

CLASE 1 - FISIOLÓGÍA CUANTITATIVA

# Procesamiento de señales

Trabajo Práctico N°1



# Contenidos

1

## Presentación del práctico

Plazos del trabajo práctico, calendario de hitos y recursos disponibles en el campus.

2

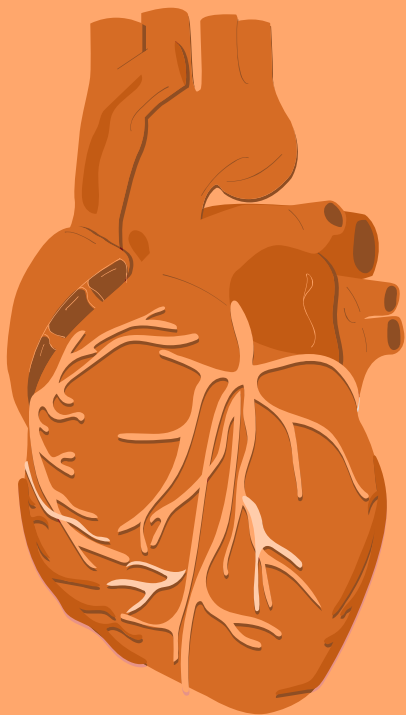
## Señales a utilizar

Características de cada conjunto, método adecuado de procesamiento y uso.

3

## Alcance de la tarea

Sistemas y algoritmos a utilizar para el filtrado, detección de ciclos y promediado.



# Contenidos

1

## Presentación del práctico

Plazos del trabajo práctico, calendario de hitos y recursos disponibles en el campus.

2

## Señales a utilizar

Características de cada conjunto, método adecuado de procesamiento y uso.

3

## Alcance de la tarea

Sistemas y algoritmos a utilizar para el filtrado, detección de ciclos y promediado.

# Modalidades de Evaluación 2024

---

- ◆ Cuestionarios
- ◆ Entregas de código
- ◆ Presentaciones orales
- ◆ Informes



Los cuestionarios pueden modificarse innumerables veces dentro del plazo.

Las entregas de código, en caso de que se indique, deben incluir un análisis de resultados (pueden realizarse en jupyter notebooks o archivos de texto separados).

Las presentaciones orales pueden ser online (como la defensa final) o a través de un video grabado, según se indique.

# Rúbrica de informes

---

Campo	Detalle	Peso del campo	Total
Contenidos	Resumen, introducción y objetivos	15%	100%
	Fundamento/descripción del problema	20%	
	Resultados	20%	
	Discusiones	25%	
	Conclusiones	20%	
Estructura del informe	Compleitud y orden	-15%	-25%
	Formato, numeración y referenciado	-10%	
Redacción	Ortografía y gramática	-20%	-40%
	Coherencia y cohesión	-20%	
Entrega fuera de tiempo		-20%	-20%
Plagio		-100%	-100%

# Entregas (algunas)

Aa Nombre	📅 Entrega	⌵ Tipo	⌵ Dificultad
📄 Introducción al análisis y procesamiento de señales biomédicas	13/03/2024 8:00 → 23/03/2024 23:59	Código + análisis	Baja
▶ Autoestudio - Anatomía del corazón	12/03/2024 → 14/03/2024	H5P	Baja
▶ Autoestudio - Ciclo cardíaco	12/03/2024 → 14/03/2024	H5P	Baja
📄 Procesamiento adaptativo de señales + parámetros cardíacos <small>🗨️ 1</small>	20/03/2024 8:00 → 06/04/2024 23:59	Entrega de video	Media
▶ Autoestudio - Determinantes del ciclo cardíaco p1	21/03/2024 → 04/04/2024	H5P	Baja
▶ Autoestudio - Determinantes del ciclo cardíaco p2	21/03/2024 → 04/04/2024	H5P	Baja
📄 Análisis de señales cardíacas	03/04/2024 8:00 → 20/04/2024 23:59	Informe	Alta
📄 Introducción a las señales hemodinámicas	17/04/2024 8:00 → 27/04/2024 23:59	Cuestionario	Media
📄 Análisis de señales hemodinámicas	24/04/2024 8:00 → 11/05/2024 23:59	Informe	Alta
📄 Variabilidad cardiovascular	01/05/2024 8:00 → 11/05/2024 23:59	Cuestionario	Baja
📄 Biomecánica de tejidos blandos	08/05/2024 8:00 → 25/05/2024 23:59	Cuestionario	Media
📄 Caracterización del funcionamiento de una nefrona: concentración de orina	29/05/2024 8:00 → 08/06/2024 23:59	Cuestionario	Baja
📄 Caracterización del potencial de acción	12/06/2024 8:00 → 22/06/2024 23:59	Código + análisis	Media

>> March 2024

April

12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15

▶ Autoestudio - Ciclo cardíaco

▶ Autoestudio - Determinantes del ciclo cardíaco p2

▶ Autoestudio - Determinantes del ciclo cardíaco p1

▶ Autoestudio - Anatomía del corazón

📄 Procesamiento adaptativo de señales + parámetros cardíacos

📄 Introducción al análisis y procesamiento de señales biomédicas

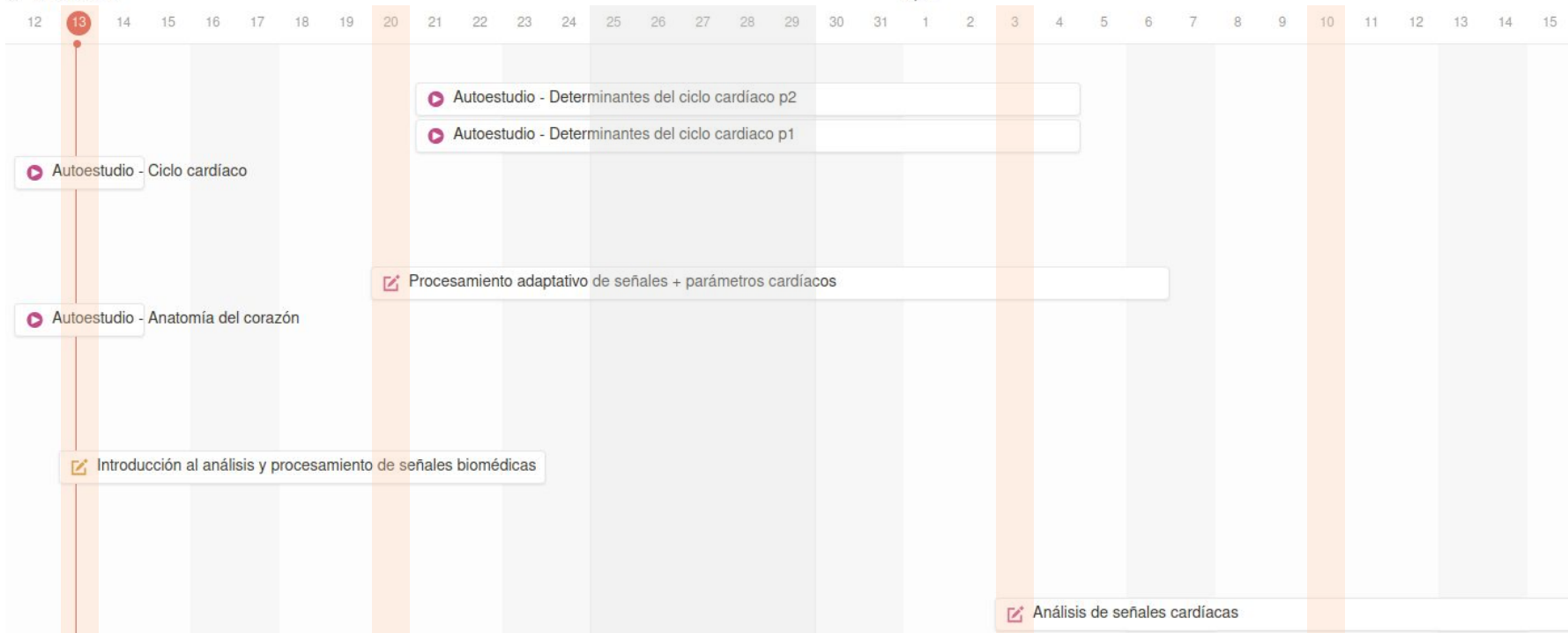
📄 Análisis de señales cardíacas

## Entregas (algunas)

---

>> March 2024

April



## Entregas (algunas)



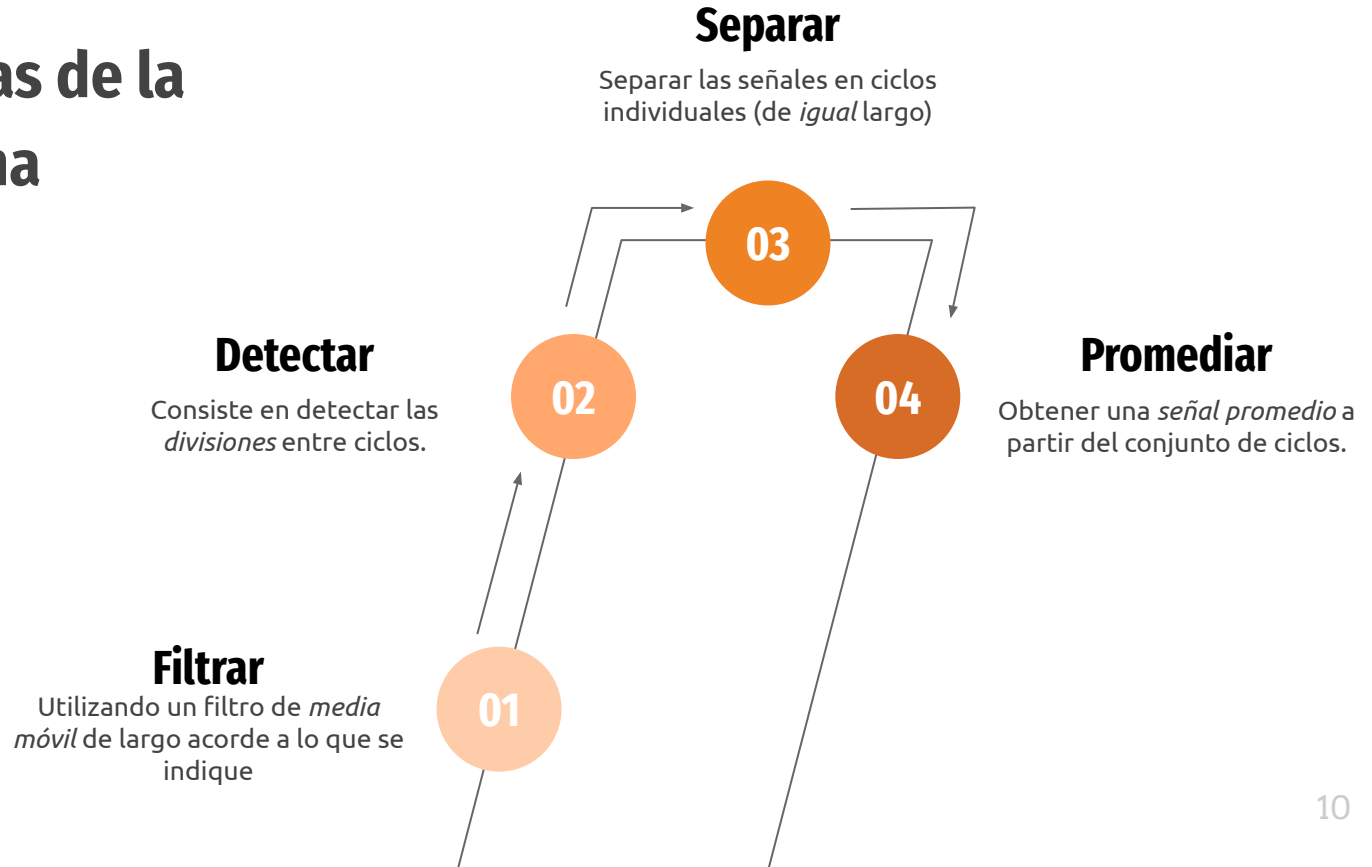


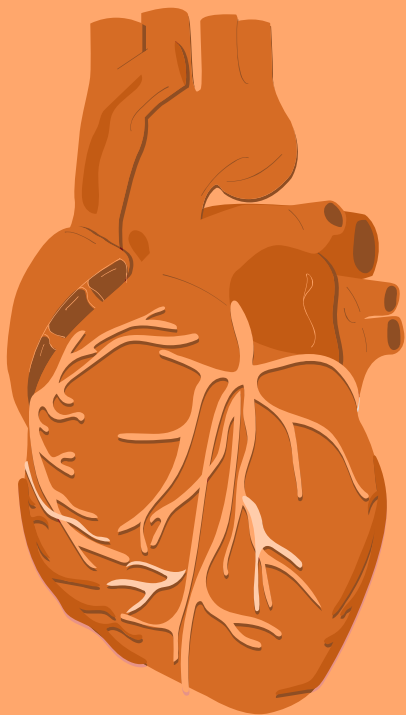
# Sobre el Trabajo Práctico N°1

---

- Se corresponde con la introducción a las señales biológicas dada al comienzo del curso.
- Se deberá entregar al menos tres archivos, utilizando MatLab o Python, que contengan:
  1. Cuatro funciones: **filtrado**, **detección de latidos**, **separación de ciclos** y **promediado de ciclos**
  2. Un programa principal (**main**) que muestre el rendimiento de cada función sobre la señal "Ao\_V\_ECG.xls".
  3. Un documento de **texto** sin estructura de informe que utilice las salidas del main y conteste preguntas planteadas.
- La fecha de entrega será el **sábado 23 de marzo, a las 23:59hs.**

# Etapas y tareas de la primer semana





# Contenidos

1

## Presentación del práctico

Plazos del trabajo práctico, calendario de hitos y recursos disponibles en el campus.

2

## Señales a utilizar

Características, método adecuado de procesamiento y uso.

3

## Alcance de la tarea

Sistemas y algoritmos a utilizar para el filtrado, detección de ciclos y promediado.

# 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.

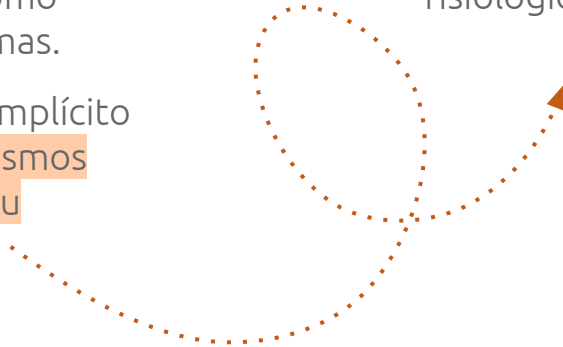
# Señales fisiológicas

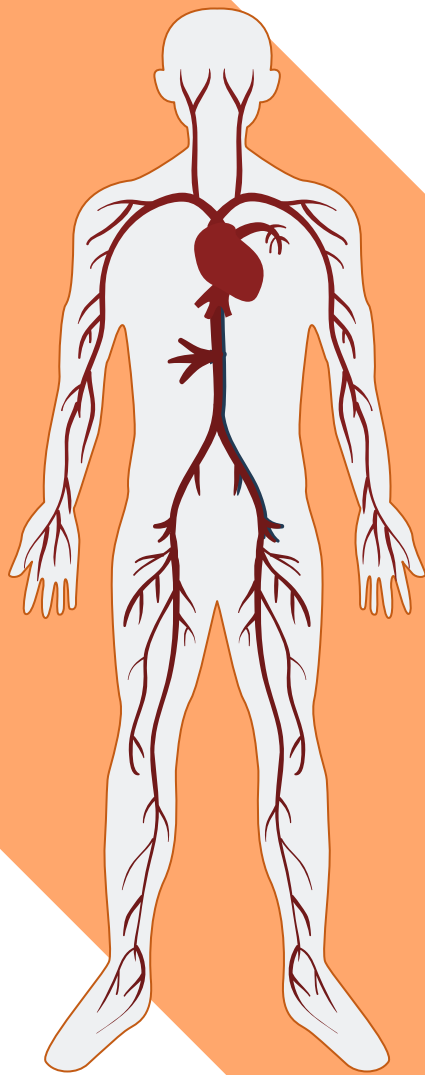
---

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.

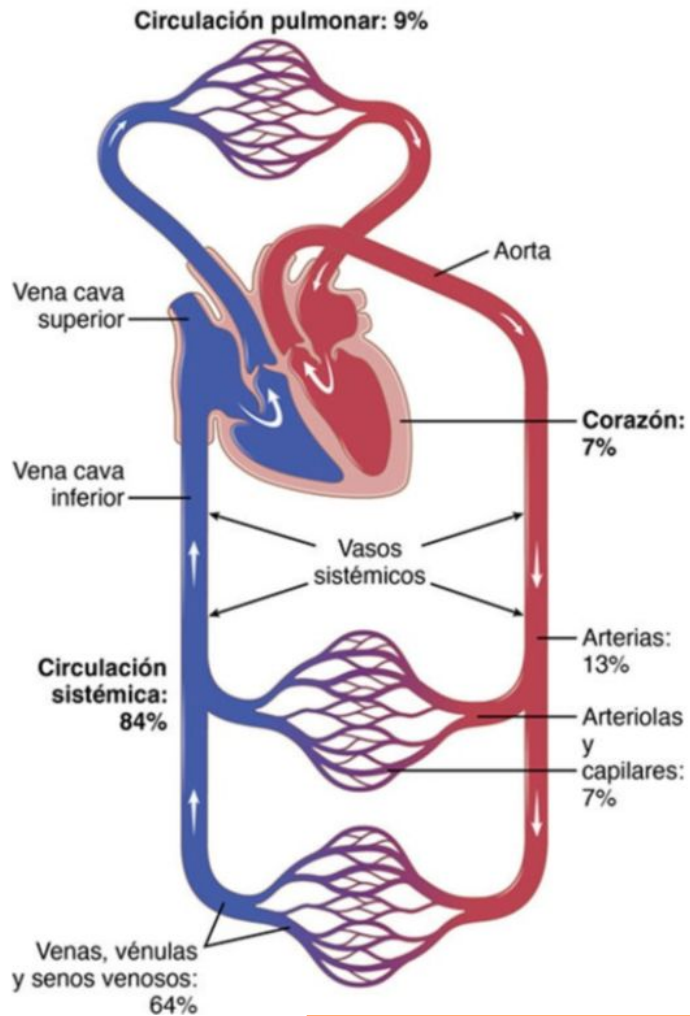
Aún si un modelo no es postulado, los procedimientos analíticos implican el uso de cierto modelado del proceso fisiológico.





# Un poco de contexto...

---

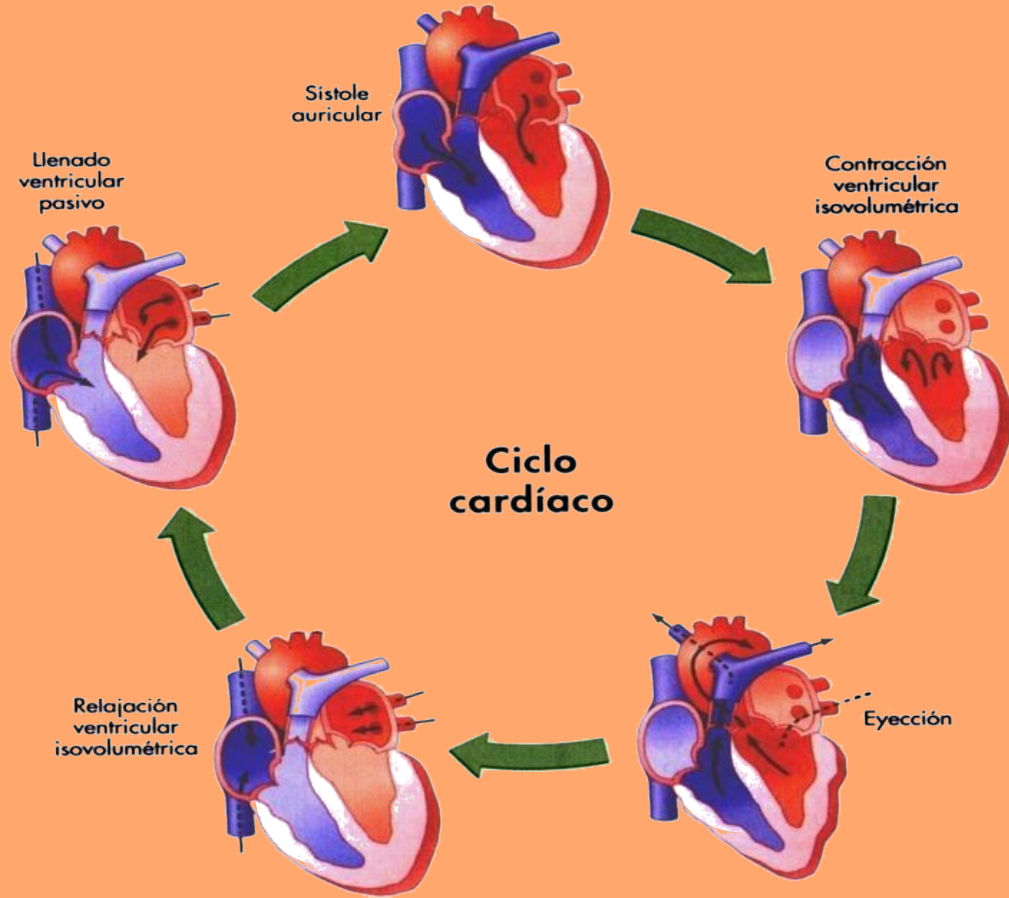


# Circulación

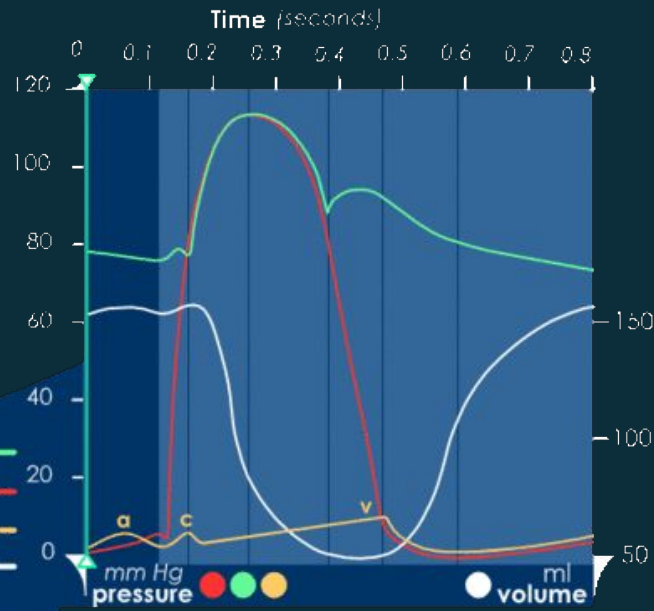
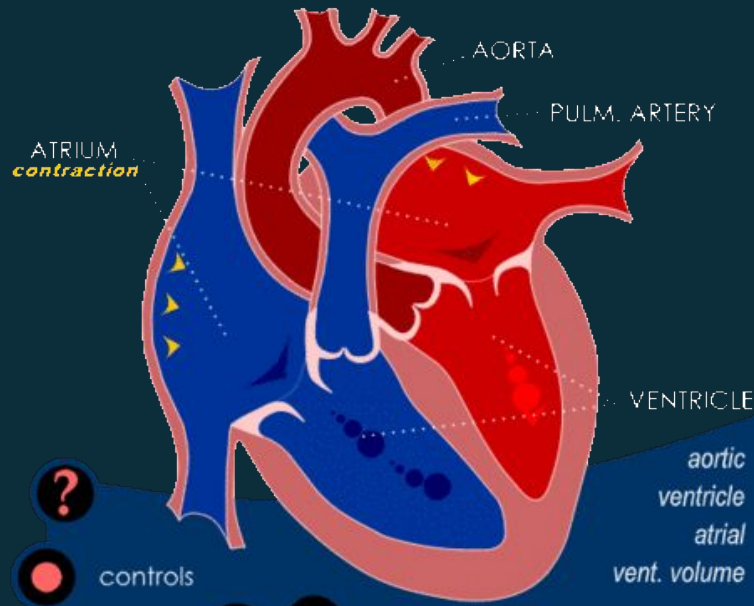
Circulación en serie:

- Sistémica
- Pulmonar

Circulación en paralelo







?

controls

▶ ◻ ▶▶ ◀◀

SYSTOLE DIASTOLE

Tutorials ▼

- atrial systole
- isovolumetric contraction
- rapid ejection
- reduced ejection
- isovolumetric relaxation
- rapid ventricular filling
- diastasis



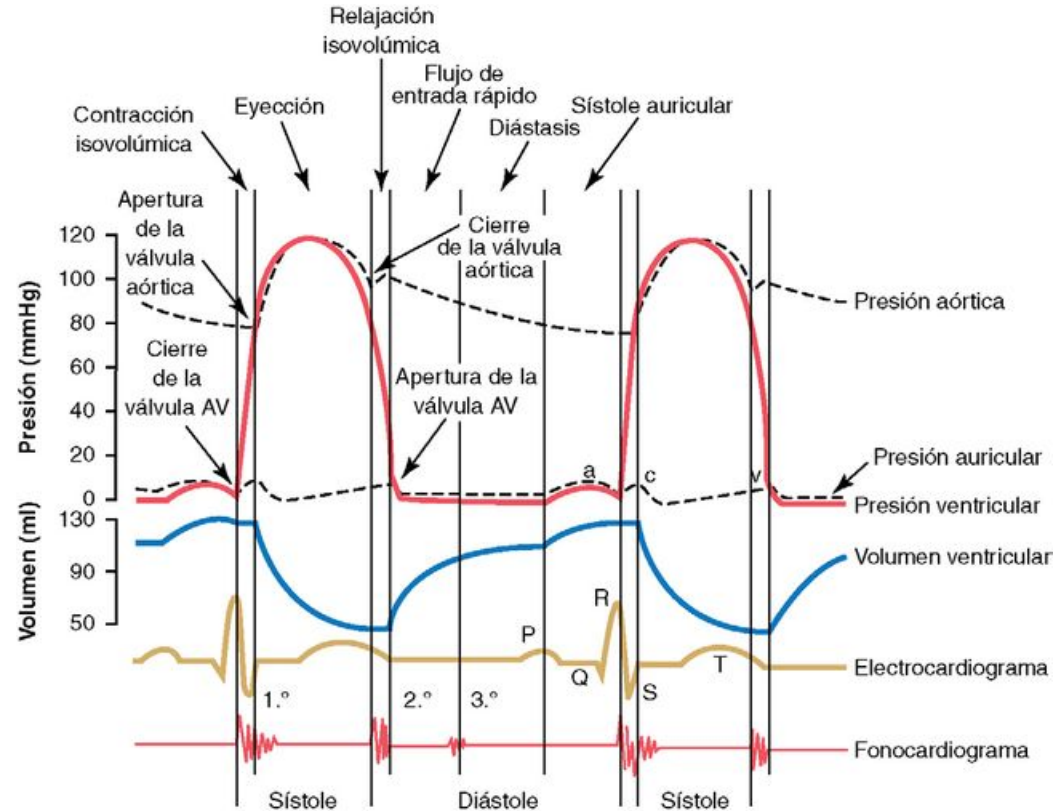
electrocardiogram



heart sounds

# Fases del Ciclo Cardíaco

y cómo se ven las señales en cada una de ellas



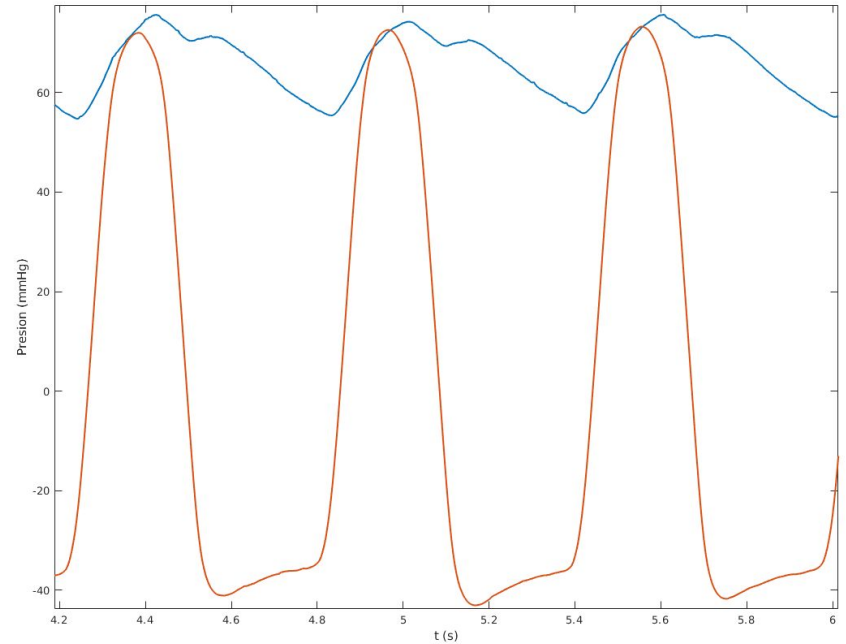
## Señales a utilizar

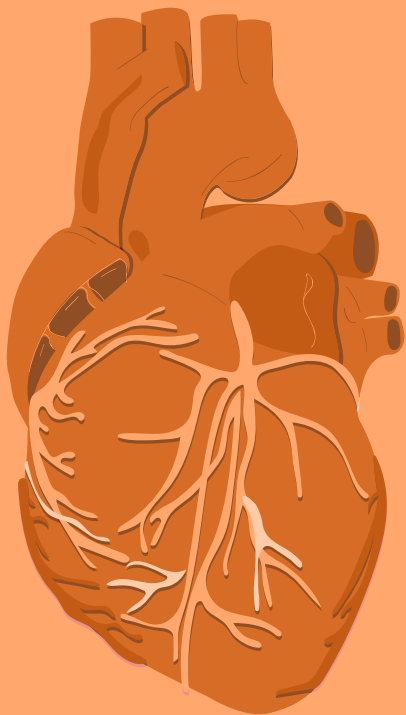
### **PRESIONES EN AORTA Y VENTRÍCULO IZQ.**

Incluye datos de Presión del ventrículo izquierdo y presión de la arteria aorta, relevados en oveja.

Muestreado a 250Hz

Se recomienda filtrar con MM de largo 10 o 20.





# Contenidos

1

## Presentación del práctico

Plazos del trabajo práctico, calendario de hitos y recursos disponibles en el campus.

2

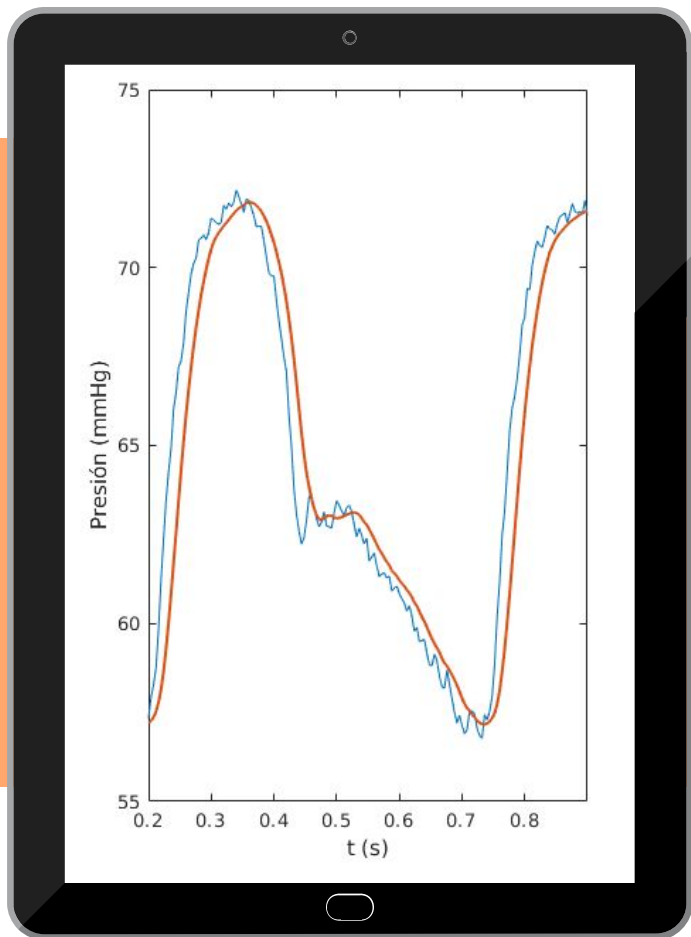
## Señales a utilizar

Características de cada conjunto, método adecuado de procesamiento y uso.

3

## Alcance de la tarea

Sistemas y algoritmos a utilizar para el filtrado, detección de ciclos y promediado.



## Filtrado a partir de media móvil

Se recomienda utilizar una implementación causal, de largo genérico.

# Filtro de media móvil

## Forma general:

La forma general del filtro de media móvil es:

$$y[n] = \frac{1}{M_1 + M_2 + 1} \sum_{k=-M_1}^{M_2} x[n - k]$$

Si  $M_1 = 0$ , el filtro es causal.

Puede implementarse mediante las funciones *filter* (Matlab) y *scipy.signal.lfilter* (Python).

# Filtro de media móvil

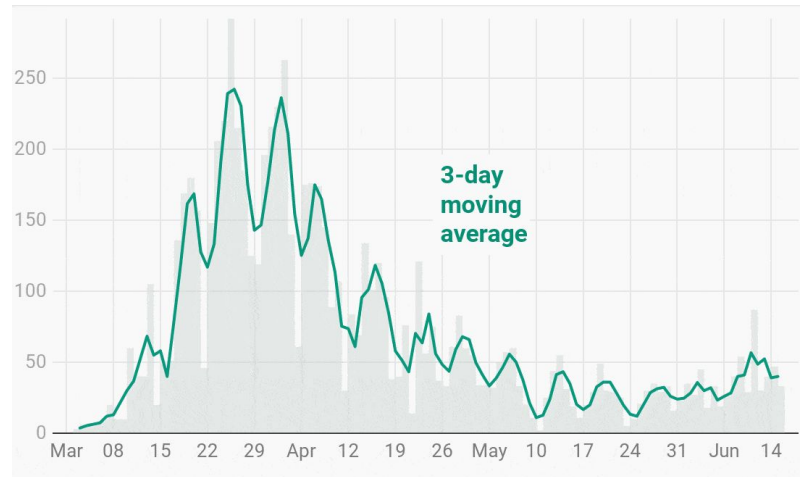
## Forma general:

La forma general del filtro de media móvil es:

$$y[n] = \frac{1}{M_1 + M_2 + 1} \sum_{k=-M_1}^{M_2} x[n - k]$$

Si  $M_1 = 0$ , el filtro es causal.

Puede implementarse mediante las funciones `filter` (Matlab) y `scipy.signal.lfilter` (Python).



# Filtro de media móvil

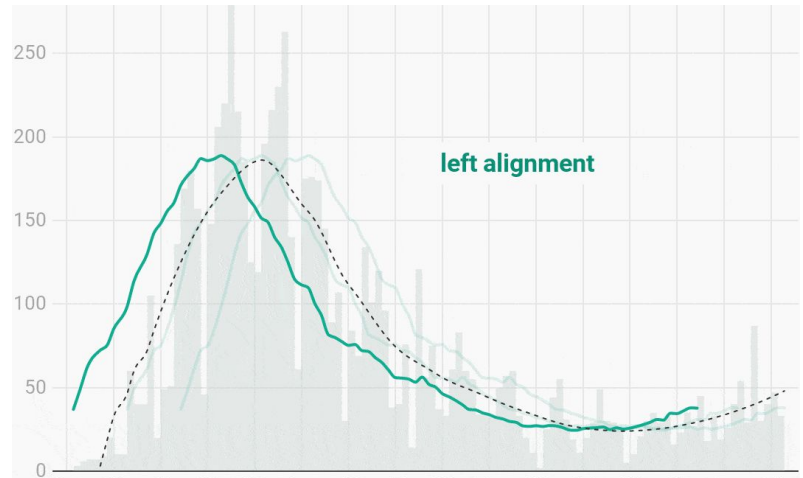
## Forma general:

La forma general del filtro de media móvil es:

$$y[n] = \frac{1}{M_1 + M_2 + 1} \sum_{k=-M_1}^{M_2} x[n - k]$$

Si  $M_1 = 0$ , el filtro es causal.

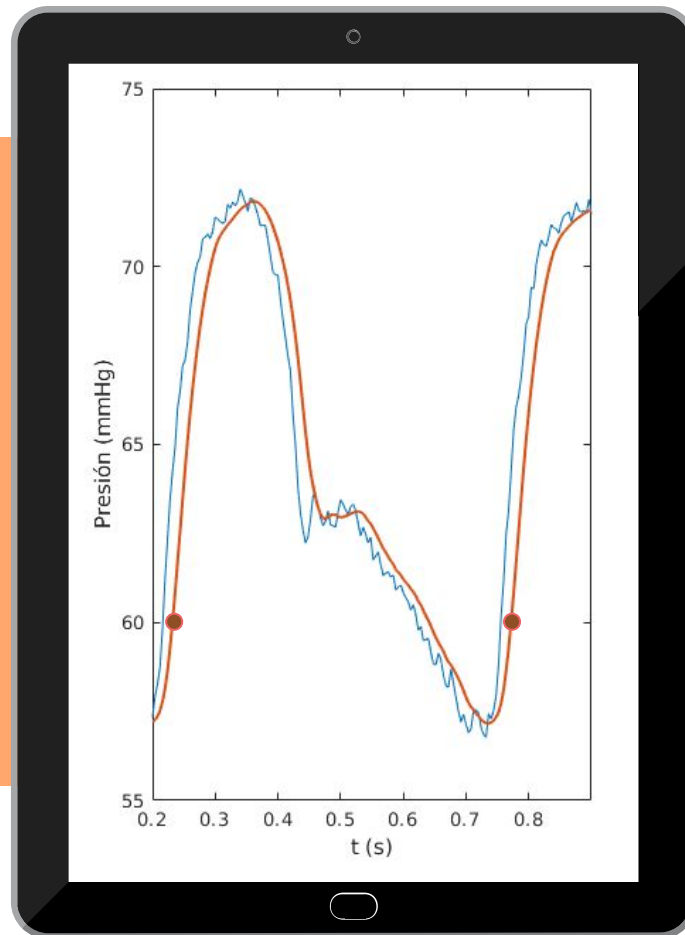
Puede implementarse mediante las funciones *filter* (Matlab) y *scipy.signal.lfilter* (Python).





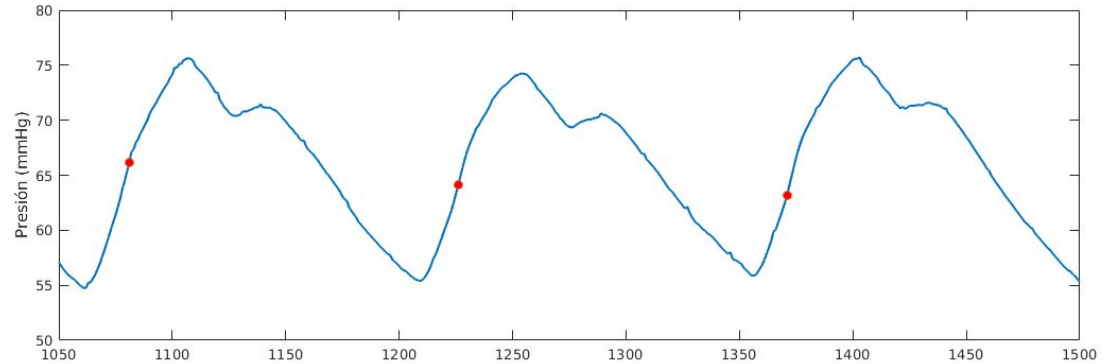
## Detección de ciclos

Se recomienda realizarla sobre señales de presión.



# Detección de ciclos

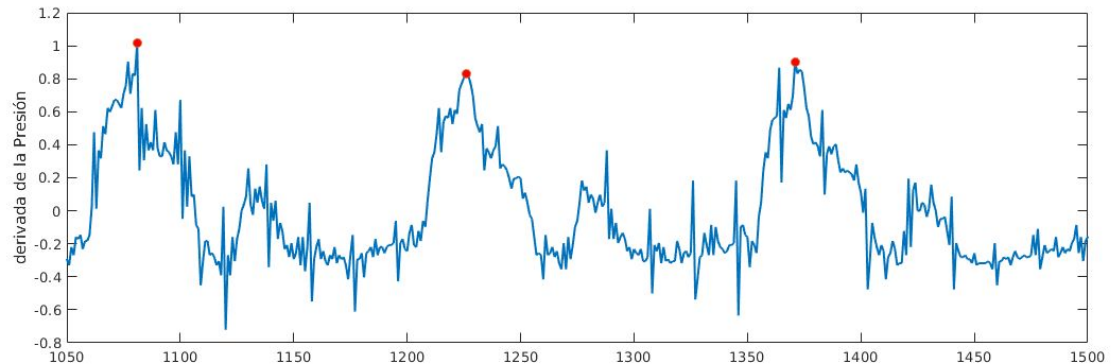
(sobre la señal de presión)



## Algoritmo 1:

Detección de máximos de derivada primera de la señal de **presión**

El ciclo se detecta a nivel **global**, no sobre cada señal particular.

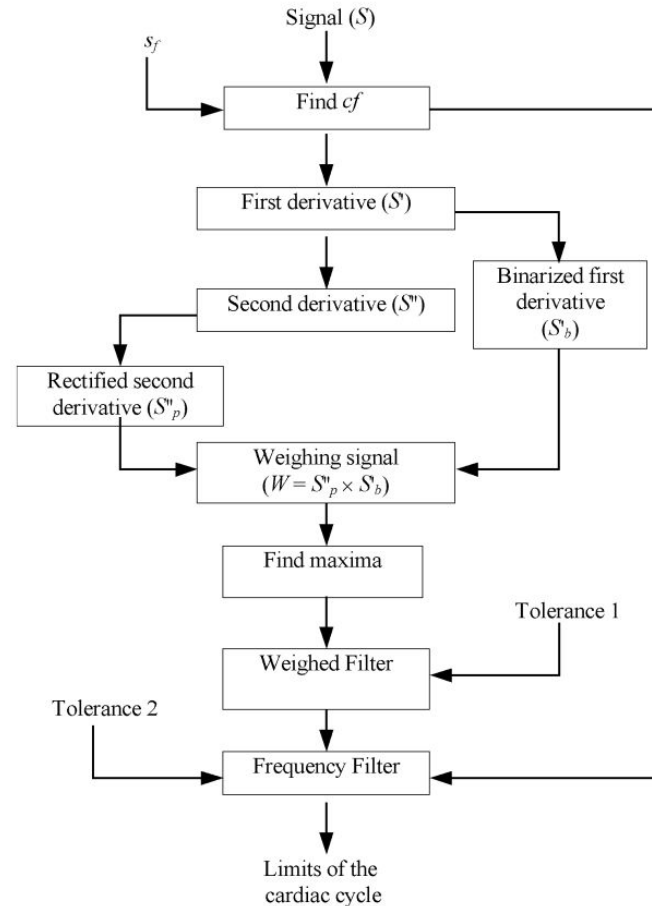


# Detección de ciclos

(sobre la señal de presión)

## Algoritmo 2:

Implementación del algoritmo de Valentinuzzi (con adaptación).



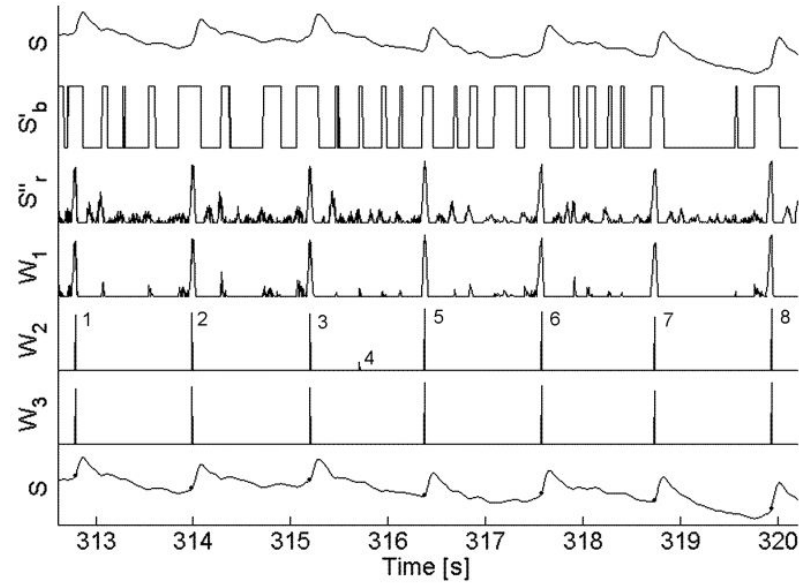
**Figure 2**  
Flow Diagram of the Algorithm.

# Detección de ciclos

(sobre la señal de presión)

## Algoritmo 2:

Implementación del algoritmo de Valentinuzzi (con adaptación).

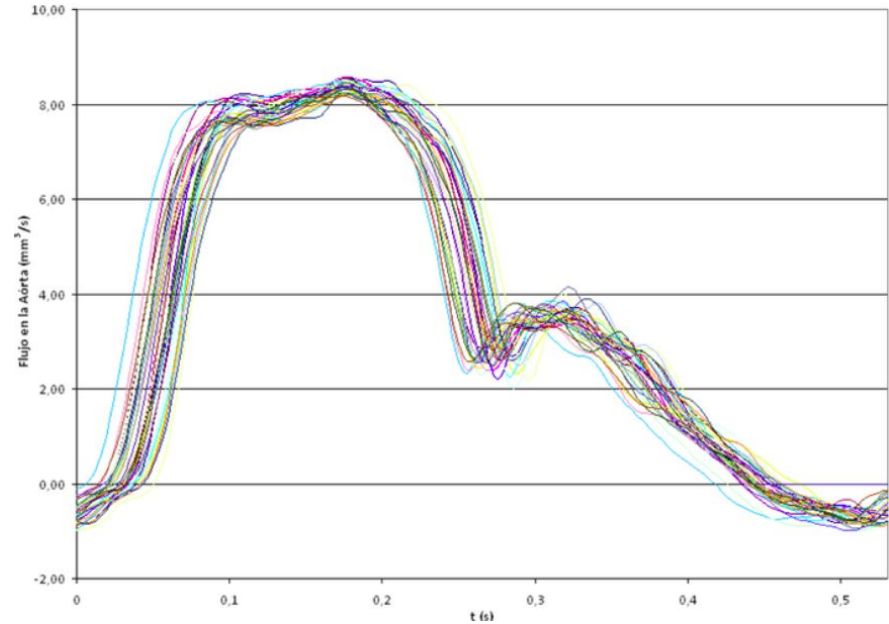


**Figure 3**

Different stages while processing a typical signal.  $S$  is the original signal;  $S'_b$  is the binarized first derivative;  $S''_r$  is the rectified second derivative;  $W_1$  is the weighing signal showing all spikes detected by marks;  $W_2$  is the same weighing signal, with only those spikes preserved by the weighed filter.  $W_3$  is the same weighing signal with only those spikes preserved by the frequency filter. The bottom trace represents again  $S$ , with all onsets and ends well identified. Tolerance values were  $Tol_1 = 0.4$  and  $Tol_2 = 0.2$ .

# Separación de ciclos

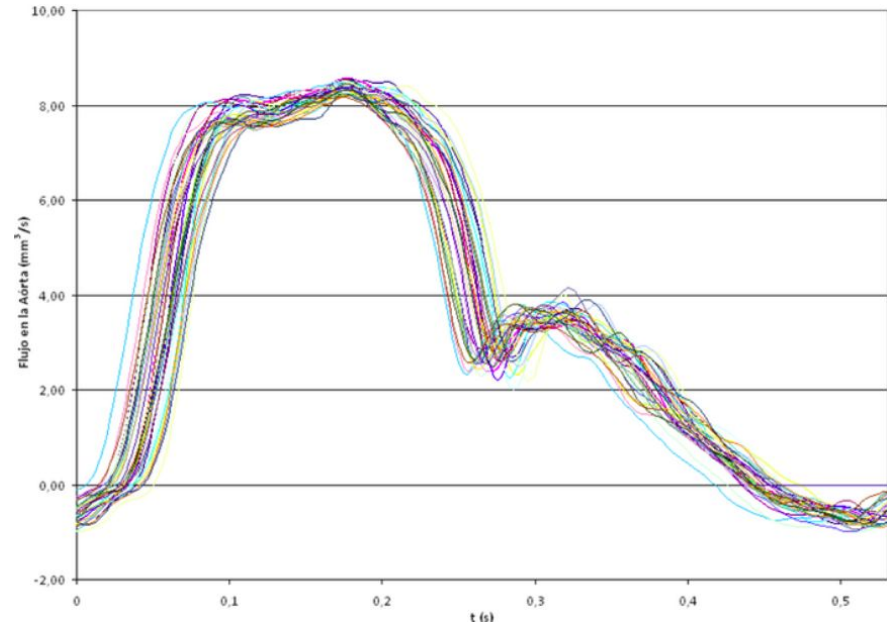
A partir de los puntos detectados, se divide en forma matricial el vector de datos de cada señal.



# Separación de ciclos

A partir de los puntos detectados, se divide en forma matricial el vector de datos de cada señal.

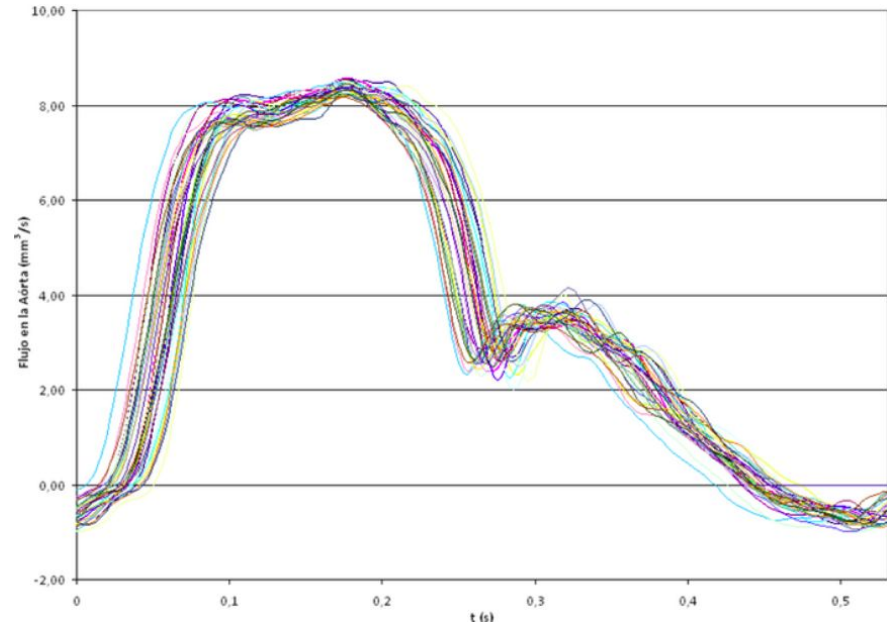
**ES IMPORTANTE QUE TANTO  
PRESIÓN Y VOLUMEN SE  
CORTEN EN EL MISMO ÍNDICE**



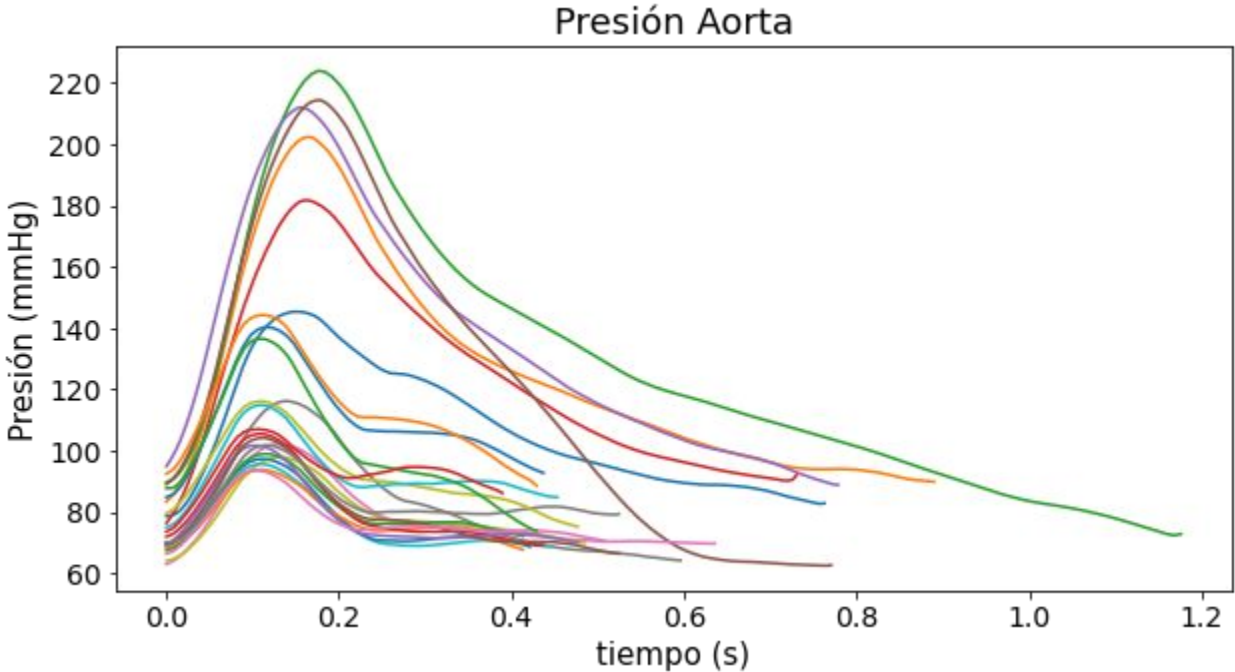
# Separación de ciclos

A partir de los puntos detectados, se divide en forma matricial el vector de datos de cada señal.

Adicionalmente, dado que entre ciclos no se mantiene la cantidad de datos, puede ser necesario **interpolarse** cada uno de ellos para uniformizar el número de muestras por ciclo (!)



# Consecuencias de separar sin interpolar:



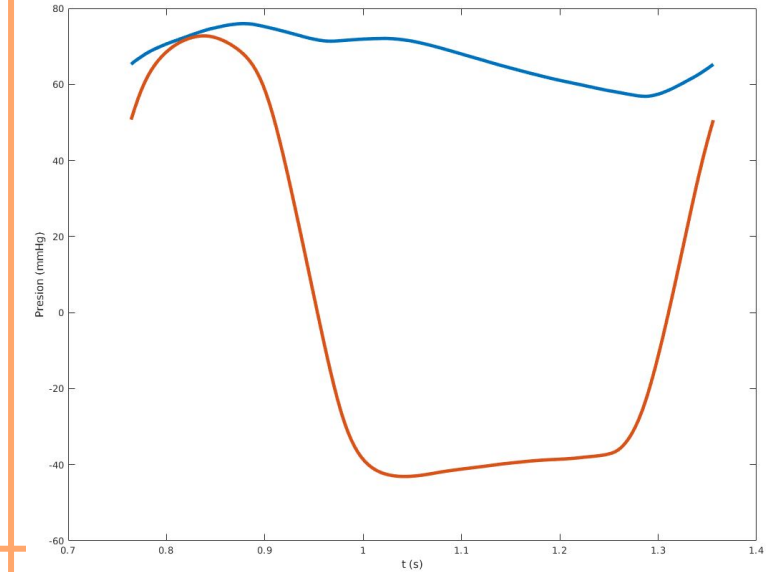


# Promediado

Considerando que se tienen  $N$  ciclos  $p_n$  separados, con igual cantidad de muestras cada uno.

Cada muestra  $i$  del ciclo promedio  $Pp$  se calcula como en la ecuación:

$$Pp[i] = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^{n=N} p_n[i]$$



# Gracias!

**Preguntas?**

---

Lucía Lemes



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

Ricardo Armentano



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