías

Grupo de Investigación en Modelamiento y Simulación Computacional – GIMSC, A1 Minciencias

Universidad de San Buenaventura

juan.ugarte@usbmed.edu.co

28 Semana de la Salud Ocupacional

Lo humano y lo técnico en un mundo que se transforma

Intereses de investigación

- Procesamiento de señales
- Modelos matemáticos y simulación computacional
- Cálculo fraccional
- Dinámica no lineal
- Sistemas complejos
- Máquinas de aprendizaje, clustering y computación evolutiva
- Entropia
- Fractales
- …

El plan para hoy

1. Contexto
   1. Inteligencia artificial y actualidad
   2. El problema del corazón
2. Perspectiva técnica
   1. Bioseñales cardiacas
   2. Inteligencia artificial (IA)
   3. IA y el corazón
3. Perspectiva interdisciplinaria
   1. Fronteras
   2. Interdisciplina

Contexto | Inteligencia artificial y actualidad

28 Semana de la Salud Ocupacional
Lo humano y lo técnico en un mundo que se transforma

Periodo	Descripción
Fundación	1956, Conferencia Dartmouth, McCarthy
Primera era dorada	1956 hasta finales 1970, laboratorios de investigación y desarrollo, financiación gubernamental. Ingeniería del conocimiento. Problema: obtener conocimiento
Segunda era dorada	1982, red neuronal de Hopfield Finales 1990, IA lejos de la vida social
Tercera era dorada	2006 hasta la fecha, IA se desarrolla rápido. Poder computacional, GPU, computación en paralelo. Alta capacidad de almacenamiento

Contexto | Inteligencia artificial y actualidad

- 1997, IBM, Deep blue, ajedrez

Contexto | Inteligencia artificial y actualidad

- 2015, AlphaGo, DeepMind vence a un jugador profesional de Go
- 2016, AlphaGo, DeepMind vence al campeón mundial de Go (18 títulos mundiales)
- 2017, AlphaZero, aprende desde cero Ajedrez, Shogi y Go

Contexto | Inteligencia artificial y actualidad

How Netflix's AI Saves It $1 Billion Every Year

By Adam Levy – Updated Oct 29, 2018 at 1:53PM

Netflix uses algorithms to keep its viewers engaged and reduce cancellations.

2017

Google Uses AI to Design Next-Generation Chips in Just Six Hours

2021

Google has been researching the use of artificial intelligence to design the next-generation of chips and processors for over a year now. It just succeeded.

Sumeet Wadhwani Asst. Editor, Spiceworks Ziff Davis

June 15, 2021

Amazon's New Robots Pack 700 Boxes Per Hour

Automated box packing will replace human workers, with 24 roles disappearing for each warehouse facility having one of these robots installed.

By Matthew Humphries May 13, 2019

2019

ARTIFICIAL INTELLIGENCE SET TO RECOGNISE PAIN AND SELF REPAIR

PATRICK O BRIEN × OCTOBER 16, 2020

2020

Contexto | Inteligencia artificial y actualidad

2018

Google AI claims 99% accuracy in metastatic breast cancer detection

Kyle Wiggers
@Kyle_L_Wiggers

October 12, 2018 9:00 AM

Meta

How Facebook AI Helps Suicide Prevention

September 10, 2018
Catherine Card, Director of Product Management

2018

For the First Time AI Designs and Validates New Drug Candidate in Days

2019

Publicada el 3 de septiembre de 2019

The world's fastest supercomputer identified chemicals that could stop coronavirus from spreading, a crucial step toward a treatment

By Scottie Andrew, CNN
Updated 12:26 PM EDT, Fri March 20, 2020

2020

NEWS | BIOMEDICAL

2017

AI Predicts Heart Attacks and Strokes More Accurately Than Standard Doctor's Method › An artificial intelligence program correctly identifies 355 more patients who developed cardiovascular disease

BY ELIZA STRICKLAND | 01 MAY 2017 | 3 MIN READ

NEWS | HEALTH

Self-taught artificial intelligence beats doctors at predicting heart attacks

New method could save thousands of lives a year

14 APR 2017 · BY MATTHEW HUTSON

2017

Feature | Wearables | May 11, 2017

2017

Artificial Intelligence Detects AFib Using Apple Watch Heart Rate Sensor

By Terri Malloy

Mayo researchers create, test AI to improve EKG testing for hypertrophic cardiomyopathy

February 18, 2020

2020

Heart Rhythm Society

2022

New App for Apple Watch Uses Artificial Intelligence to Detect Left-Ventricular Dysfunction

microRNA as a prognostic biomarker

Heart attack diagnosis: fast and unambiguous thanks to artificial intelligence

13-Jan-2022

Dr. Petra Neis-Beeckmann

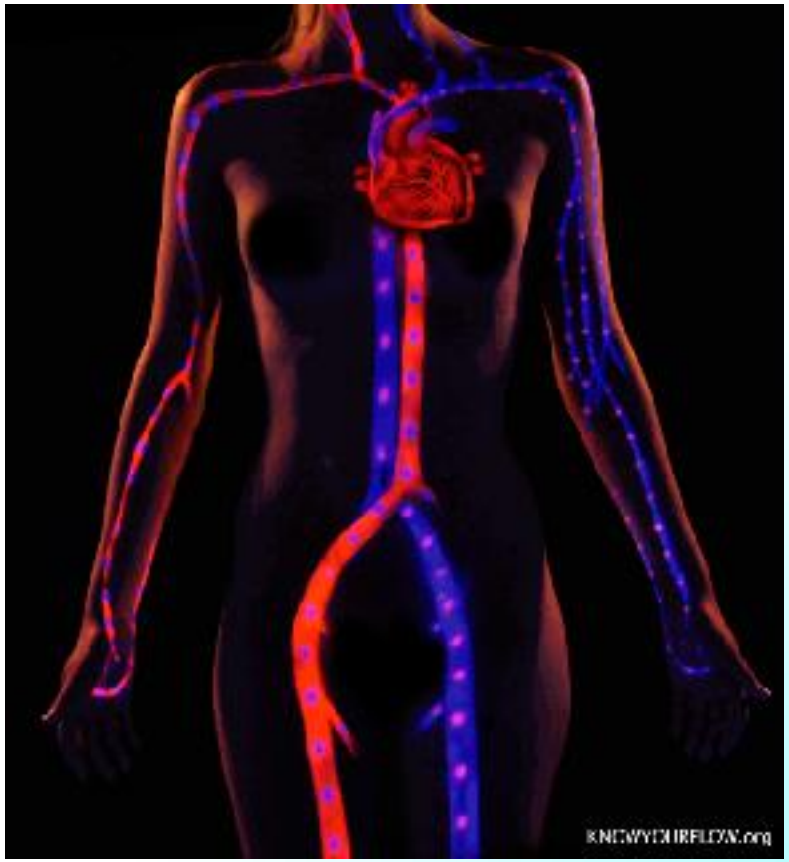
Contexto | El problema de entender el corazón

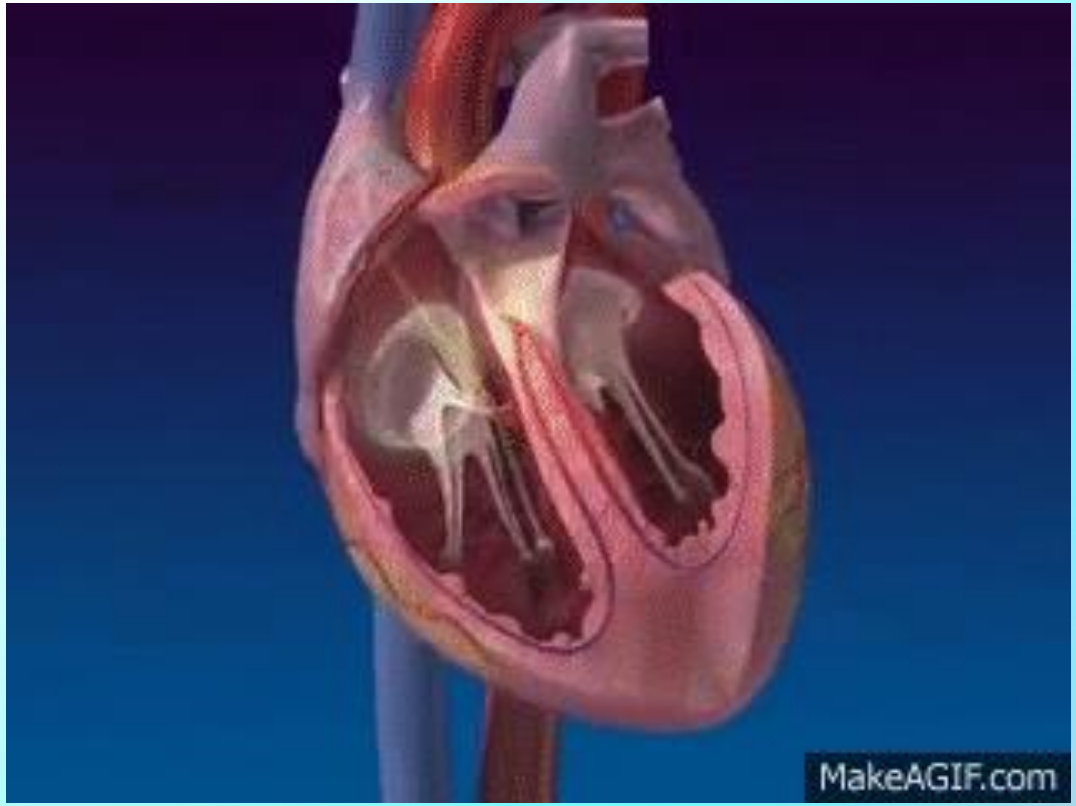
- Enfermedades del corazón (EC), principal causa de muerte a nivel mundial, 32% del total de muertes (OMS, 2021)
- >75% de muertes EC, países con ingresos bajos y medianos (OMS, 2021)
- En las Américas (por pob. 100000,):
  - 40.8 millones de años de vida ajustados por discapacidad cada año
  - 36.4 millones de años de vida perdidos debido a muertes prematuras (89 % del total de AVAD por EC)
  - 4.5 millones de años vividos con discapacidad
- Federación Mundial del corazón: 23 millones muertes/año por EC al 2030
- EC son una faceta del trastorno multifacético conocido como COVID prolongado

Contexto | El problema de entender el corazón

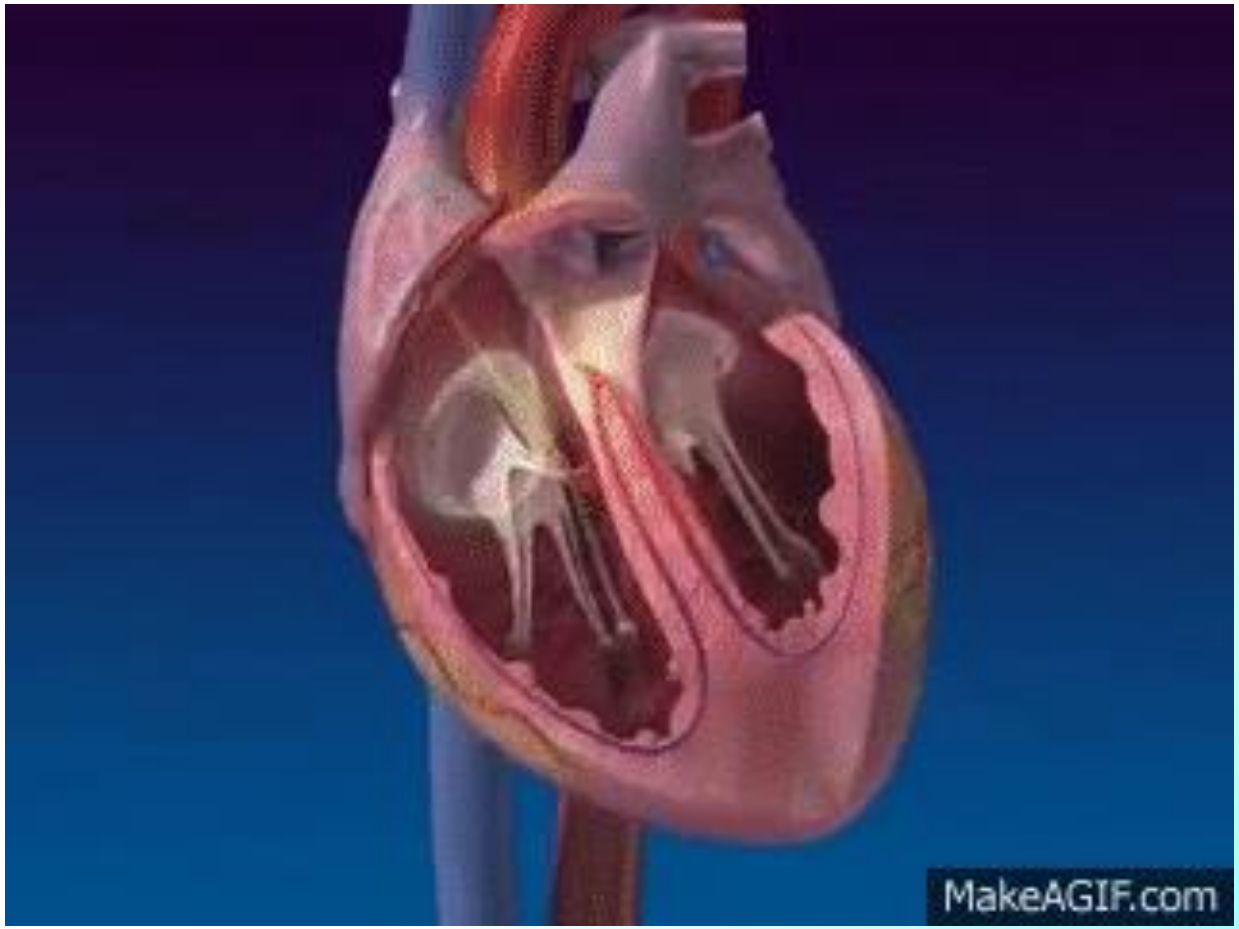
- 2010, estudio en con funcionarios públicos británicos: 10 a 11 horas de trabajo, incrementa riesgo problemas cardiacos graves; respecto a 7 horas de trabajo
- Revisión sistemática 2022: relación entre EC y estrés laboral y trabajo por turnos
- Varios reportes sobre relación de horas de trabajo prolongadas con EC
- Cardiología ocupacional, 2010, combina subespecialidades tradicionales de cardiología con prevención y la gestión de riesgos exclusivas de las características y condiciones laborales específicas.

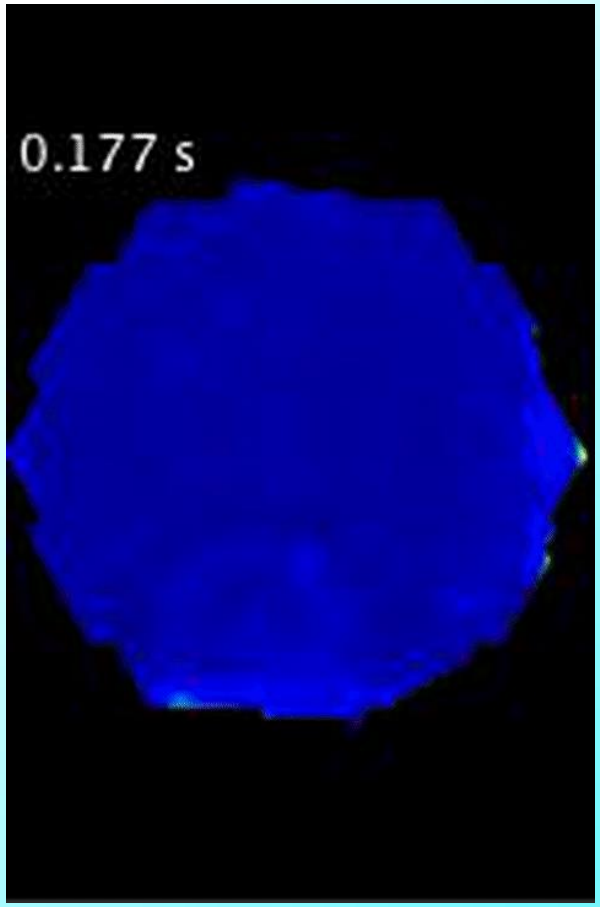
Perspectiva técnica | Bioseñales cardiacas



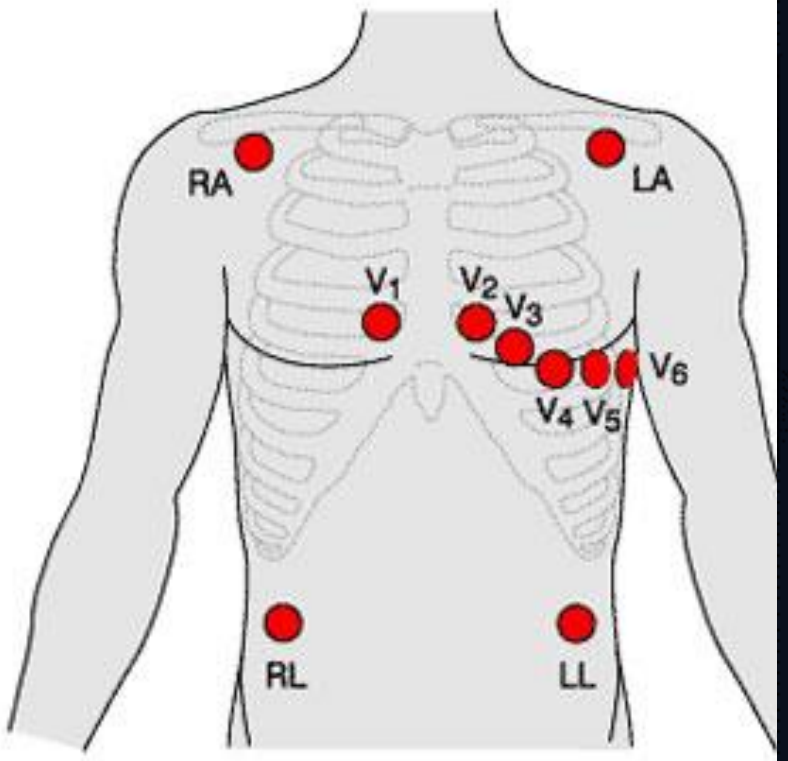


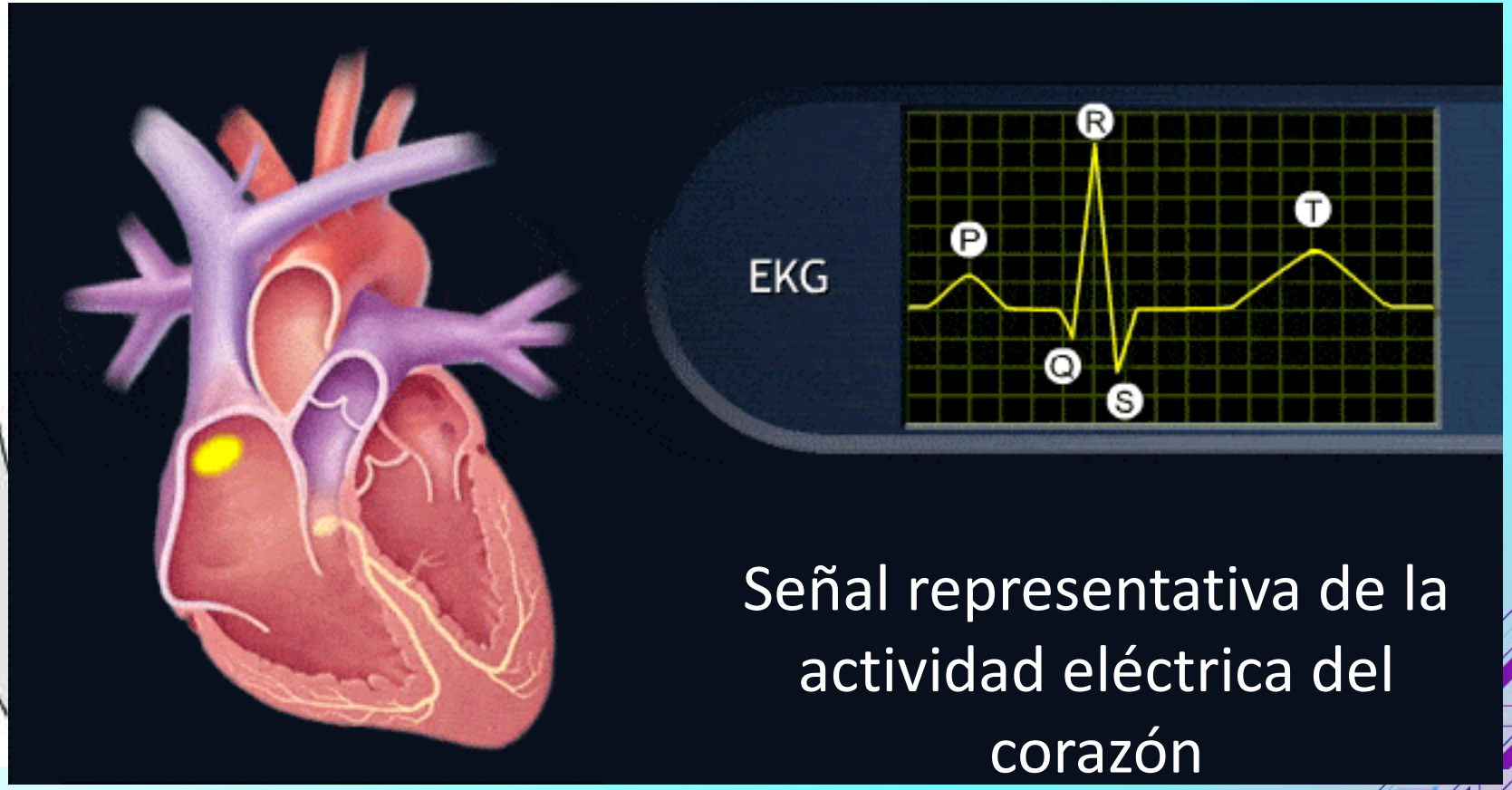
Perspectiva técnica | Bioseñales cardiacas





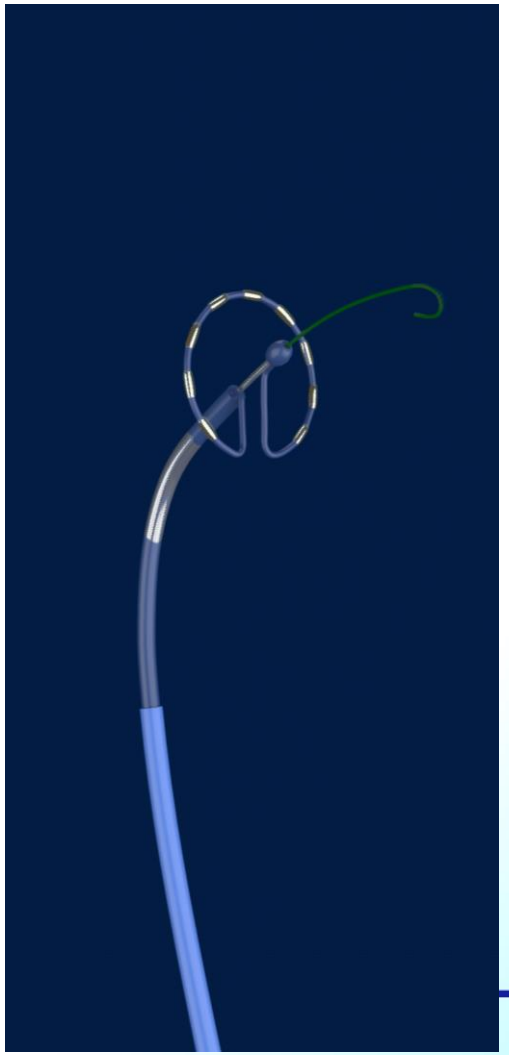
Electrocardiograma (ECG o EKG)





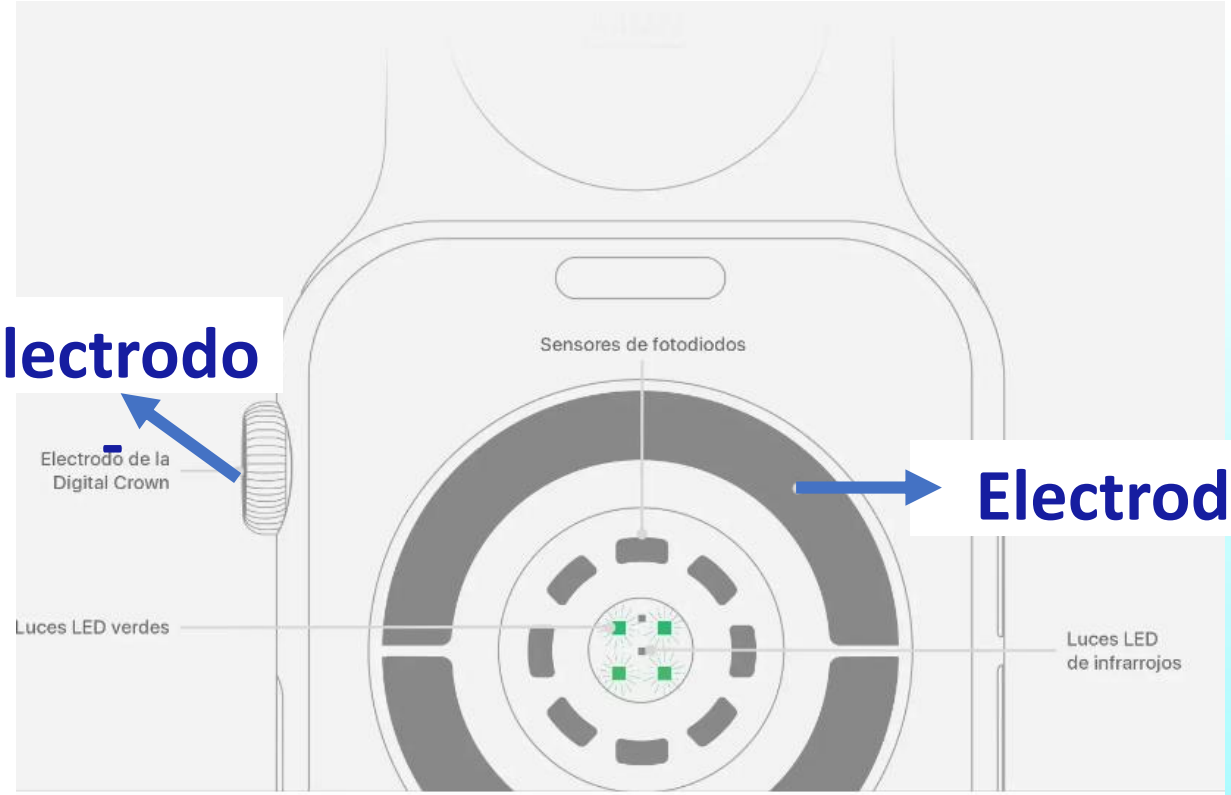
Señal representativa de la actividad eléctrica del corazón

Electrograma (EGM)

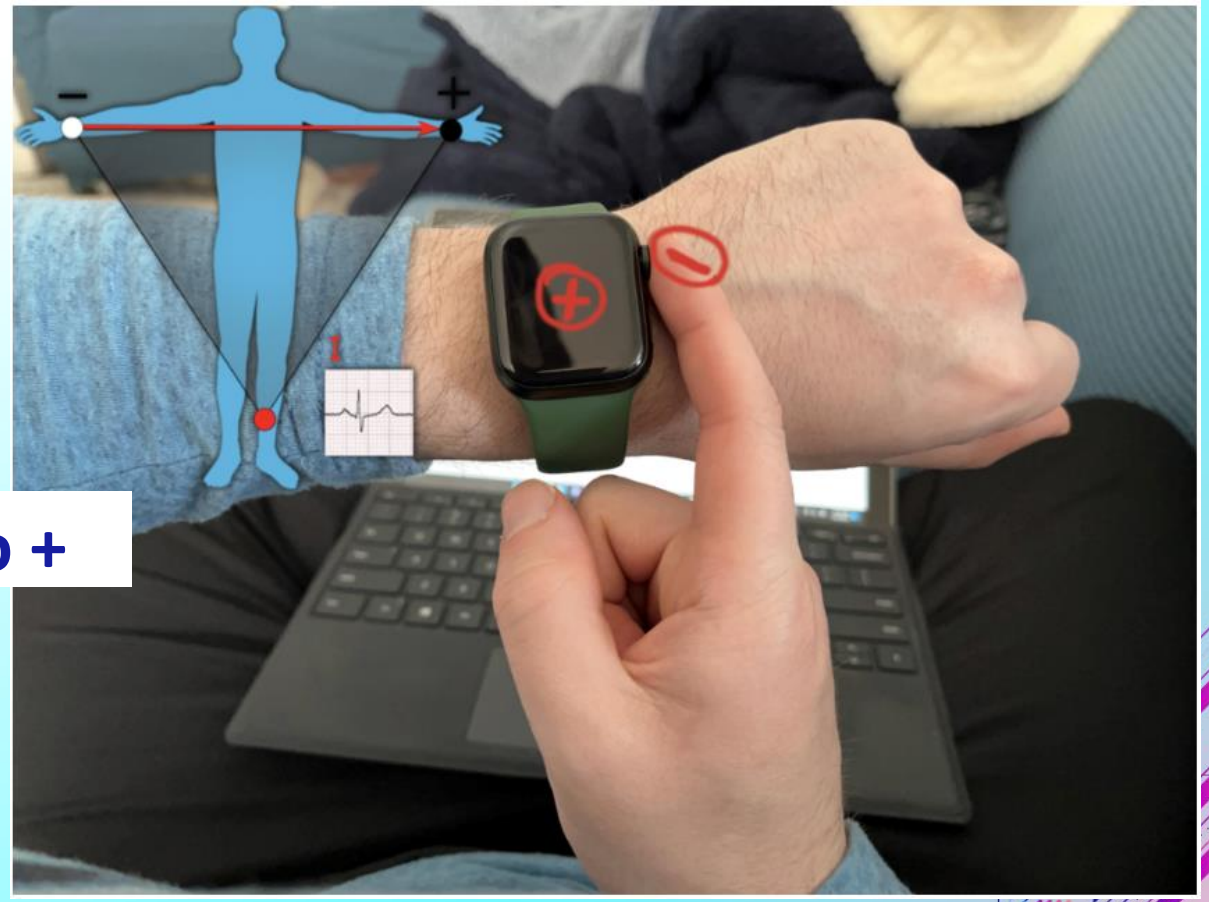


Señal que registra actividad eléctrica local

Apple Watch

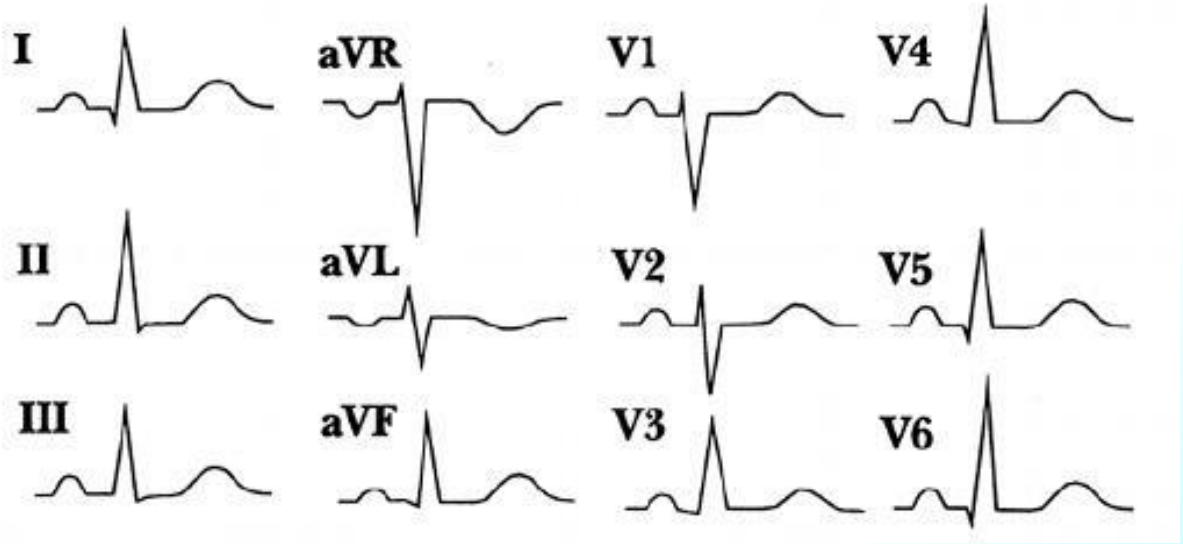


Electrodo +

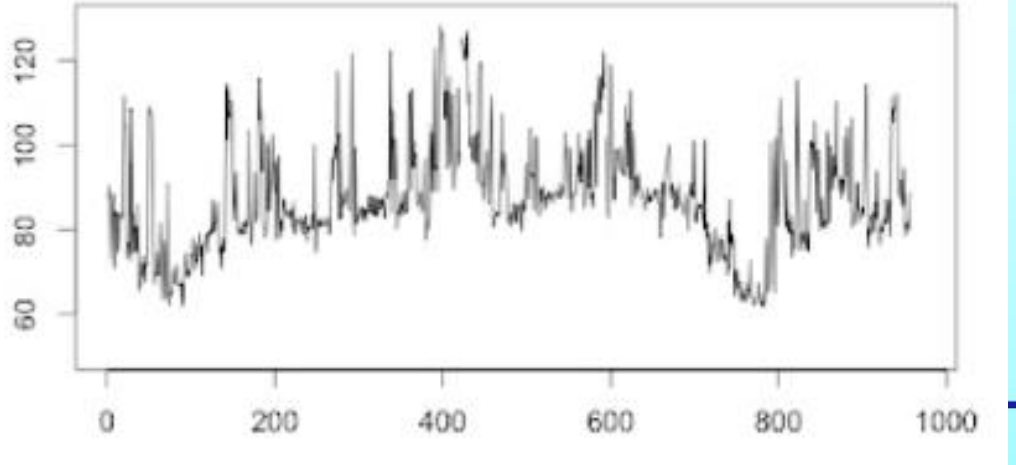


Perspectiva técnica | Bioseñales cardiacas

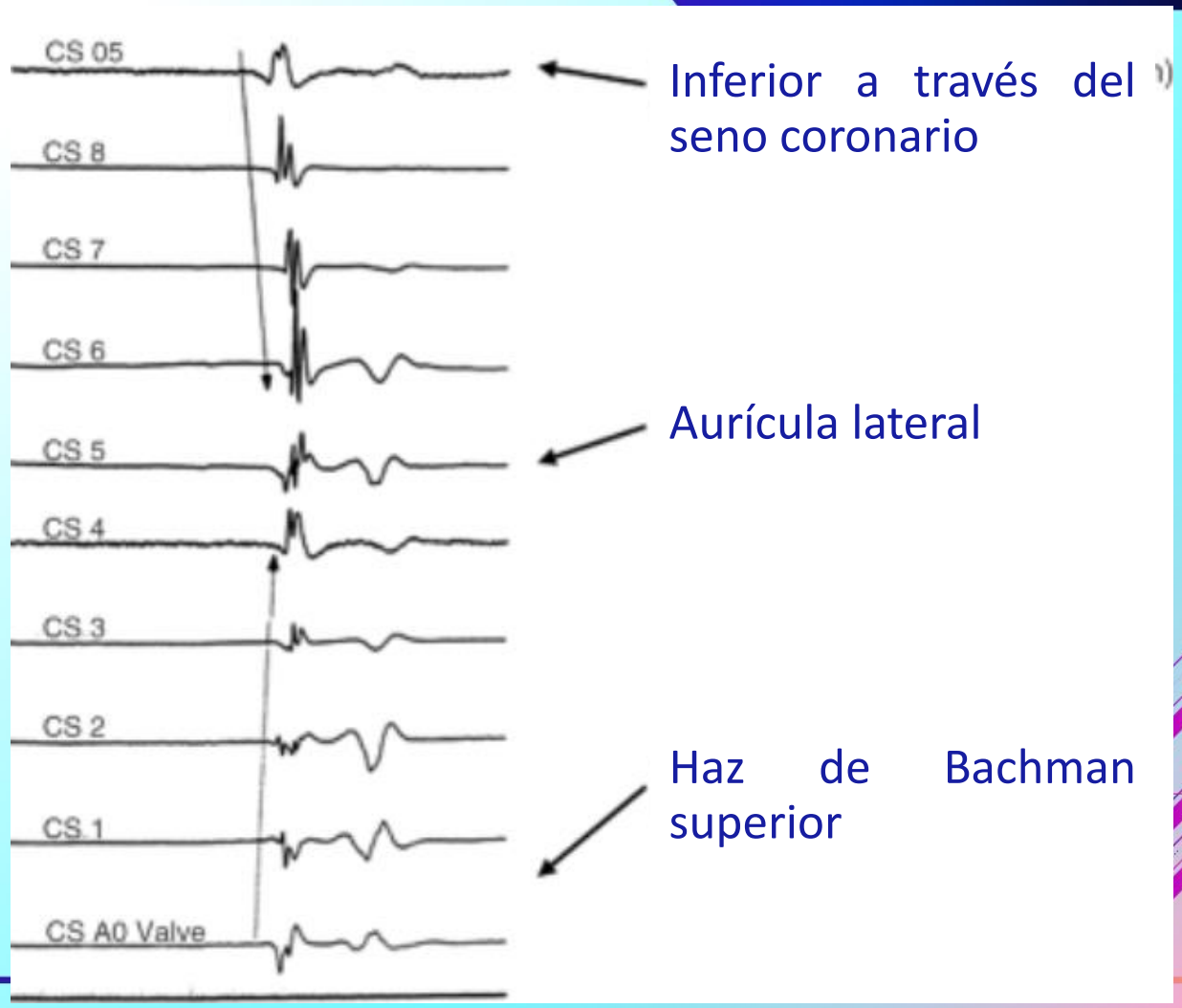
Electrocardiogramas (ECG)



Variabilidad de frecuencia cardiaca (HRV)



Electrogramas (EGM)



Perspectiva técnica | Inteligencia artificial

28 Semana de la Salud Ocupacional
Lo humano y lo técnico en un mundo que se transforma

Definiciones

El problema de hacer que una máquina se comporte de maneras que se llamarían inteligentes si un humano se comportara así (Arthur. McCarthy, 1956).

La ciencia de hacer que las máquinas hagan cosas que requerirían inteligencia si las hicieran los hombres (Marvin Minsky, 1968).

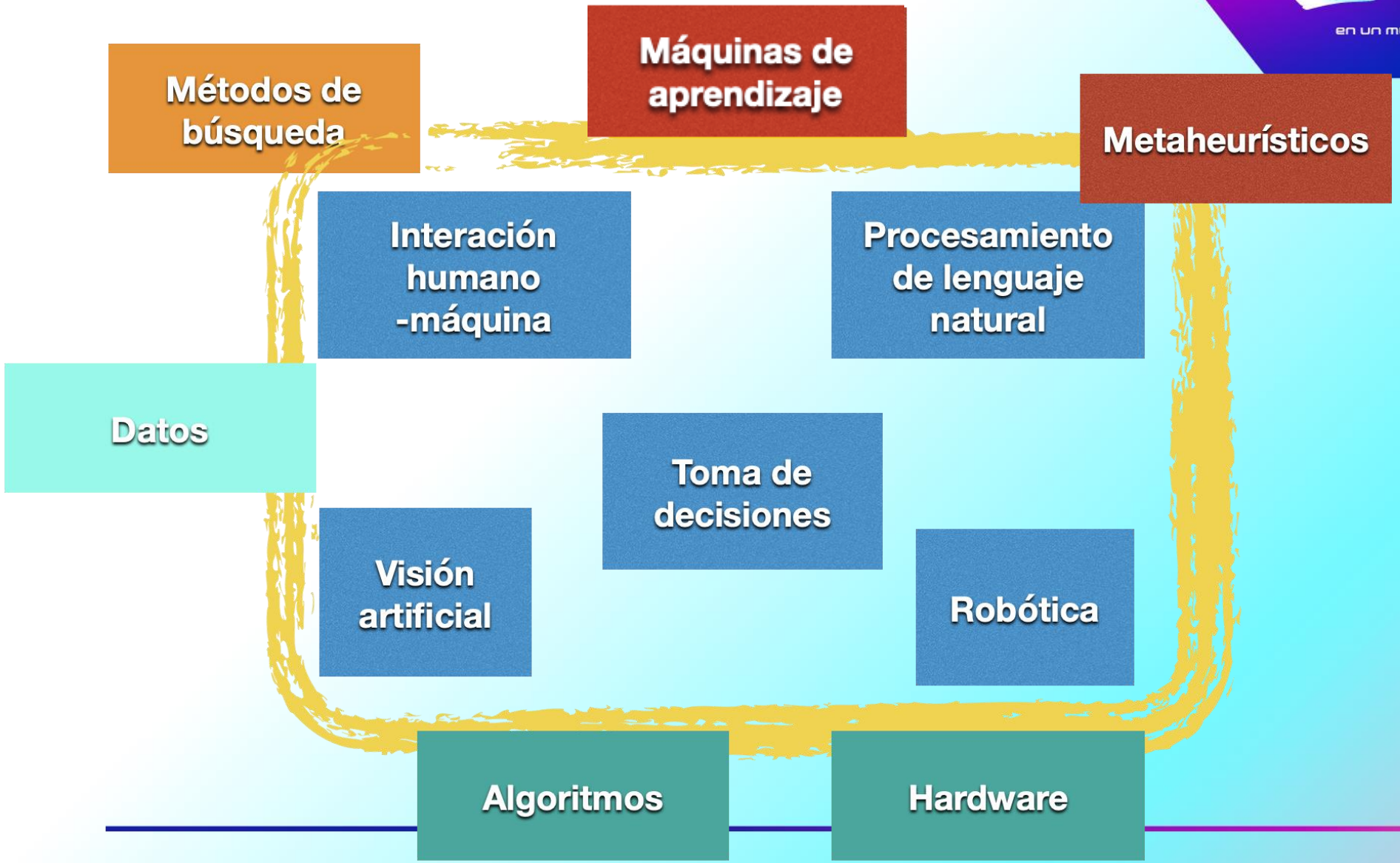
Potencial biopsicológico para procesar información para resolver problemas o crear productos que sean valiosos en una cultura (Howard Gardner, 1999).

Definiciones

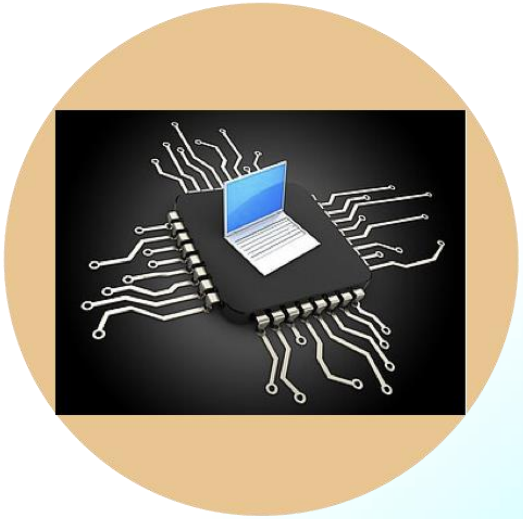
Capacidad del sistema de interpretar datos externos correctamente, aprender de dichos datos y utilizar esos aprendizajes para lograr objetivos y tareas específicos a través de una adaptación flexible (Andreas Kaplan, Michael Haenlein 2019).

Perspectiva técnica | Inteligencia artificial

28 Semana de la Salud Ocupacional
Lo humano y lo técnico en un mundo que se transforma



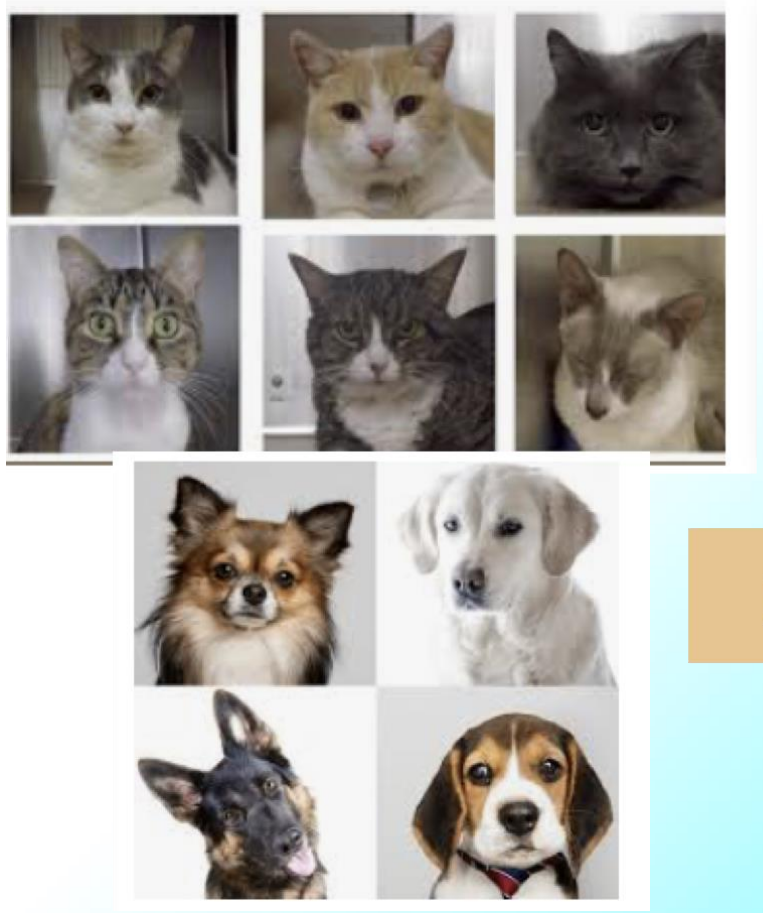
Perspectiva técnica | Inteligencia artificial



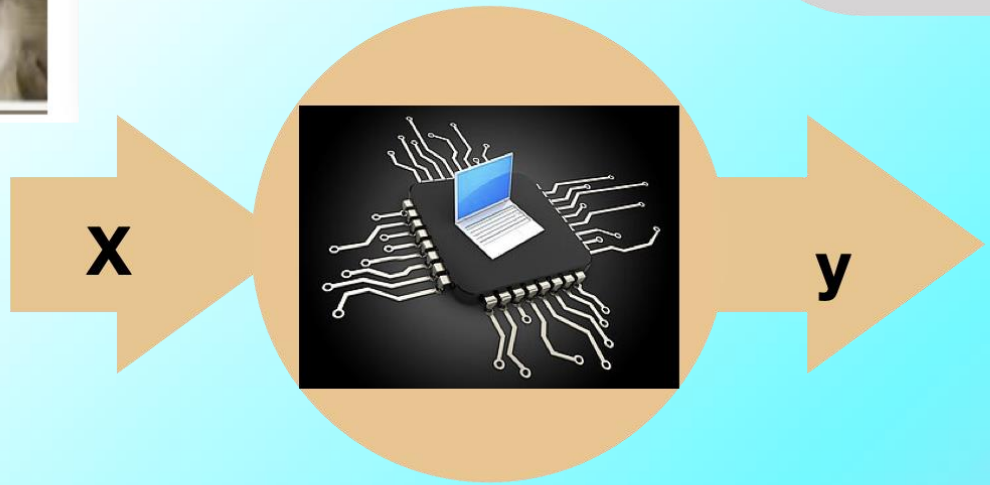
Máquinas de aprendizaje

- Aprendizaje supervisado
- Aprendizaje no supervisado
- Aprendizaje por refuerzo

Aprendizaje supervisado

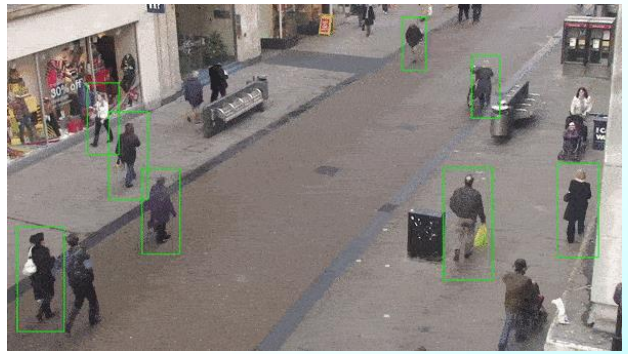


Si *X* entonces *y*

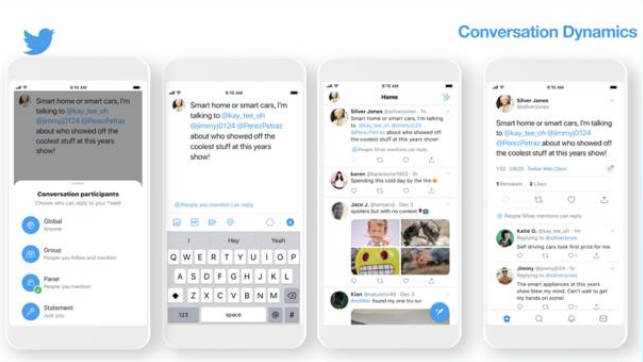


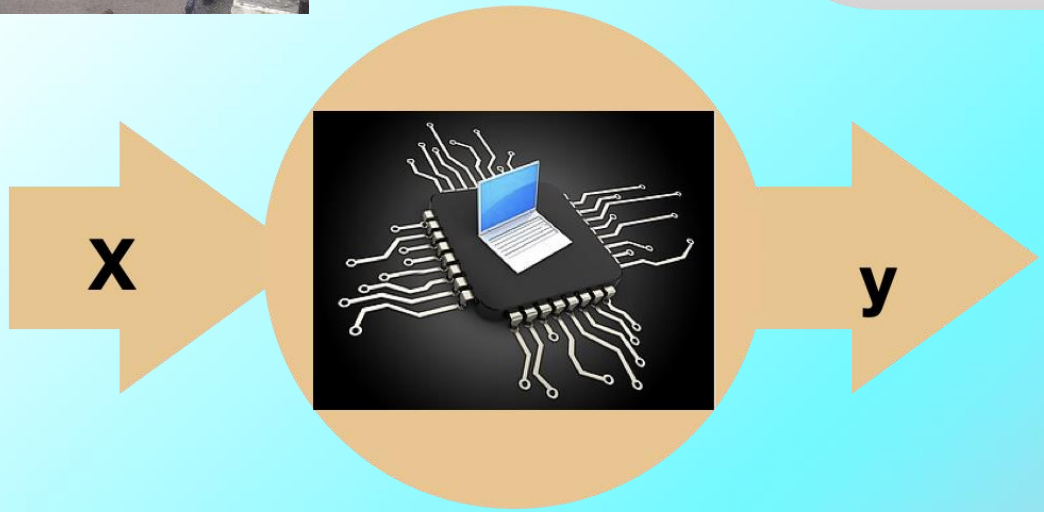
Perspectiva técnica | Inteligencia artificial

➢ Aprendizaje no supervisado



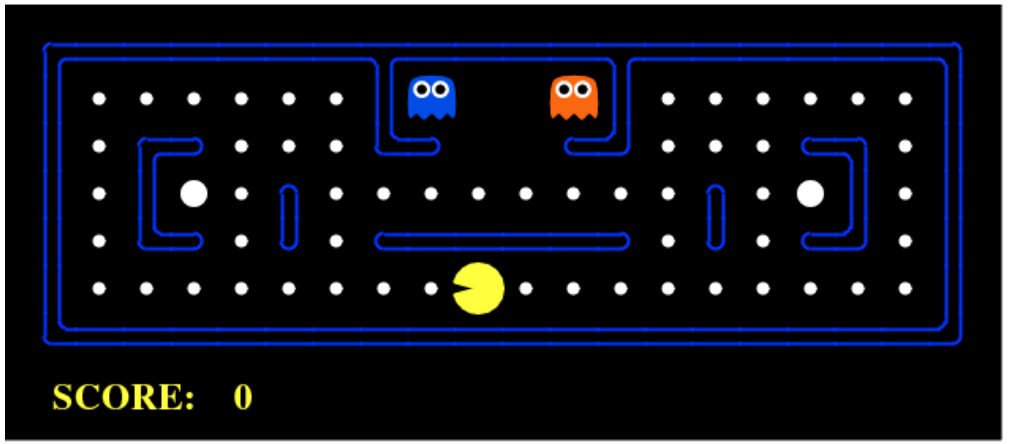
Si *X*
entonces busca
patrones

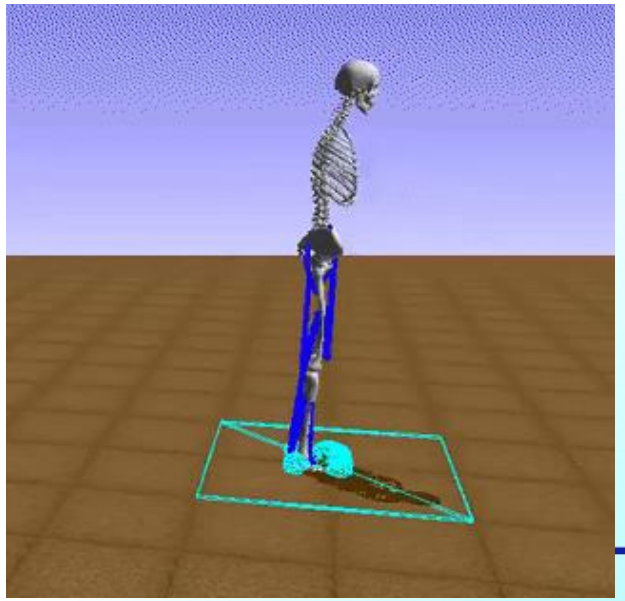




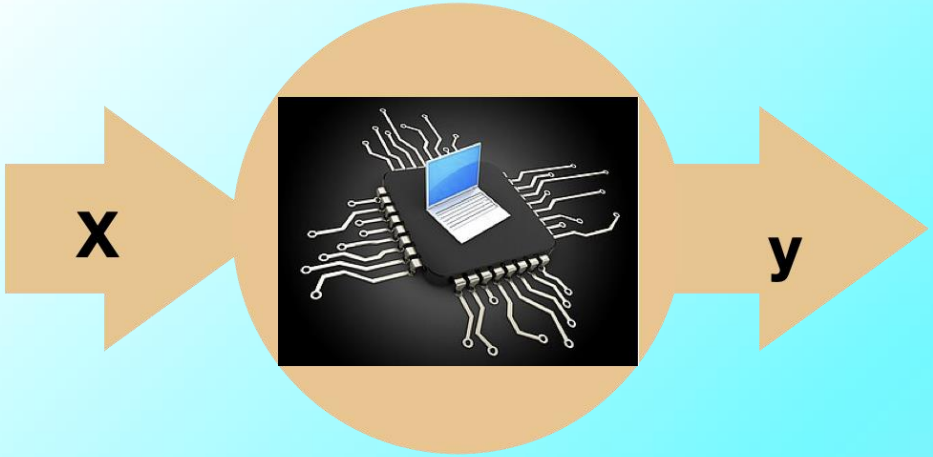
Perspectiva técnica | Inteligencia artificial

➢ Aprendizaje por refuerzo

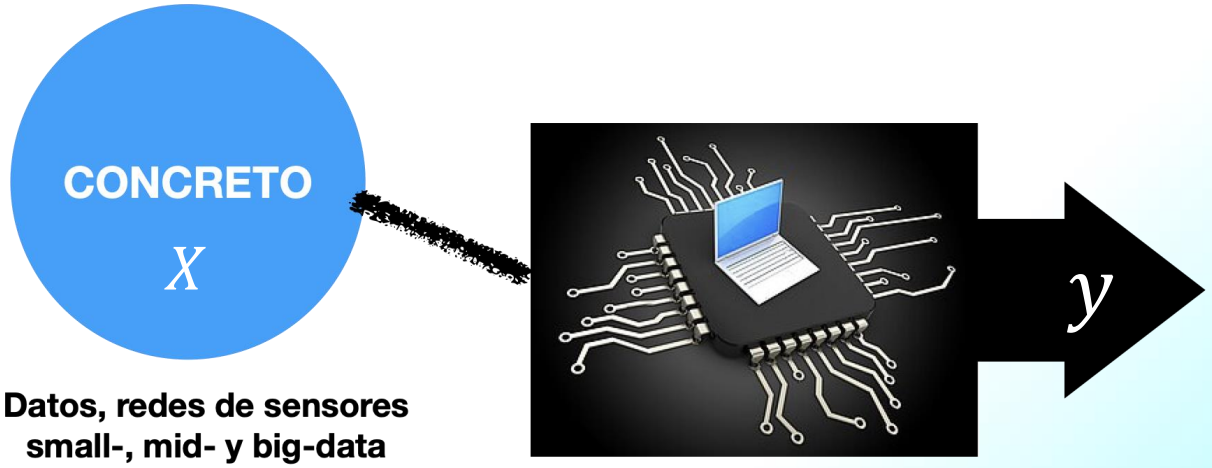




Si X y generas y, entonces acumulas a



Entonces…



Datos, redes de sensores
small-, mid- y big-data

$$y = f(X, \theta_1, \theta_2, \ldots, \theta_N)$$

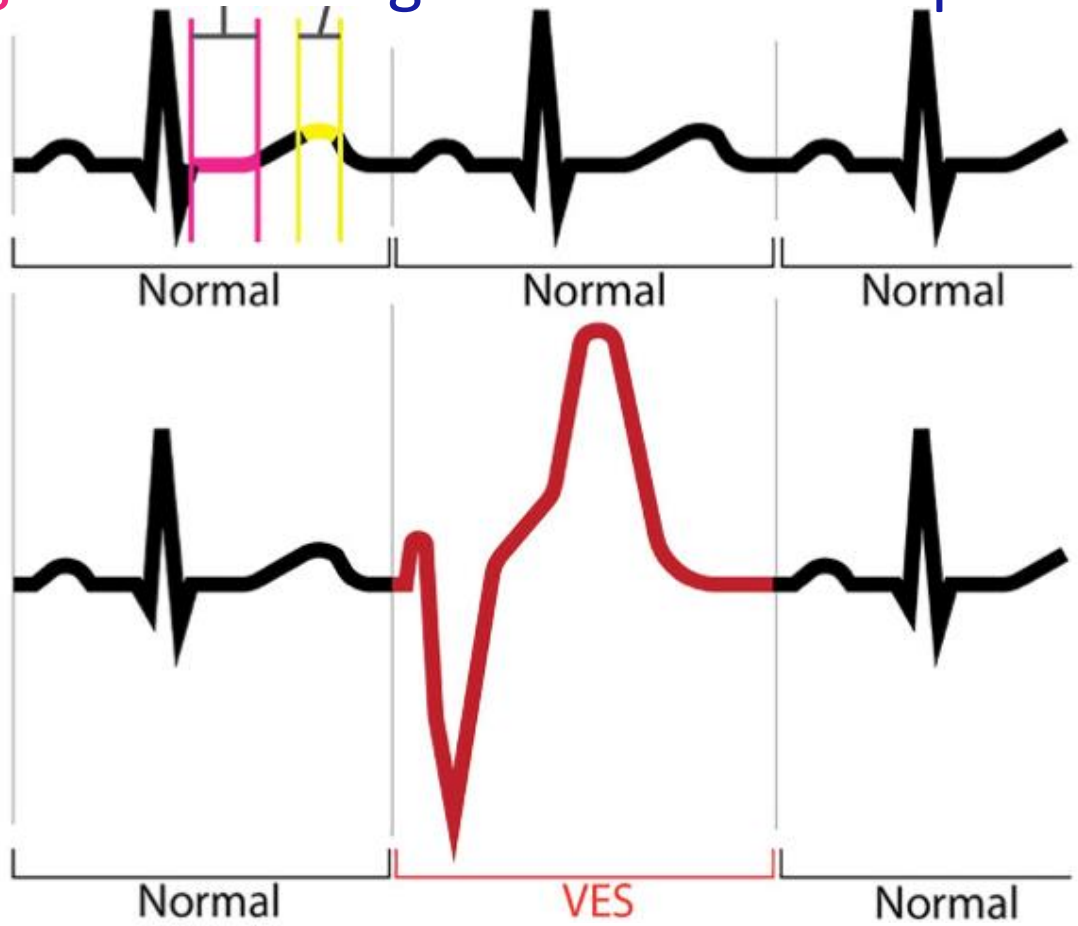
$$y \sim \mathcal{N}(\mu_0(X), \sigma_0(X))$$

- X son descriptores (características, predictores)
- y es la salida deseada (etiquetas)
- f es la máquina de aprendizaje:
  - ✓Regresión logística
  - ✓Máquinas de soporte vectorial
  - ✓Árboles de decisión
  - ✓Clasificadores bayesianos
  - ✓Redes neuronales **
  - ✓Redes profundas (Deep learning) **
- $\theta_1, \theta_2, \ldots, \theta_3$ son parámetros de la máquina
- **Aprender es ajustar θ_i de modo que $y=f(X, \theta_i)$**
- Entrenamiento: proceso de ajustar θ_i

Perspectiva técnica | IA y el corazón

¿Cómo obtengo *X*?

Segmento ST Segmento onda T superior

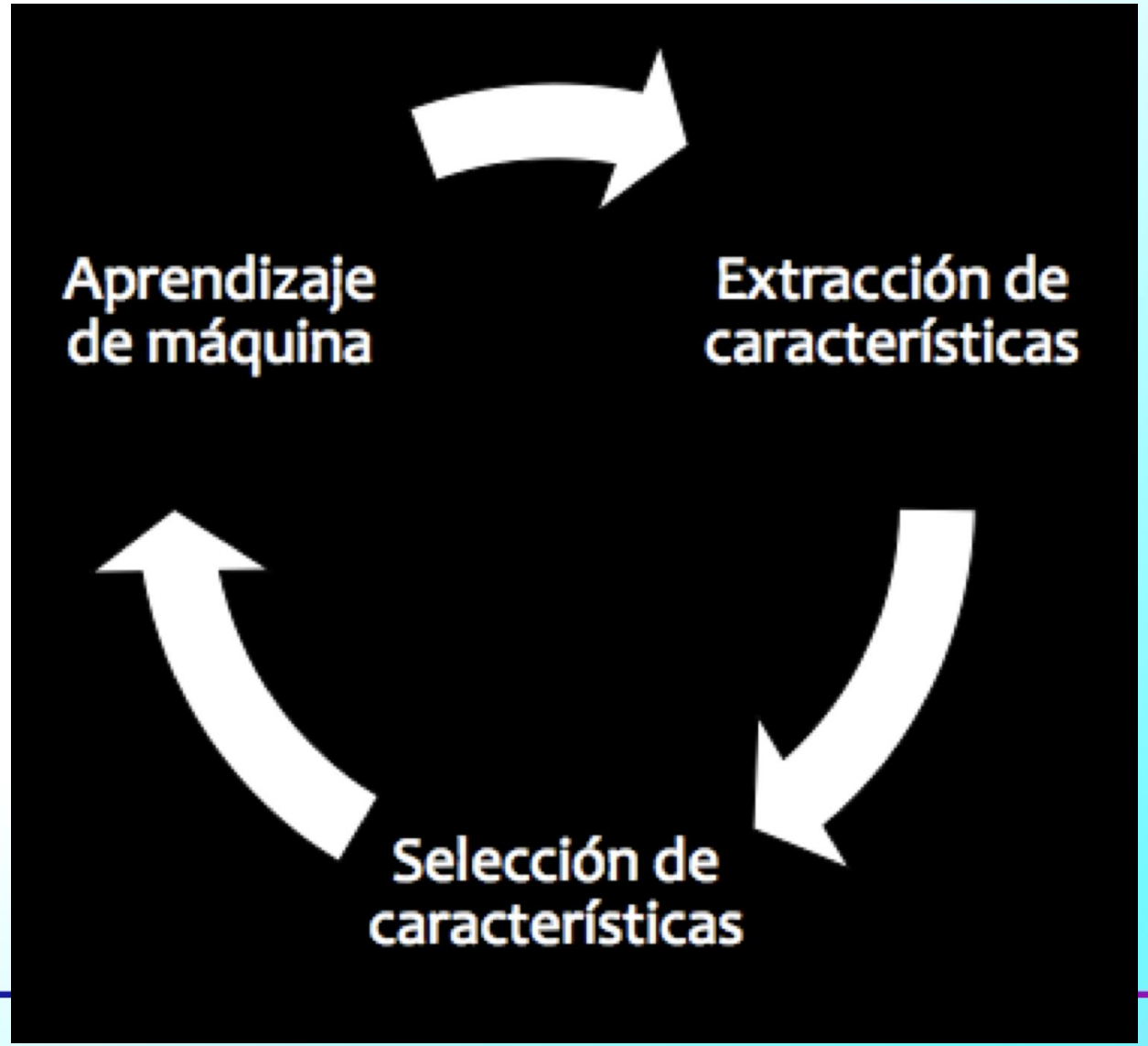


Benjamins et al 2019

VES: extrasístole ventricular

- **Tiempo:** energía, momentos estadísticos, RMS, cruces por cero, factor de forma, taps de AR (LPC), …
- **Frecuencia:** formantes, centroide, *spread*, flujo, flatness, MFCC,…
- **Tiempo-frecuencia:** wavelets, transformada fraccional de Fourier, transformada de Hilbert, descomposición de modos empíricos
- **Información y complejidad:** entropía (Shannon, aproximada, *sample,* Tsallis, Renyi, Fuzzy, permutación), dimensión fractal, lacuranidad, exponente de Hurst, exponente de Lyapunov,
- **Complejidad:** complejidad de Lempel-Ziv, complejidad de Kolmogorov, complejidad estadística…
- **Dinámica no lineal:** espacio de estados, pseudo-espacio de estados, cuantificación de recurrencia, …

Perspectiva técnica | IA y el corazón



Aplicaciones (últimos 8 años)

- 2015, Identificación de pacientes con hipertensión arterial pulmonar, **1322 sujetos, rendimiento alto**
- 2016, Identificación de disfunción ventricular (fracción de eyección 35%), **97829 datos, rendimiento >85%**
- 2018, Identificación de arritmias (ritmo sinusal, bloqueo de ramas izquierda y derecha, contracción prematura ventricular y auricular), **rendimiento >98%**
- 2019, Predicción de 12 tipos de arritmia: IA vs cardiólogo, **rendimiento 99%**
- 2019, Discriminación entre cardiomiopatía hipertrófica y corazón de atleta, **rendimiento >82%**

Aplicaciones (últimos 8 años)

- 2019, Predicción de mortalidad por cualquier causa en pacientes, con sospecha de enfermedad de arteria coronaria, que se someten a angiografía por tomografía computarizada, **10030 sujetos**, **rendimiento medio alto**
- 2021, Detección de fibrilación auricular subclínica, **585590 datos, rendimiento >82%**
- 2020, Predicción de mortalidad por cualquier causa en niños <6 post implantación de terapia de resincronización, **3792 datos, rendimiento >78%**
- 2022, Predicción de enfermedad de arteria coronaria con angiografía por tomografía computarizada, **13054 sujetos**, **rendimiento alto**

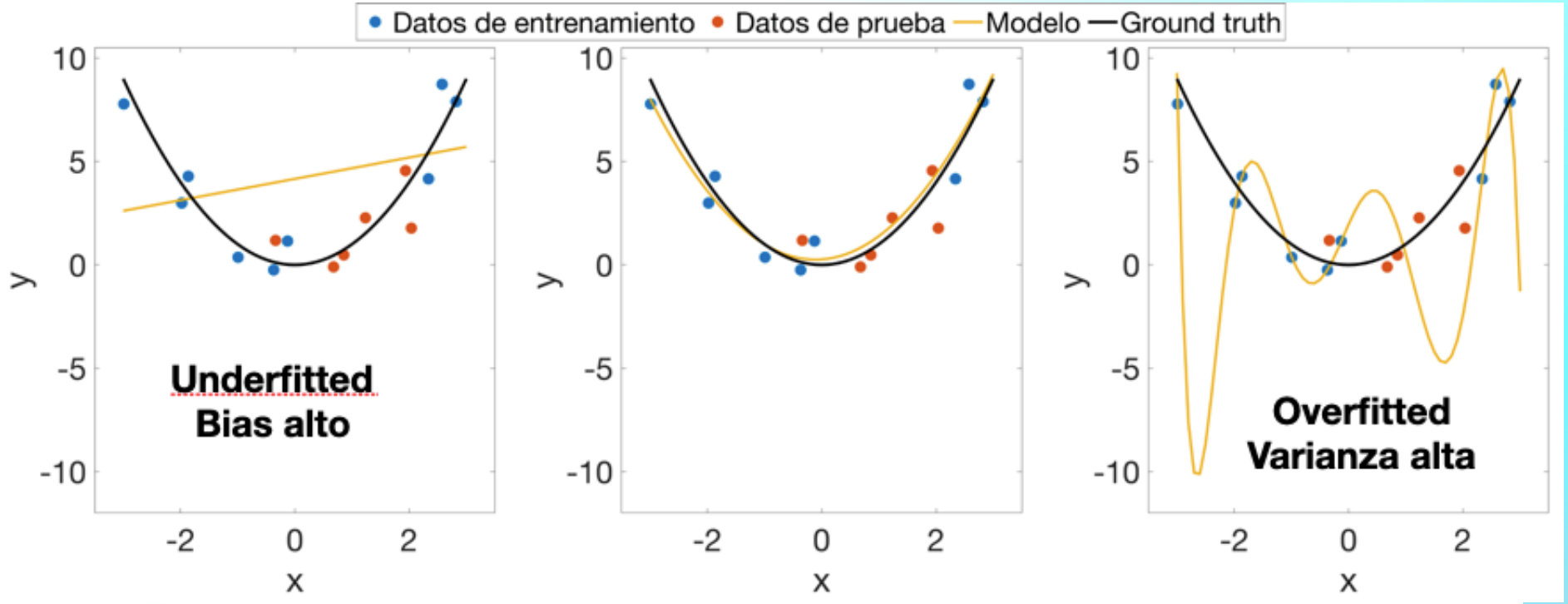
Perspectiva interdisciplinaria | Fronteras

- IA asegura un buen rendimiento con grandes volúmenes de datos
- Para entrenamiento: se requiere un número de datos ~10 veces mayor al número de parámetros de la máquina
- Además, los datos deben estar etiquetados
- El resultado depende en gran medida de los datos y los descriptores
- Deep learning: evita los descritores, pero … elevado número de parámetros (>1 millón)

Perspectiva interdisciplinaria | Fronteras

Capacidad de generalización

$$y = x^2 + \eta, \eta \sim \mathcal{N}(0,1)$$

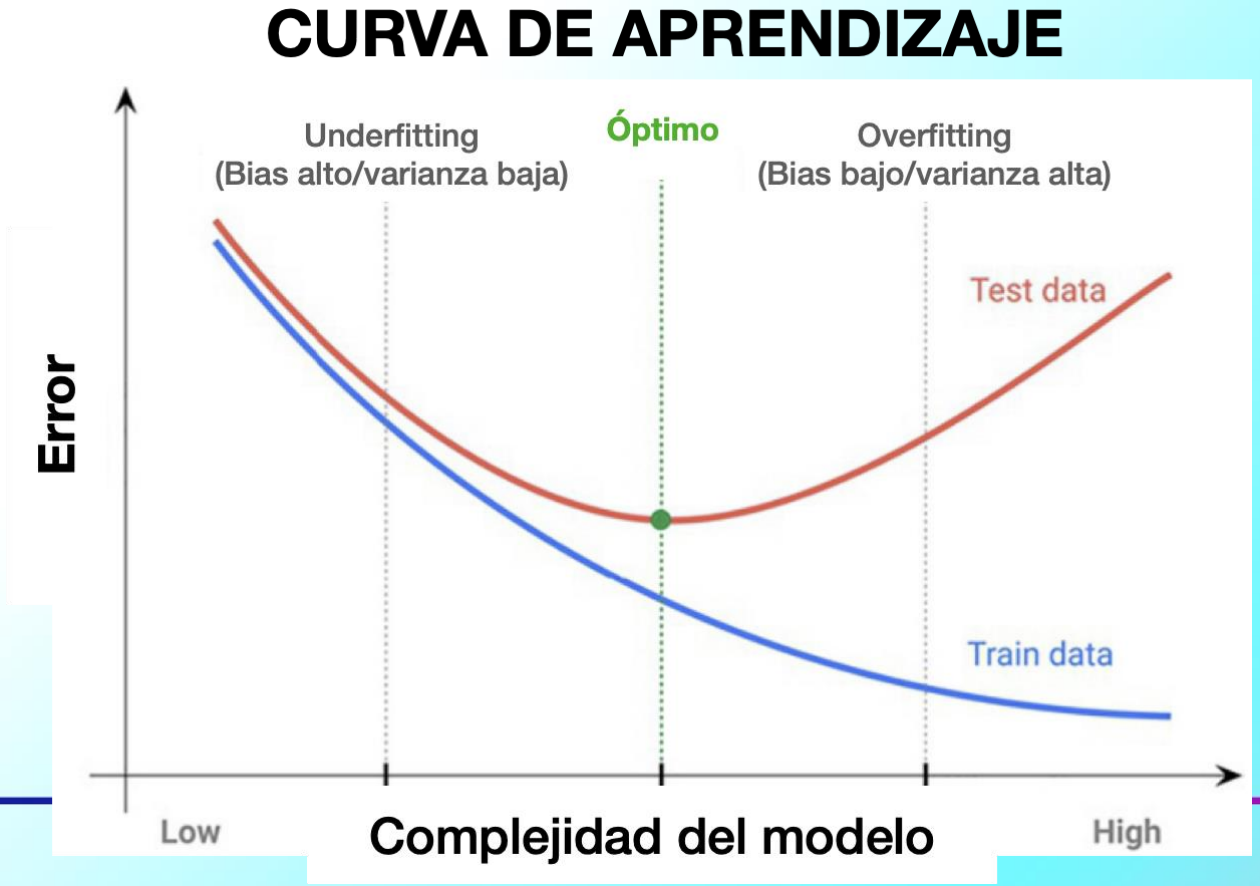


$$h = \theta_0 + \theta_1 x \qquad h = \theta_0 + \theta_1 x + \theta_1 x^2 \qquad h = \sum_{k=0} \theta_k x^k$$

Perspectiva interdisciplinaria | Fronteras

Capacidad de generalización

Generalización: capacidad del clasificador que, ajustado con el conjunto de datos de entrenamiento, opere satisfactoriamente con datos fuera de ese conjunto



Perspectiva interdisciplinaria | Interdisciplinaria

Transformación digital:

- Interconexión a gran escala
- Grandes volúmenes de datos
  - Small data
  - Mid data
  - Big data (>1 TB) datos no estructurados, incompletos, inaccesibles

- Documento de 400 palabras: 214 KB ≈ 19.46 x 10-10 TB
- Canción Mp3, 5 minutos: 4.8 MB ≈ 4.6 x 10-6 TB
- Película, Blu-ray 4K Ultra HD, 90 minutos: 75 GB ≈ 0.073 TB

Perspectiva interdisciplinaria | Interdisciplinaria

Potencia computacional

- Instrucciones por segundo (FLOPS)

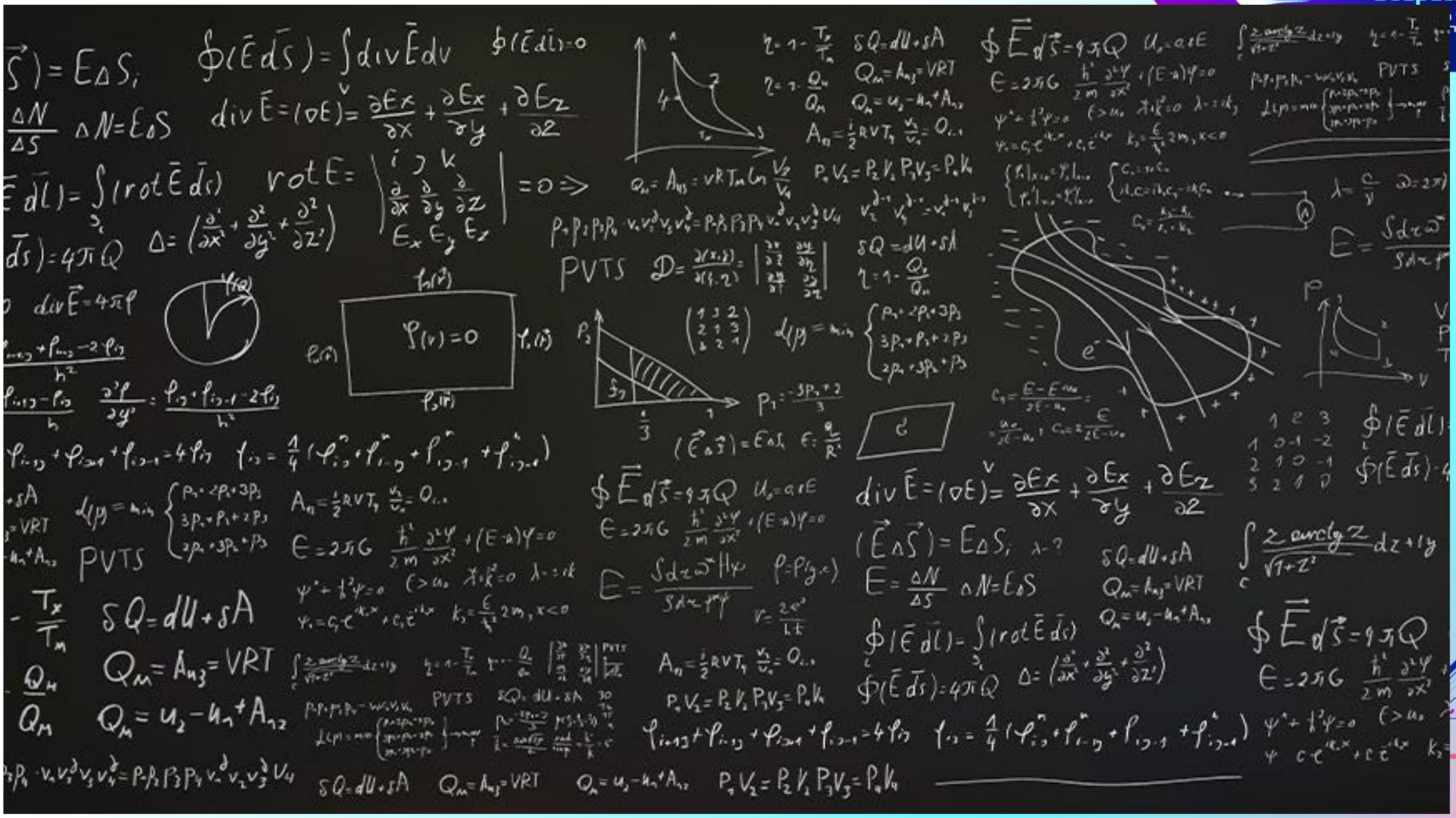
20-60 Giga FLOPS

10.28 Tera FLOPS

122.3 Peta FLOPS

(Récord 2018)

Perspectiva interdisciplinaria | Interdisciplinaria



Perspectiva interdisciplinaria | Interdisciplinaria

28 Semana de la Salud Ocupacional
Lo humano y lo técnico en un mundo que se transforma

Los profesionales en salud rayan la cancha de juego

- Experimentan los problemas de forma directa
- Son pragmáticos
- Entienden los procesos subyances
- Tratan con problemas complejos

Perspectiva interdisciplinaria | Interdisciplinaria

Trabajo interdisciplinario

- Diferentes perspectivas del problema
- Pensamiento complejo para un problema complejo
- Salud ocupacional: soluciones preventivas y de control
- ¡Orientar IA hacia el estudio de poblaciones sanas!

Evento Bimodal
Virtual / Presencial

28 Semana de la Salud Ocupacional

Lo humano y lo técnico
en un mundo que se transforma

42° Congreso de Ergonomía, Higiene, Medicina y Seguridad Ocupacional.

Hotel Intercontinental Medellín - Colombia

2, 3 y 4 de noviembre de 2022

Gracias

Procesamiento de bioseñales cardiacas e inteligencia artificial: una perspectiva interdisciplinaria

Juan Pablo Ugarte Macías
juan.ugarte@usbmed.edu.co

www.corporacionsoa.co

Organiza:

CSOA
CORPORACIÓN DE SALUD OCUPACIONAL Y AMBIENTAL

CO COLOMBIA · ACHO Capítulo Antioquia · ASASI Asociación Colombiana de Seguridad Integral · SCE Sociedad Colombiana de Ergonomía Capítulo Antioquia · Sociedad Colombiana de Medicina del Trabajo Capítulo Antioquia