

CLASE 8 - FISIOLÓGÍA CUANTITATIVA

Modelo de regulación



Contenidos

1

Presentación del trabajo práctico

Fechas y entregas

2

Modelo de Cavalcanti

En qué consiste, cómo se implementa, precauciones, valores y simulaciones.

3

Correcciones de informes

Observaciones



Contenidos

1

Presentación del trabajo práctico

Fechas y entregas

2

Modelo de Cavalcanti

En qué consiste, cómo se implementa, precauciones, valores y simulaciones.

3

Correcciones de informes

Observaciones

Objetivos del TP

- Modelar la variabilidad cardiovascular a través del modelo de Cavalcanti.
- Simular la presión media y frecuencia cardíaca de un sistema para un entrada ficticia.
- Corroborar las predicciones del modelo simplificado.

Características

El trabajo práctico se vincula con los contenidos de Fisiología arterial, desde un punto de vista de regulación de la presión media.



El TP se realizará en el lapso de 2 semanas, con una clase de consulta en el medio.



No se utilizarán señales medidas

1 de junio

Cierre del Cuestionario

(habilitado desde el 15 de mayo)





Contenidos

1

Presentación del trabajo práctico

Fechas y entregas

2

Modelo de Cavalcanti

En qué consiste, cómo se implementa, precauciones, valores y simulaciones.

3

Correcciones de informes

Observaciones

Modelo de Variabilidad Cardiovascular

Cavalcanti y Belardinelli (1996)



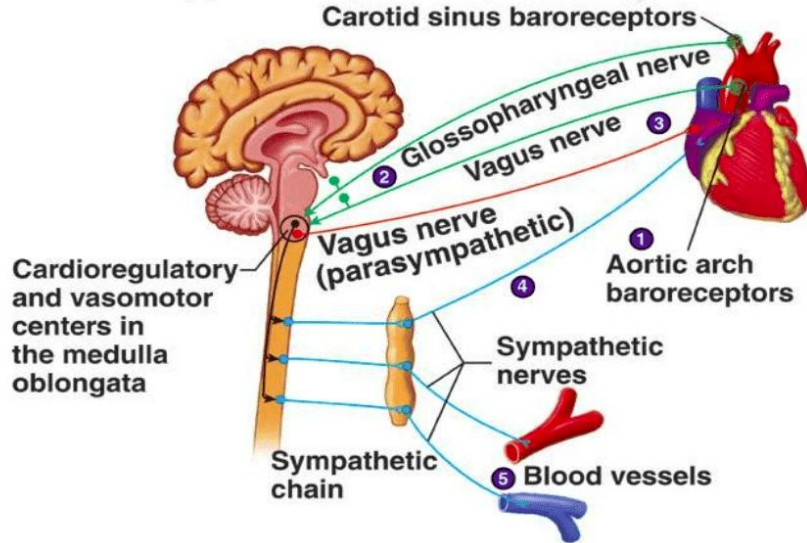
Variabilidad cardiovascular

Una de las características distintivas del sistema cardiovascular es la **naturaleza pulsátil** de las señales que genera. La actividad cíclica del corazón hace que señales tales como las de presión, flujo, electrocardiograma, etc, varían rítmicamente con el tiempo. Además, el **período del ciclo cardíaco cambia constantemente**, incluso en condiciones de reposo, el intervalo entre latidos de un corazón saludable es caracterizado por **variaciones impredecibles**. Las fluctuaciones en la duración del ciclo cardíaco, la presión arterial y el gasto cardíaco latido a latido son fenómenos regulares que han sido recientemente relacionados con la teoría del **caos determinista** como posible mecanismo subyacente.

En un estado estacionario del sistema cardiovascular, la variabilidad cardíaca es de **10%** con respecto al valor medio.

Variabilidad cardiovascular

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



El reflejo barorreceptor es un reflejo integrado que permite corregir cambios en la presión arterial variando principalmente el gasto cardíaco y la resistencia periférica al paso de la sangre.

Componentes del modelo

Este modelo, contiene dos bucles de realimentación: uno de ellos representa el efecto de los barorreceptores sobre la frecuencia cardíaca y el otro representa el efecto de los barorreflejos en la contractilidad cardíaca (lo que afecta el gasto cardíaco).

[1] Cavalcanti, S., Belardinelli, E. (1996). Modeling of Cardiovascular Variability Using a Differential Delay Equation

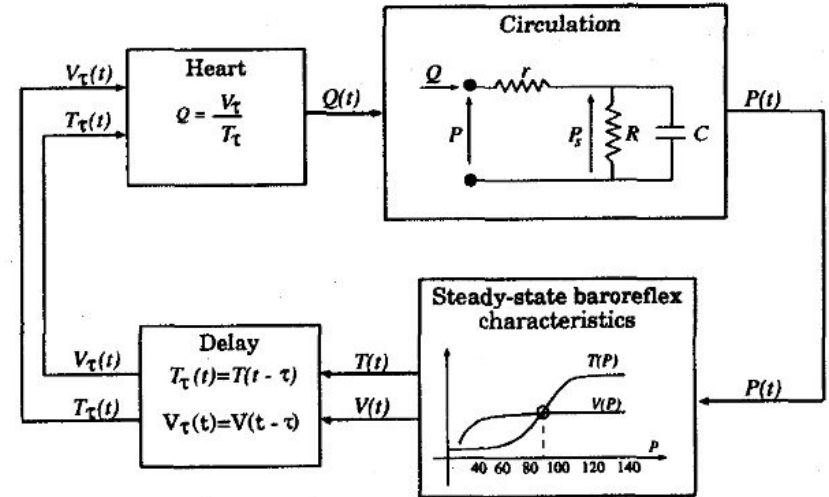


Fig. 1. Schematic representation of the mathematical model employed to study the influence of the time delay in the baroreflex regulation of heart activity; the model is nonpulsatile and the heart is treated as a continuous flow pump; P is the mean arterial pressure, Q the mean aortic flow; baroreflex regulation involves cardiac period T and stroke volume V .

Componentes del modelo

$T(t)$ se modela como

$$T(P) = T_s + \frac{T_m - T_s}{1 + \gamma e^{-\alpha P/P_n}}, \quad \text{with } \gamma \gg T_m - T_s.$$

Y reproduce los efectos de los barorreflejos en el control de la frecuencia cardiaca.

T_s y T_m representan respectivamente la menor y mayor duración del ciclo cardíaco P_n corresponde al valor medio de presión en el equilibrio (ver WK3).

α y γ determinan el rango y la pendiente de la región lineal de la presión cardíaca media en el ciclo (la sensibilidad del barorreflejo)

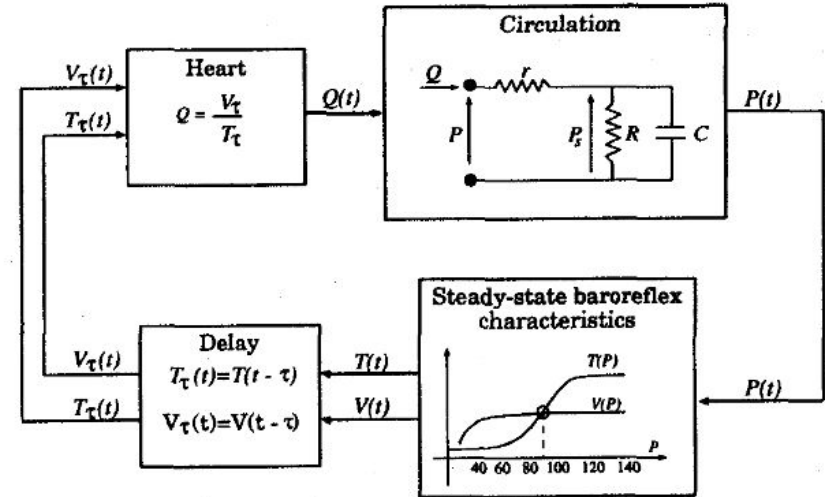


Fig. 1. Schematic representation of the mathematical model employed to study the influence of the time delay in the baroreflex regulation of heart activity; the model is nonpulsatile and the heart is treated as a continuous flow pump; P is the mean arterial pressure, Q the mean aortic flow; baroreflex regulation involves cardiac period T and stroke volume V .

Componentes del modelo

$V(t)$ se modela como

$$V(P) = \frac{V_{\max}}{1 + \beta \left(\frac{P}{P_v} - 1 \right)^{-k}}, \quad \text{with } P \geq P_v$$

Donde V_{\max} es el volumen eyectado máximo y P_v la presión para la cual la eyección es nula.

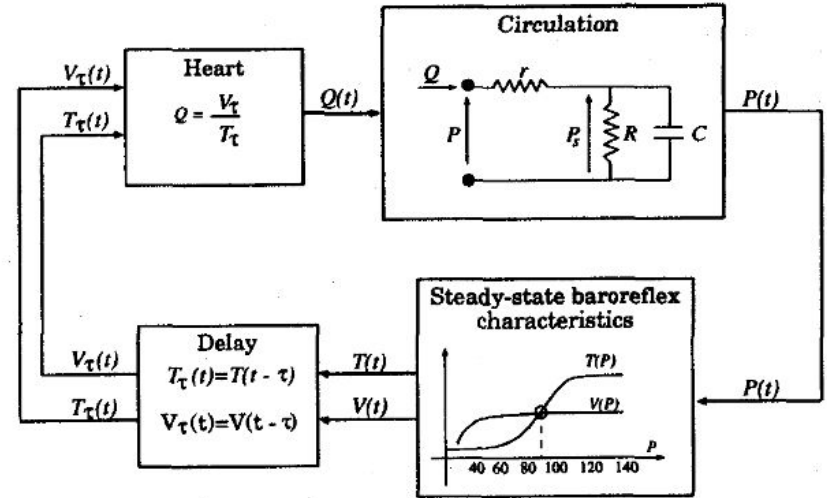


Fig. 1. Schematic representation of the mathematical model employed to study the influence of the time delay in the baroreflex regulation of heart activity; the model is nonpulsatile and the heart is treated as a continuous flow pump; P is the mean arterial pressure, Q the mean aortic flow; baroreflex regulation involves cardiac period T and stroke volume V .

Modelo a implementar:

Supuestos

- Se asume que el volumen eyectado medio depende de la presión arterial, pero en condiciones fisiológicas se mantiene constante.

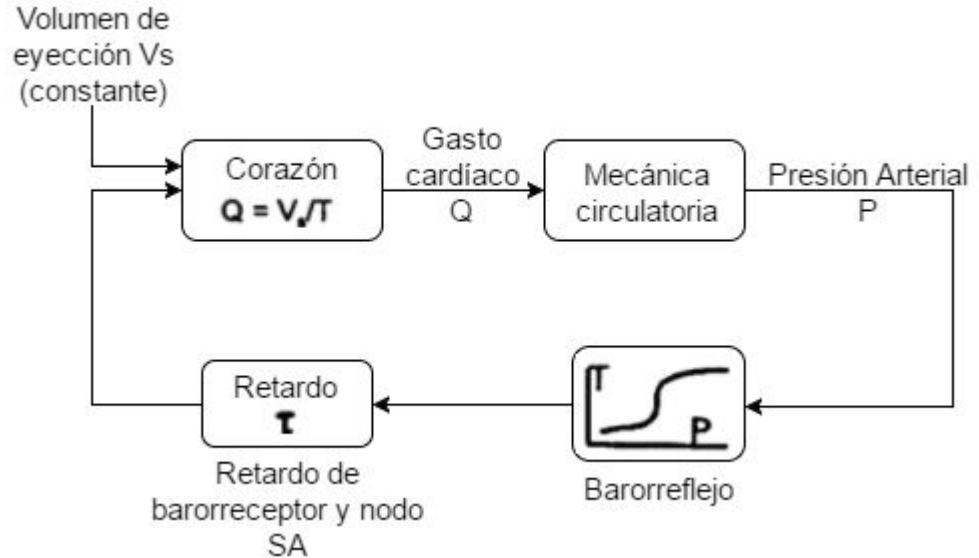
Simplificaciones

- Se consideran sólo los valores medios de las señales de $P(t)$ y $Q(t)$.
- Los valores de R_p , C_a y R_c del modelo de WK_3 se consideran constantes.

Modelo a implementar:

Diagrama del modelo simplificado

Se considera que el barorreflejo vincula únicamente la presión con la frecuencia cardíaca.

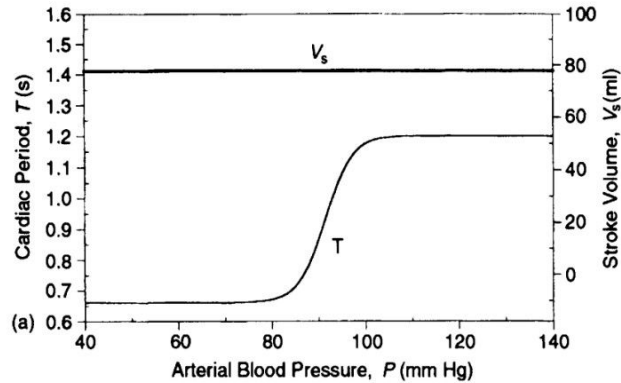


Valores de los componentes del modelo

Windkessel		
▪	$C = 1,33\text{mm mmHg}^{-1}$	
▪	$R = 0,900\text{mmHg s ml}^{-1}$	
▪	$r = 0,039\text{mmHg s ml}^{-1}$	

Heart Rate		
T_s	0.66	[s]
T_m	1.2	[s]
P_n	89	[mmHg]
α	31	
γ	$6.7 \cdot 10^{13}$	

Valores de los componentes del modelo

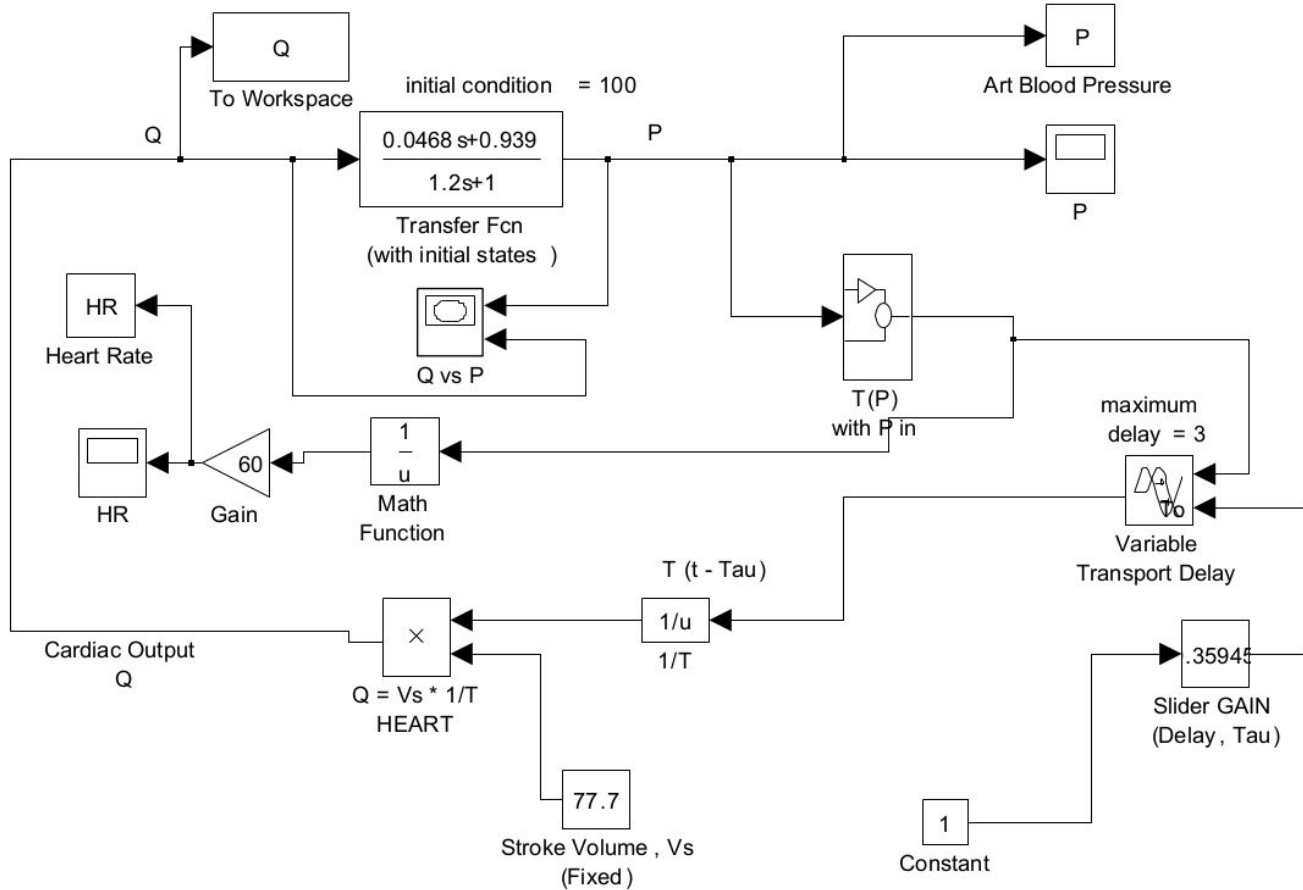


Windkessel

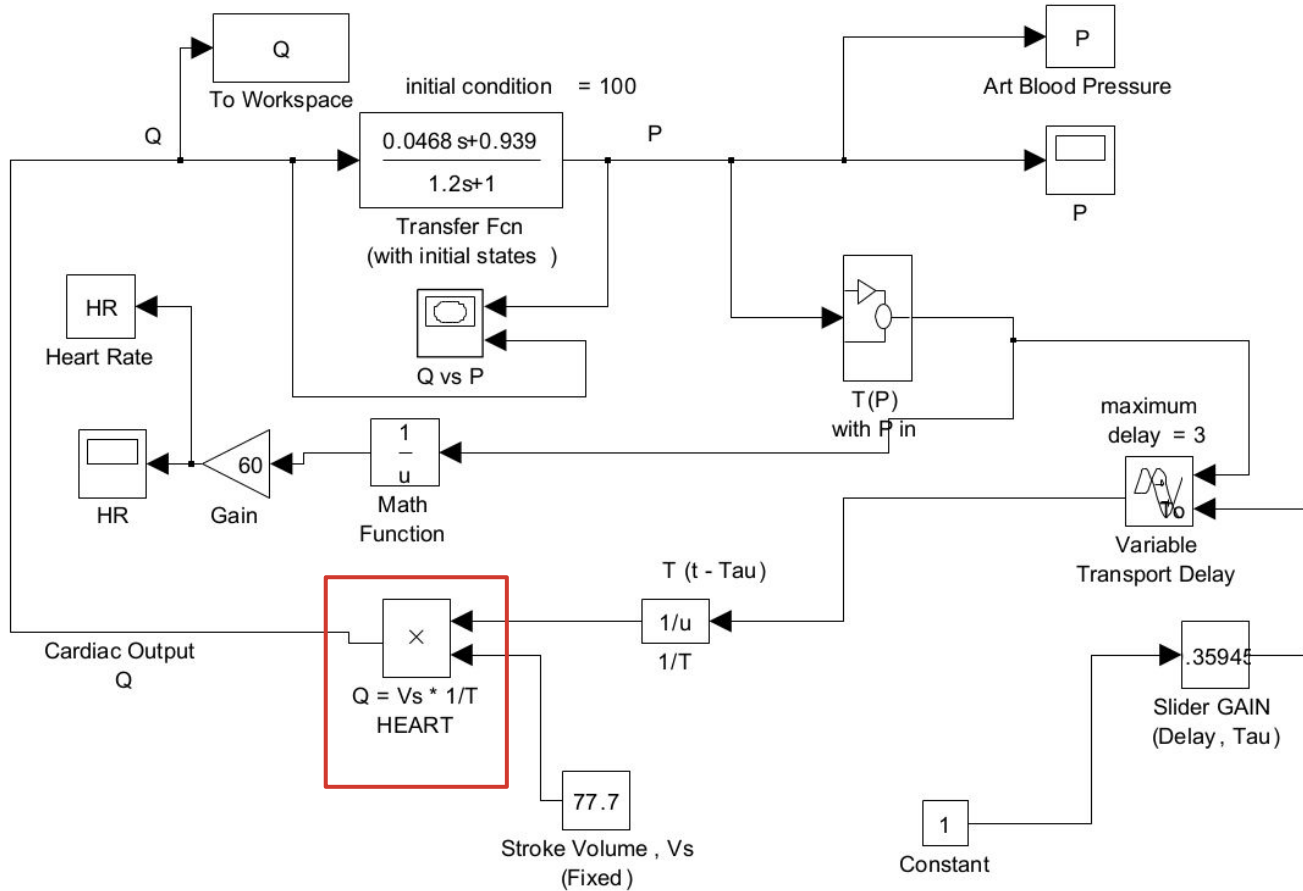
- $C = 1,33 \text{ mm mmHg}^{-1}$
- $R = 0,900 \text{ mmHg s ml}^{-1}$
- $r = 0,039 \text{ mmHg s ml}^{-1}$

Heart Rate

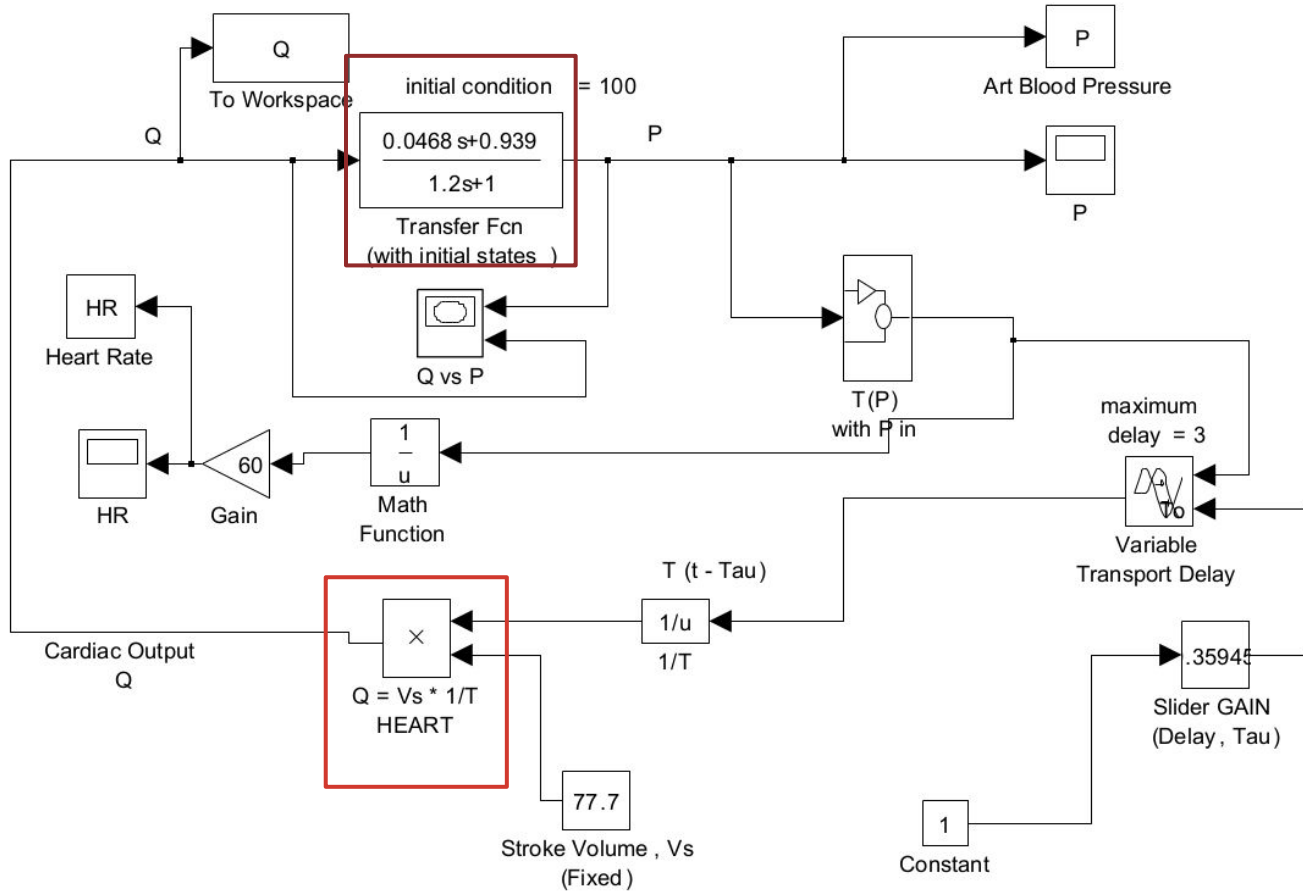
T_s	0.66	[s]
T_m	1.2	[s]
P_n	89	[mmHg]
α	31	
γ	$6.7 \cdot 10^{13}$	



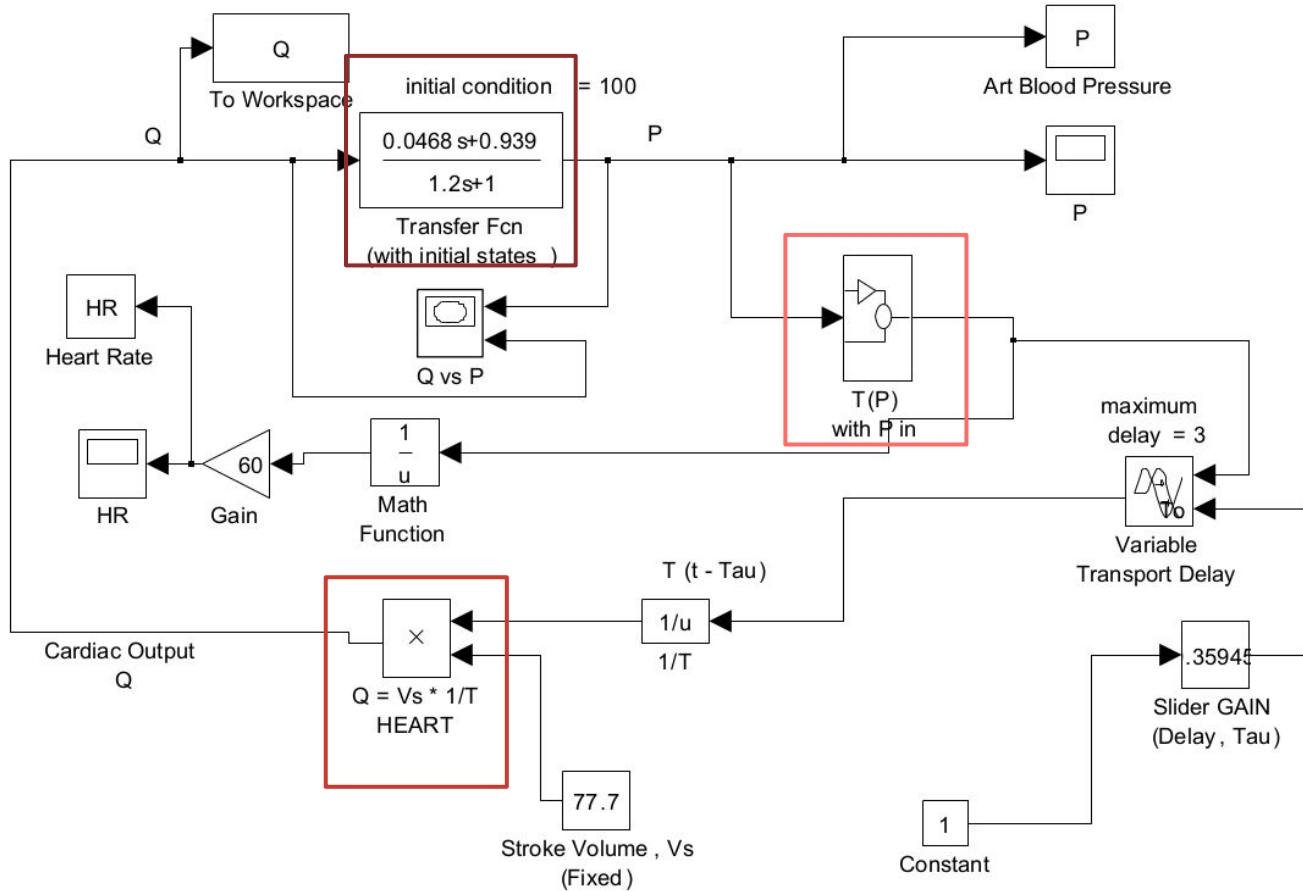
simulation time =120 s. Solver = ode45. Max. step size=0.1. Rel Tol=1e-3. Abs tol=1e-3



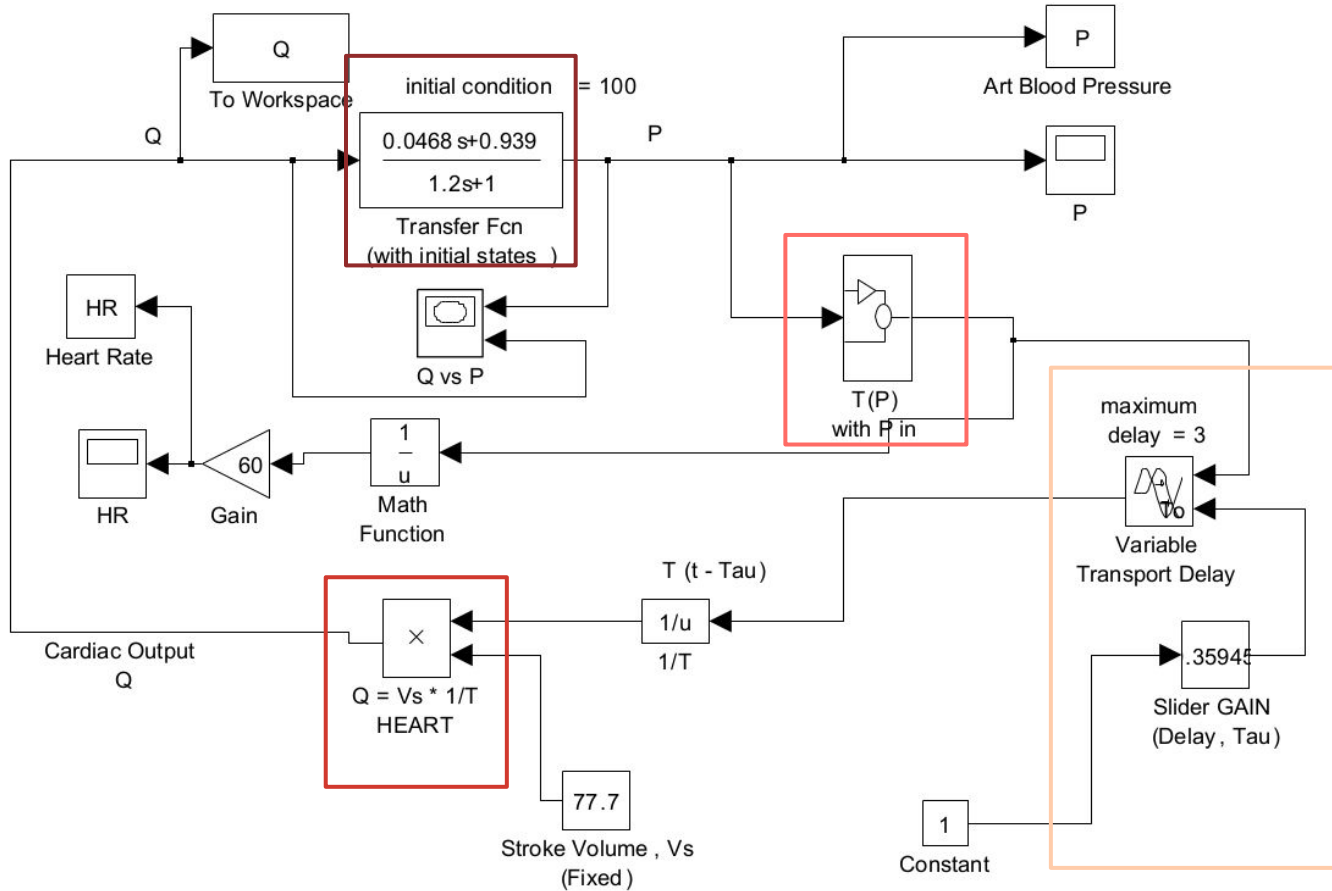
simulation time =120 s. Solver = ode45. Max. step size=0.1. Rel Tol=1e-3. Abs tol=1e-3



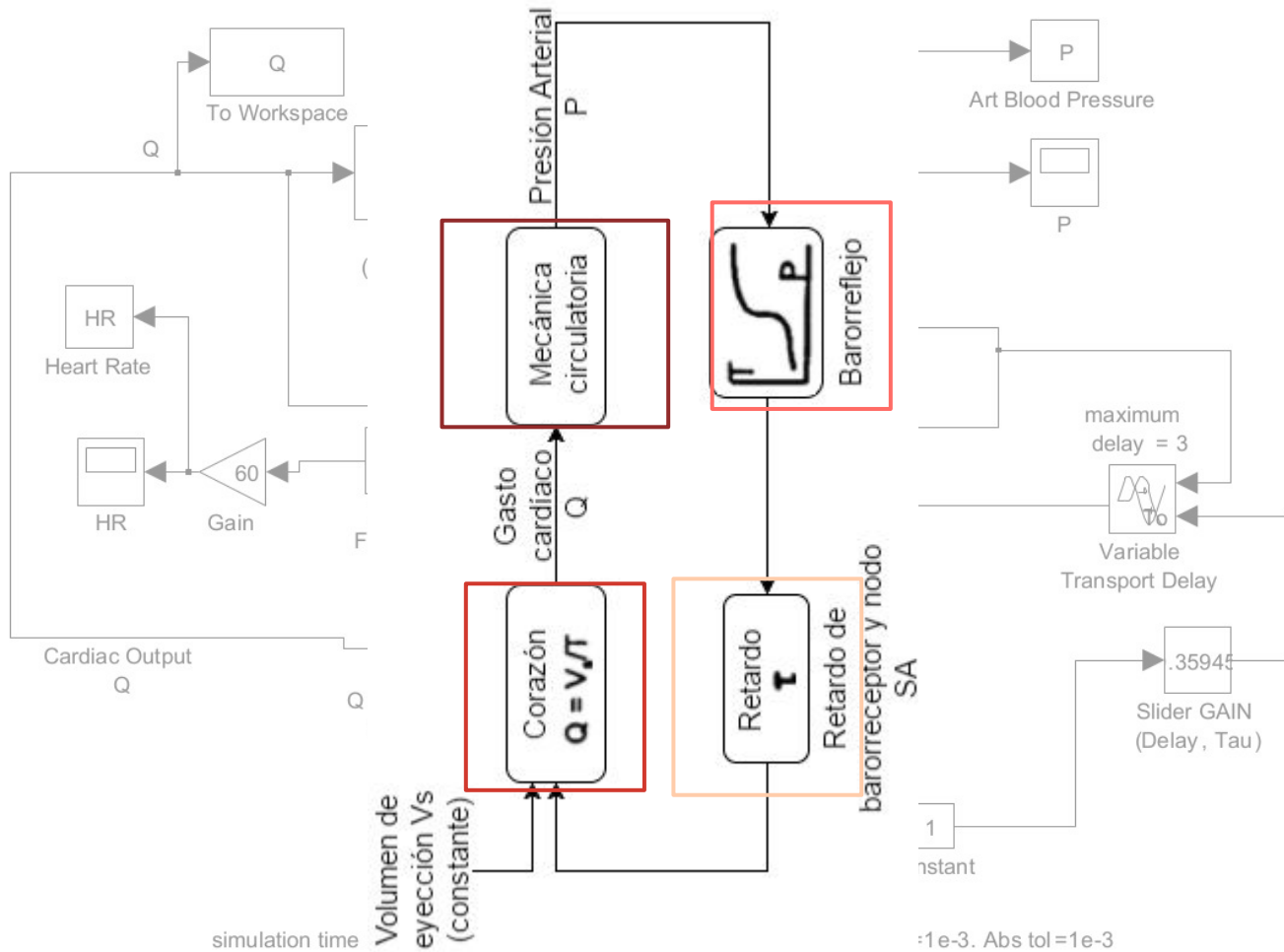
simulation time =120 s. Solver = ode45. Max. step size=0.1. Rel Tol=1e-3. Abs tol=1e-3



simulation time =120 s. Solver = ode45. Max. step size=0.1. Rel Tol=1e-3. Abs tol=1e-3



simulation time =120 s. Solver = ode45. Max. step size=0.1. Rel Tol=1e-3. Abs tol=1e-3



simulation time

$\epsilon = 1e-3$. Abs tol = $1e-3$



Contenidos

1

Presentación del trabajo práctico

Fechas y entregas

2

Modelo de Cavalcanti

En qué consiste, cómo se implementa, precauciones, valores y simulaciones.

3

Correcciones de informes

Observaciones

Observaciones generales:

- Límite de 10 hojas (sin contar carátula + índice).
- Resultados y Discusiones por separado.
- Uso de referencias en el texto.
- Figuras con pie de imagen autocontenidos (aclarar de dónde fueron extraídas).

	Contenidos					Estructura del informe		Redacción		Entrega fuera de tiempo	Plagio	Total
	Resumen, introducción y objetivos	Fundamento/ descripción del problema	Resultados	Discusión	Conclusión	Completitud y orden	Formato, numeración y referenciado	Ortografía y gramática	Coherencia y cohesión			
Pesos	0,15	0,2	0,2	0,25	0,2	-0,15	-0,1	-0,2	-0,2	-0,1	-1	-0,75
Mínimo	0,5	0,1	0,5	0	0	0,2	0,5	0,2	0,5	0,05	0	19.5% -3,00%
Media	0,73	0,70	0,73	0,49	0,57	0,06	0,24	0,08	0,11	0,01	0,00	63.01% 55,70%
Mediana	0,73	0,83	0,70	0,50	0,60	0,05	0,25	0,08	0,08	0,00	0,00	65.88% 59,63%
Máximo	0,95	1	1	1	0,8	0	0,05	0	0	0	0	95.25% 94,75%

Observaciones generales:

- Límite de 10 hojas (sin contar carátula + índice).
- Resultados y Discusiones por separado.
- Uso de referencias en el texto.
- Figuras con pie de imagen autocontenidos (aclarar de dónde fueron extraídas).
- Introducción:
 - Mayores pérdidas fueron por carencias en marco teórico.
- Métodos:
 - Pérdidas por ausencia de detalles.
 - Procurar reproductibilidad.
- Resultados: aceptables
- **Discusión**
 - Confusión descripción - discusión
- **Conclusiones:**
 - Más que cumplir objetivos.
 - Resaltar *discusiones* principales

Gracias!

¿Preguntas?

Ricardo Armentano

 rarmetano@cup.edu.uy

Lucía Lemes

 llemes@cup.edu.uy