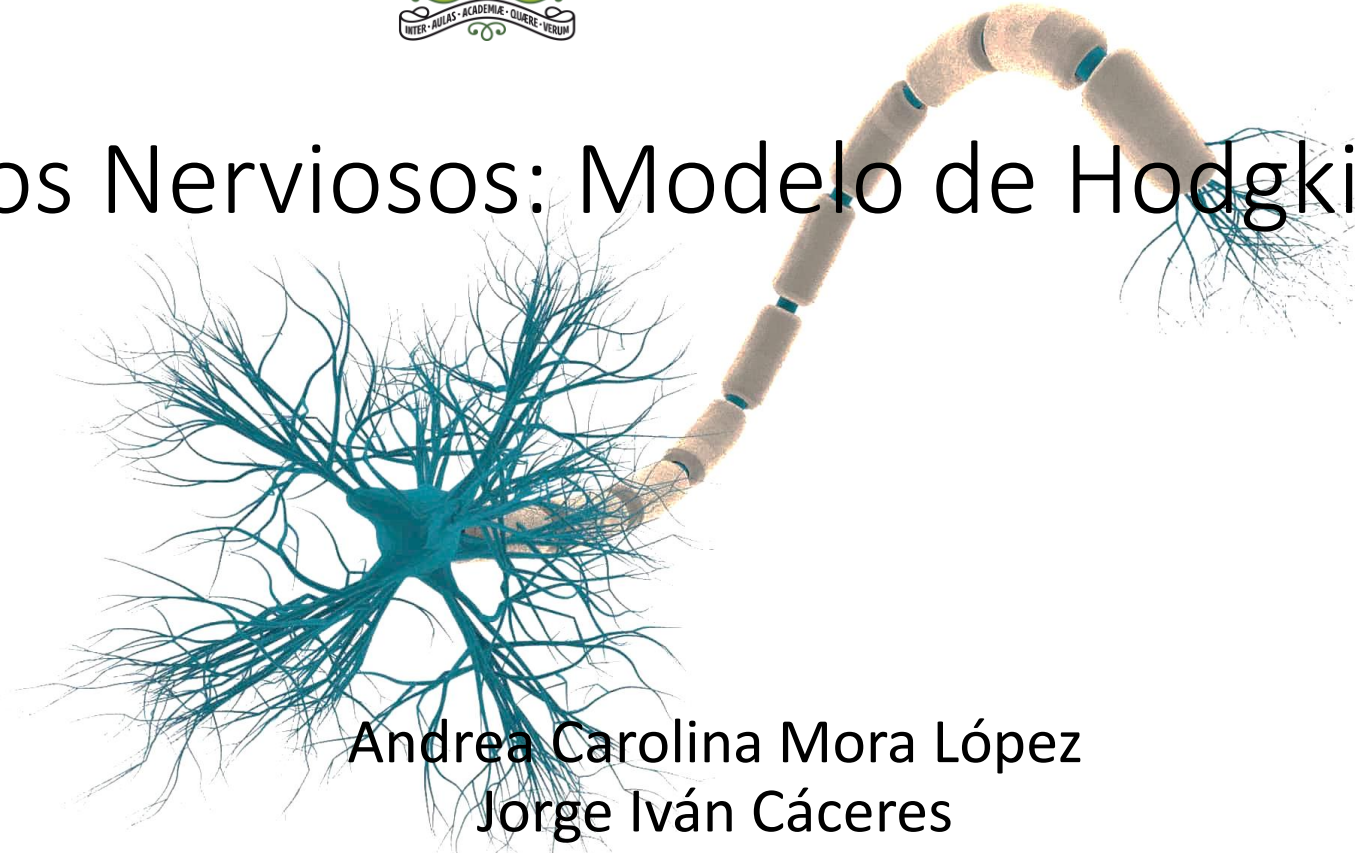




UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

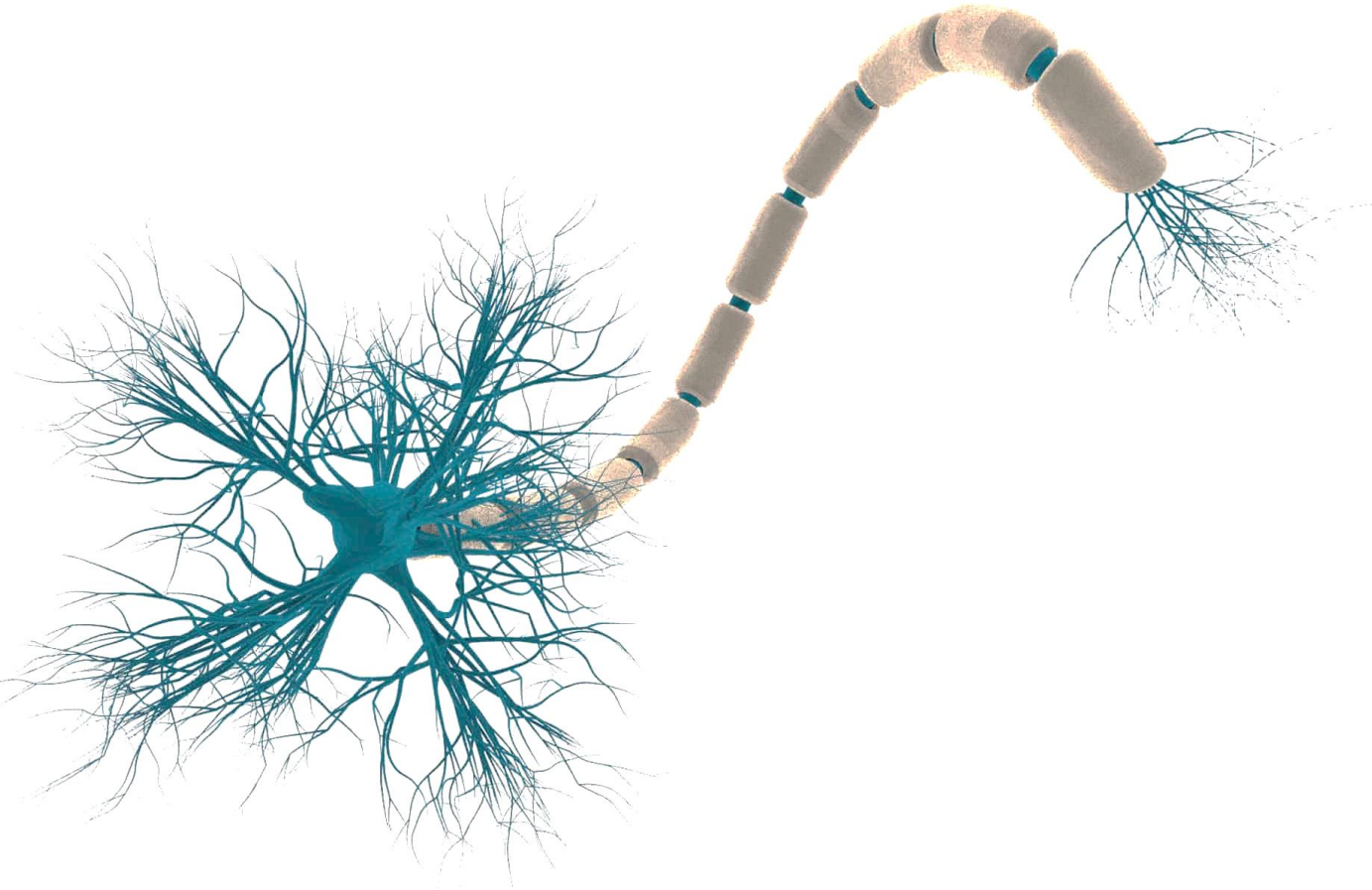
Impulsos Nerviosos: Modelo de Hodgkin-Huxley



Andrea Carolina Mora López
Jorge Iván Cáceres
Cristian David Salazar Durán

Contenido

- Introducción
- Modelo de Hodgkin-Huxley
- Analogía circuito eléctrico
- Ecuaciones Diferenciales
- Código y posibles dificultades
- Análisis de resultados
- Conclusiones



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Introducción

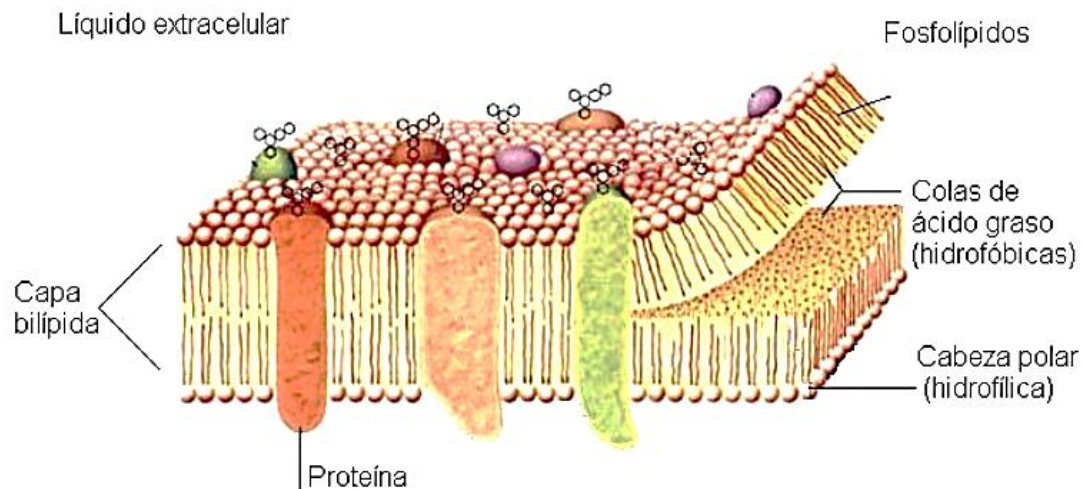
- Desarrollar mediante el método iterativo de Euler el modelo propuesto por Hodgkin-Huxley para simular el potencial de membrana de una célula nerviosa con diferentes tipos de impulsos eléctricos:
 - Impulso corto
 - Impulso constante
 - Combinaciones de Impulsos



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

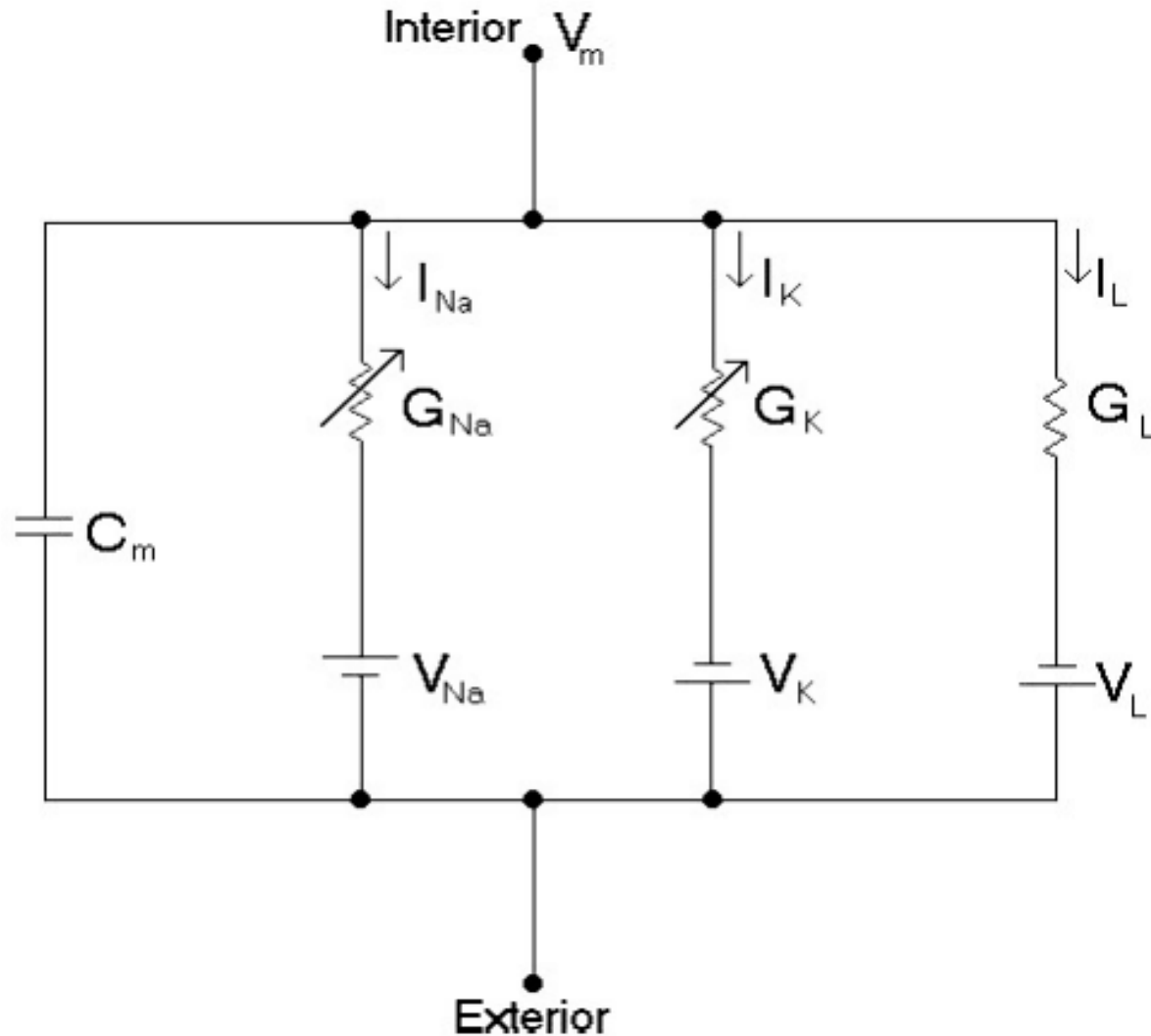
Modelo de Hodgkin-Huxley

- Desarrollado en el año 1.959.
- Modelo de impulsos nerviosos para simular el potencial de membrana nerviosa de una célula de un calamar gigante.
- Se basa en una serie de cuatro ecuaciones diferenciales acopladas de primer orden.
- La membrana celular puede considerarse un condensador, con una diferencia de potencial debida a los iones intra y extracelulares:



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Analogía con Circuito Eléctrico



Célula nerviosa	Circuito Eléctrico
Proteínas	Resistencias (Dep. del potencial)
Capa lipídica	Capacitancias
Concentraciones de K, Na	Diferencia de potencial



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Ecuaciones Diferenciales

$$I = C_m \frac{dV_m}{dt} + \bar{g}_K n^4 (V_m - V_K) + \bar{g}_{Na} m^3 h (V_m - V_{Na}) + \bar{g}_l (V_m - V_l)$$

$$\frac{dn}{dt} = \alpha_n(V_m)(1 - n) - \beta_n(V_m)n$$

$$\frac{dm}{dt} = \alpha_m(V_m)(1 - m) - \beta_m(V_m)m$$

$$\frac{dh}{dt} = \alpha_h(V_m)(1 - h) - \beta_h(V_m)h$$



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Ecuaciones Diferenciales

$$I = C_m \frac{dV_m}{dt} + \bar{g}_K n^4 (V_m - V_K) + \bar{g}_{Na} m^3 h (V_m - V_{Na}) + \bar{g}_l (V_m - V_l)$$

$$\frac{dn}{dt} = \alpha_n(V_m)(1 - n) - \beta_n(V_m)n$$

$$\frac{dm}{dt} = \alpha_m(V_m)(1 - m) - \beta_m(V_m)m$$

$$\frac{dh}{dt} = \alpha_h(V_m)(1 - h) - \beta_h(V_m)h$$

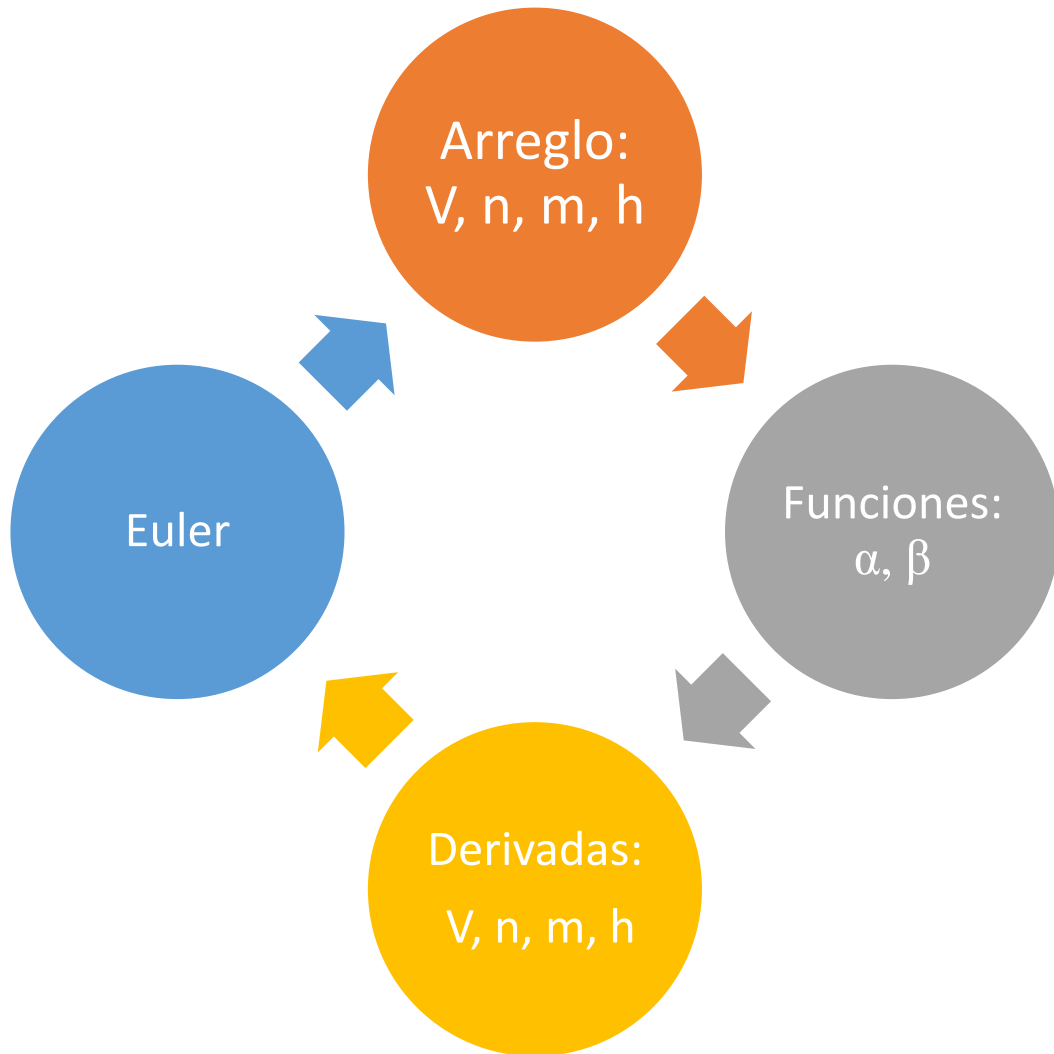
$$\alpha_n(V_m) = \frac{0.01(10 - V_m)}{\exp\left(\frac{10 - V_m}{10}\right) - 1} \quad \alpha_m(V_m) = \frac{0.1(25 - V_m)}{\exp\left(\frac{25 - V_m}{10}\right) - 1} \quad \alpha_h(V_m) = 0.07 \exp\left(\frac{-V_m}{20}\right)$$

$$\beta_n(V_m) = 0.125 \exp\left(\frac{-V_m}{80}\right) \quad \beta_m(V_m) = 4 \exp\left(\frac{-V_m}{18}\right) \quad \beta_h(V_m) = \frac{1}{\exp\left(\frac{30 - V_m}{10}\right) + 1}$$



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Algoritmo de funcionamiento del código



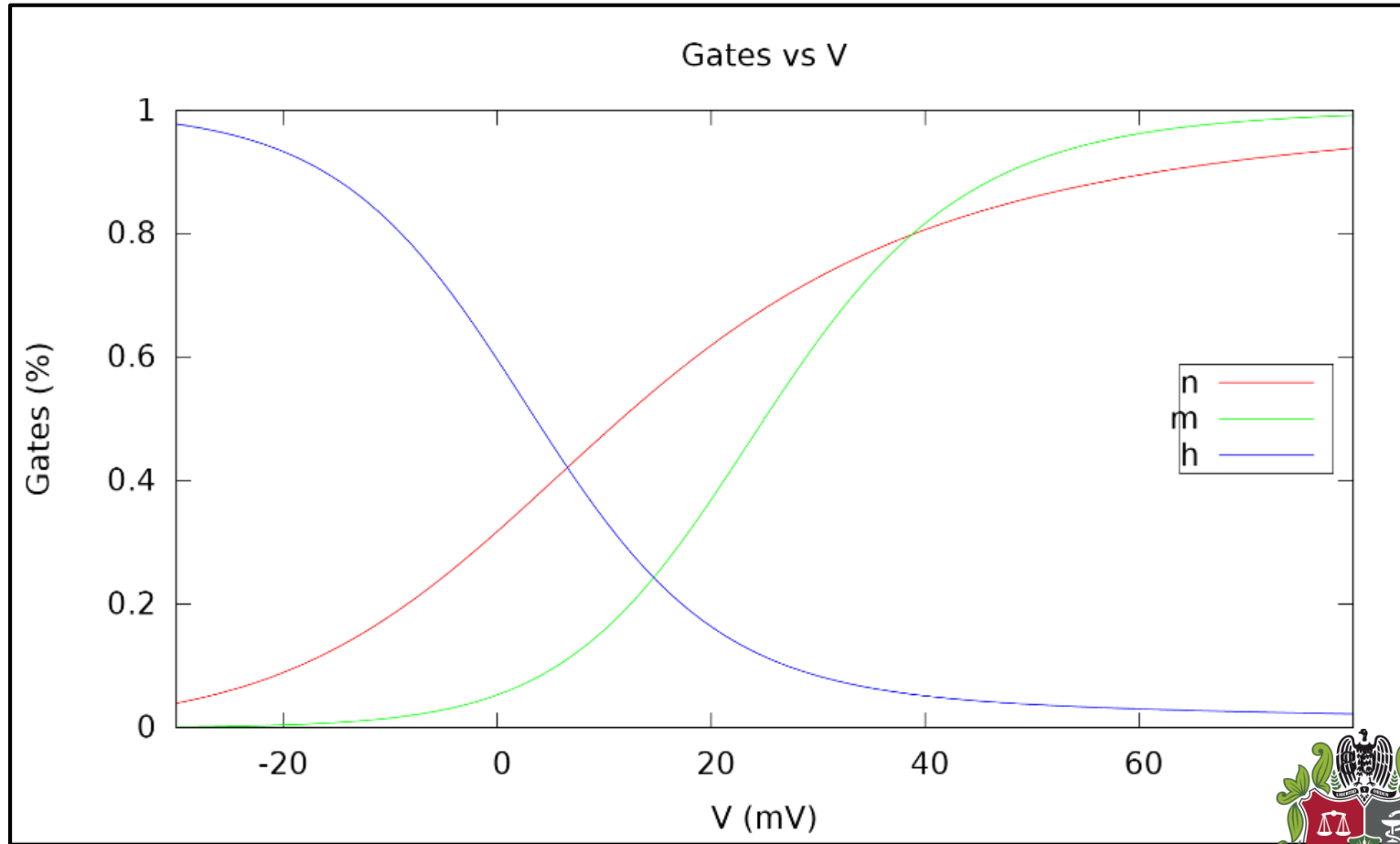
Posibles inconvenientes:

- Sobreescritura de vectores y/o arreglos.
- Tamaño de paso inadecuado.



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

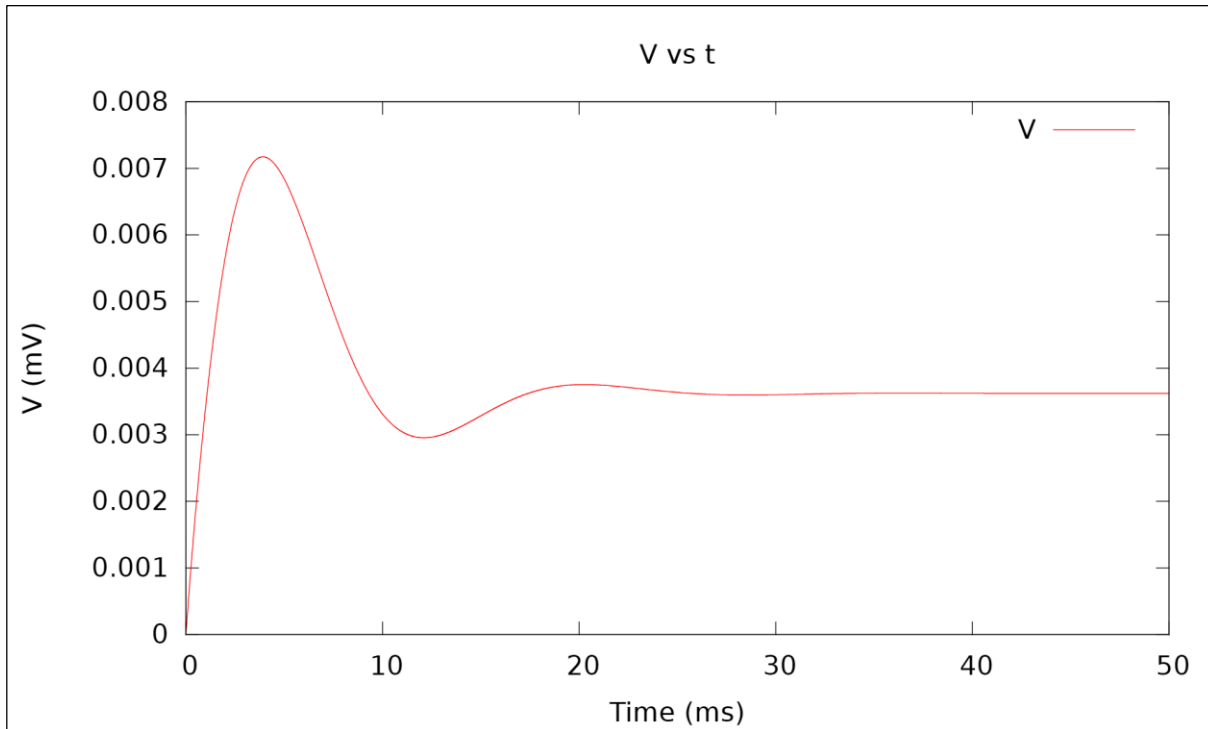
Análisis y Resultados: Valores estacionarios de compuerta



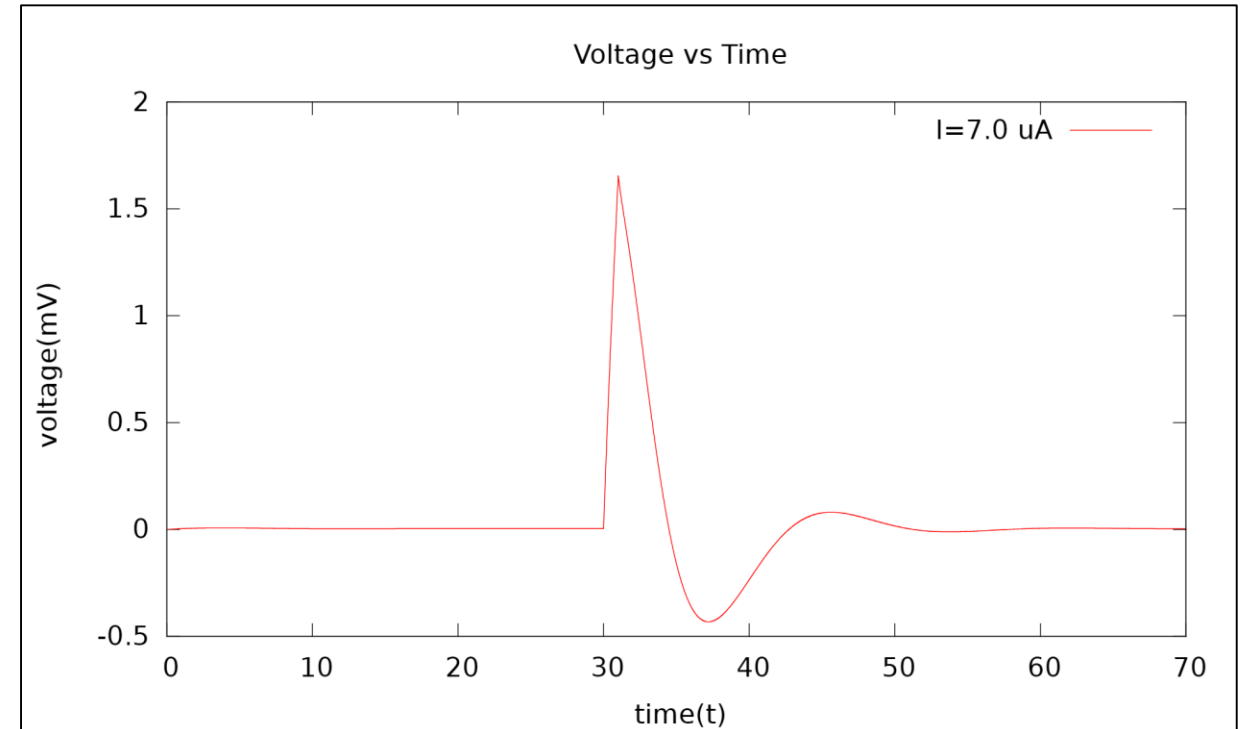
UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Análisis y Resultados

Sin corriente externa

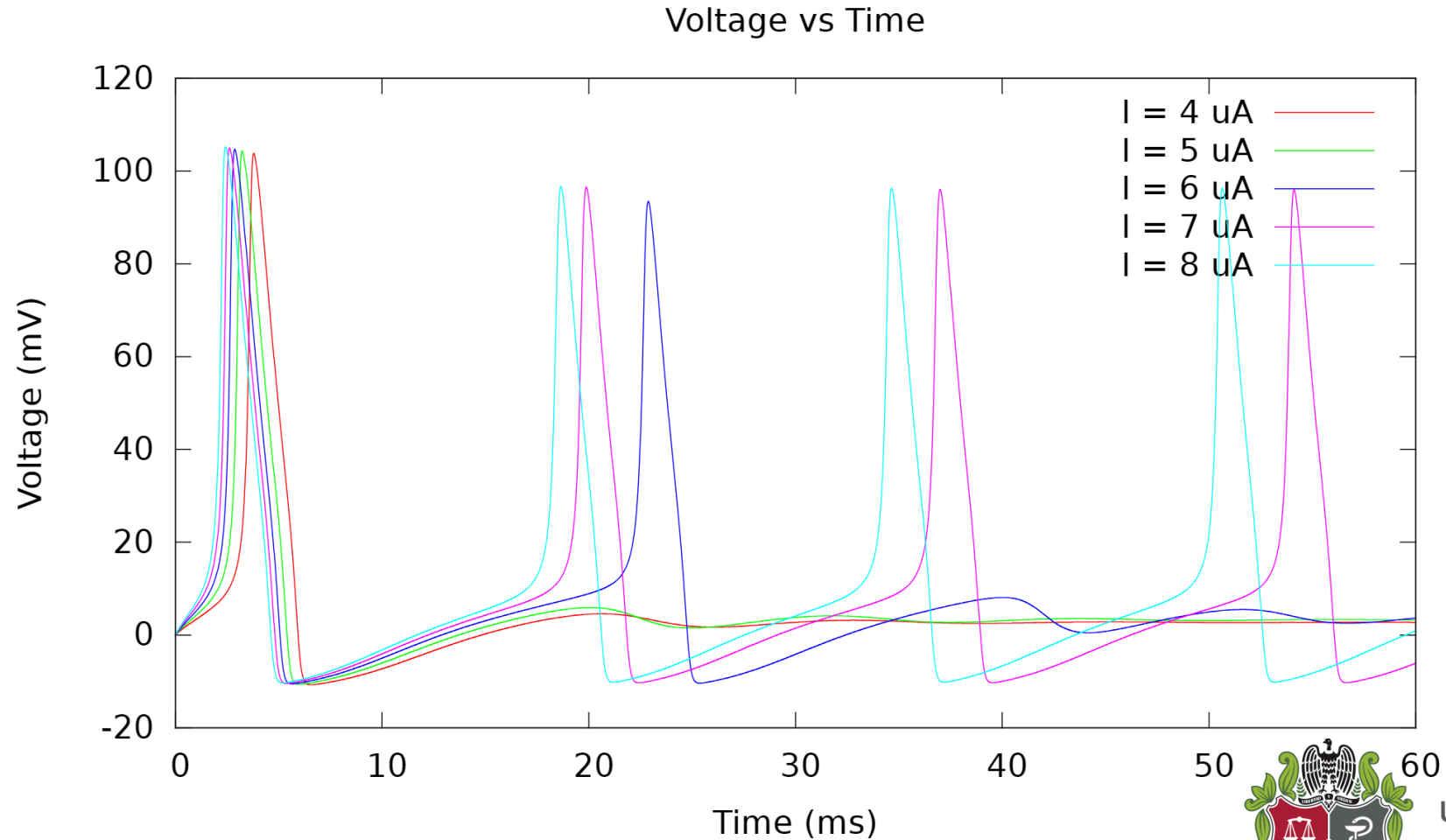


Con pulso temporal



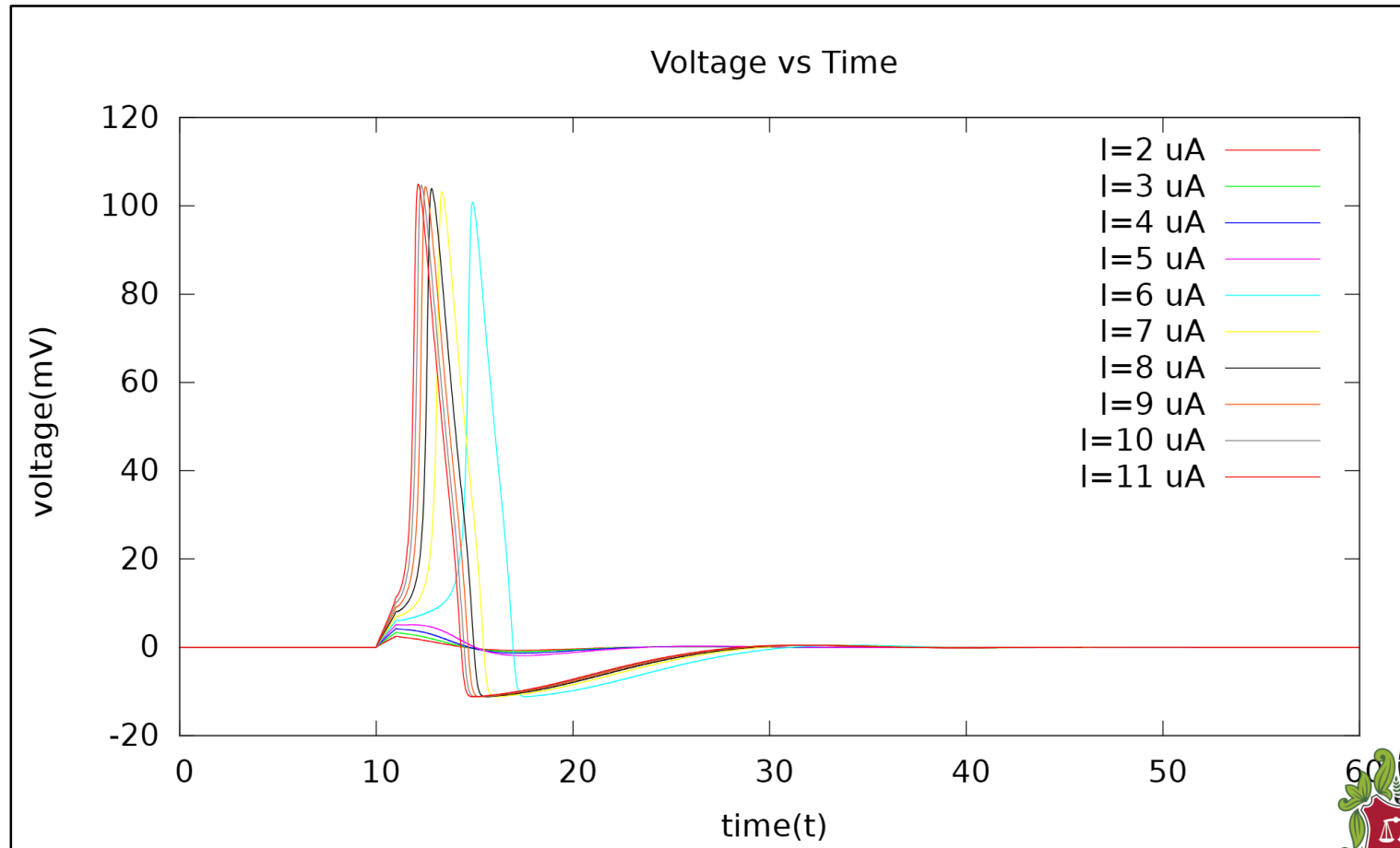
UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Análisis y Resultados: Pulso constante



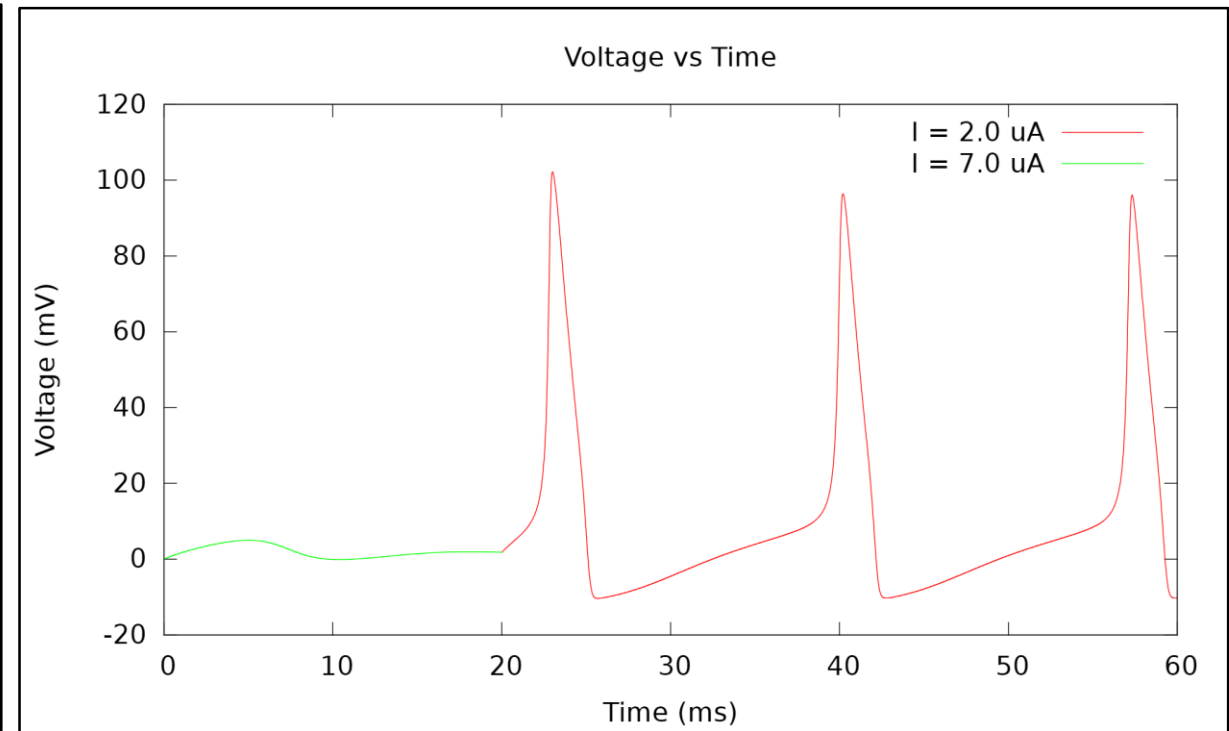
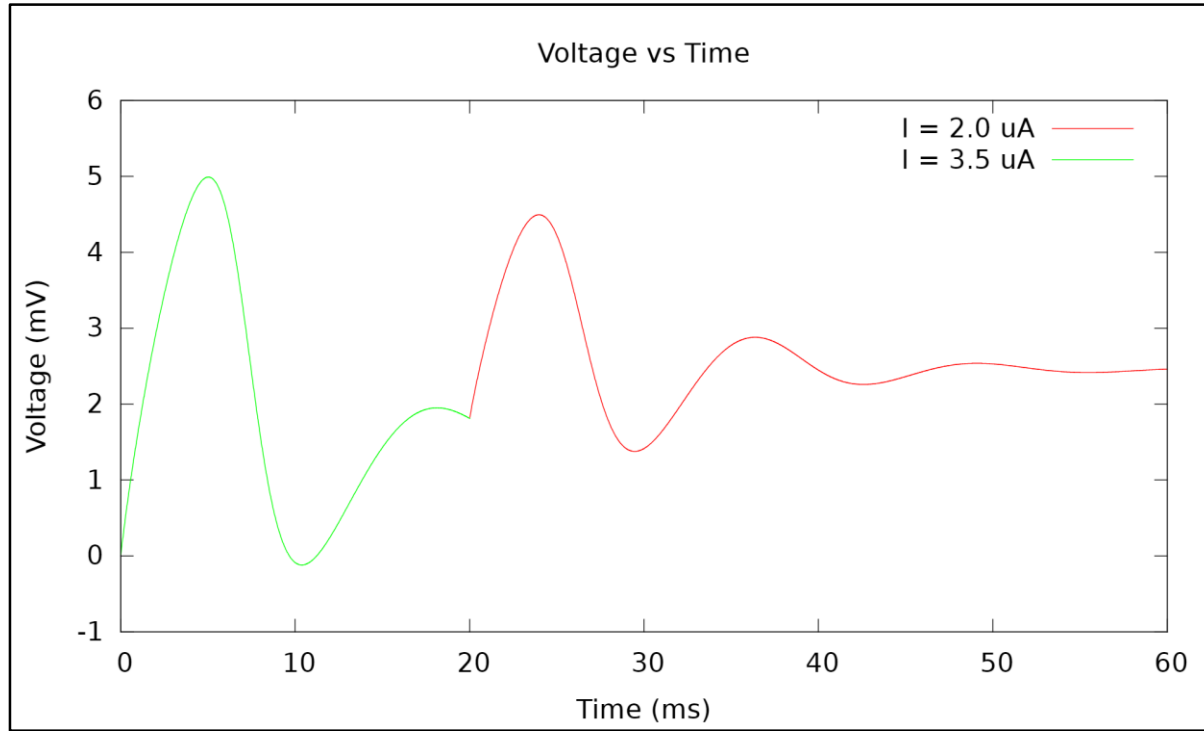
UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Análisis y Resultados: Pulso temporal



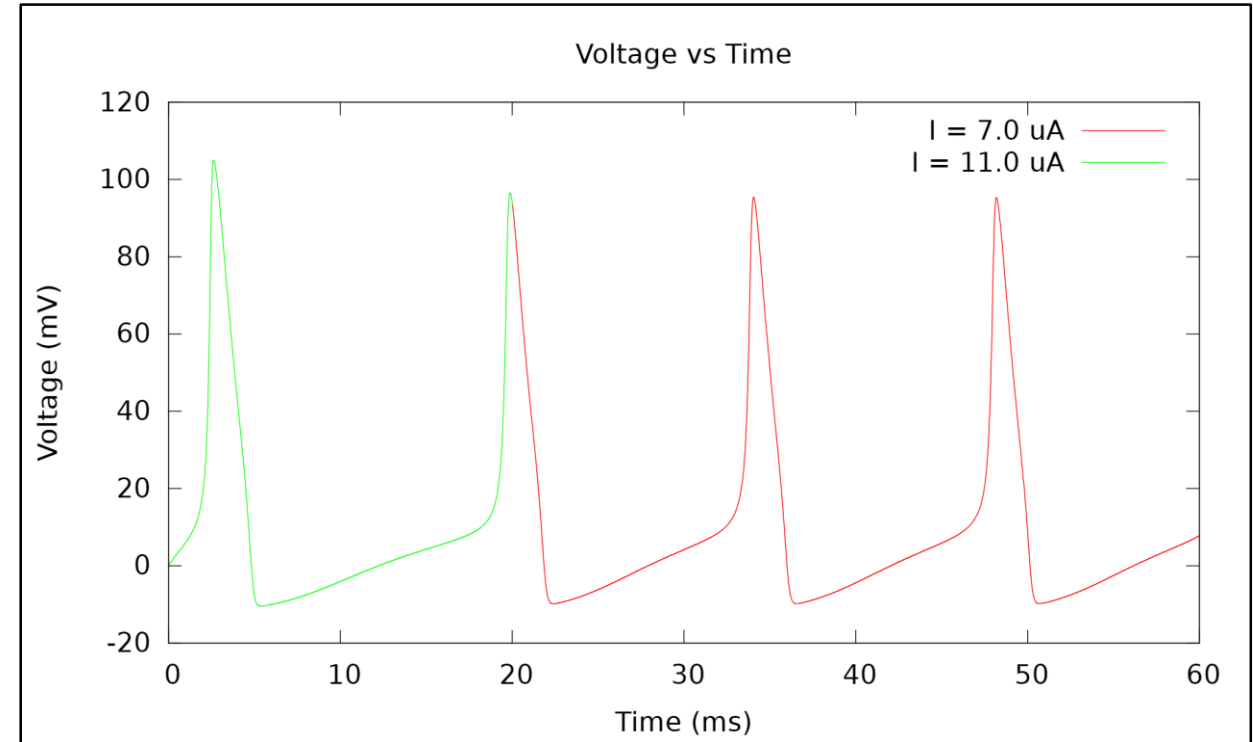
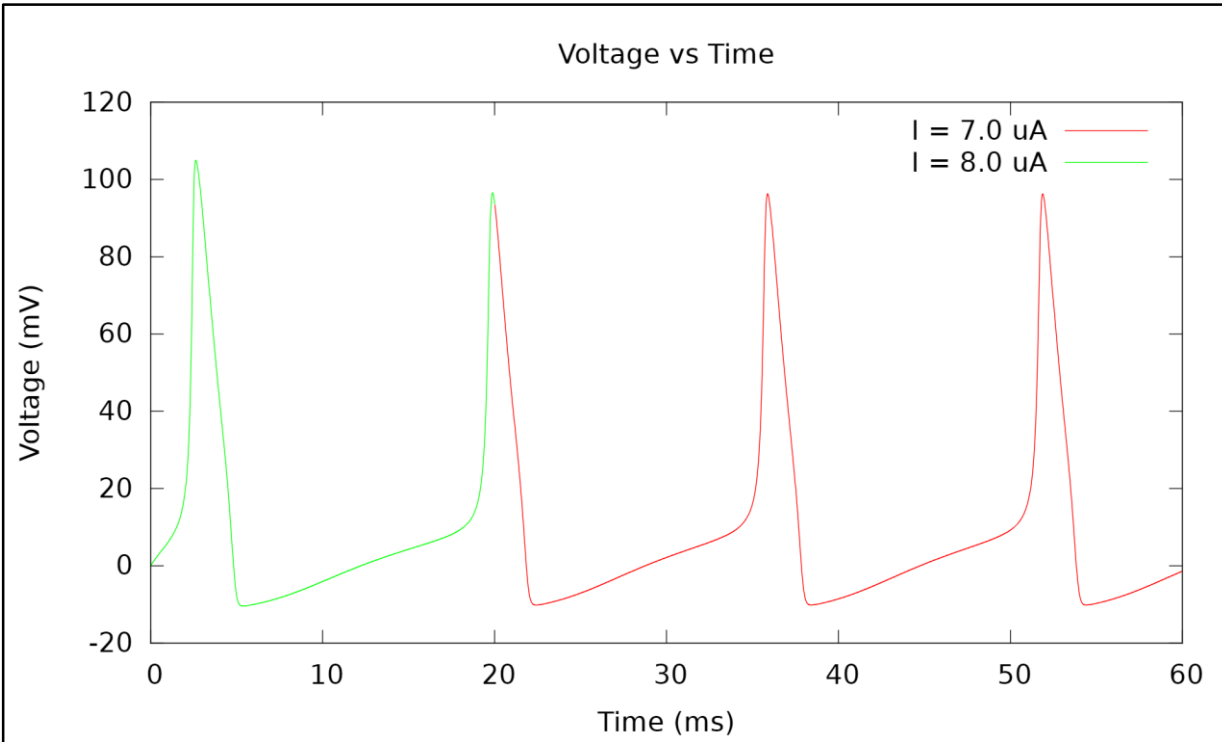
UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Análisis y Resultados: Combinación de pulsos



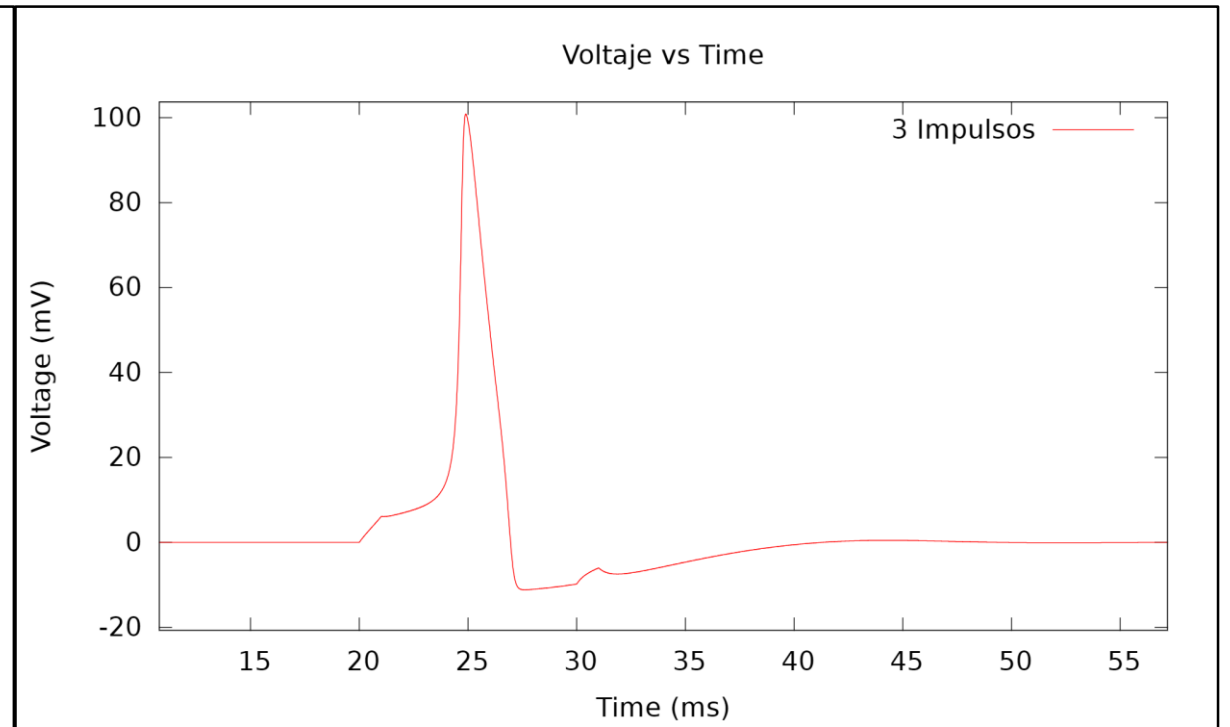
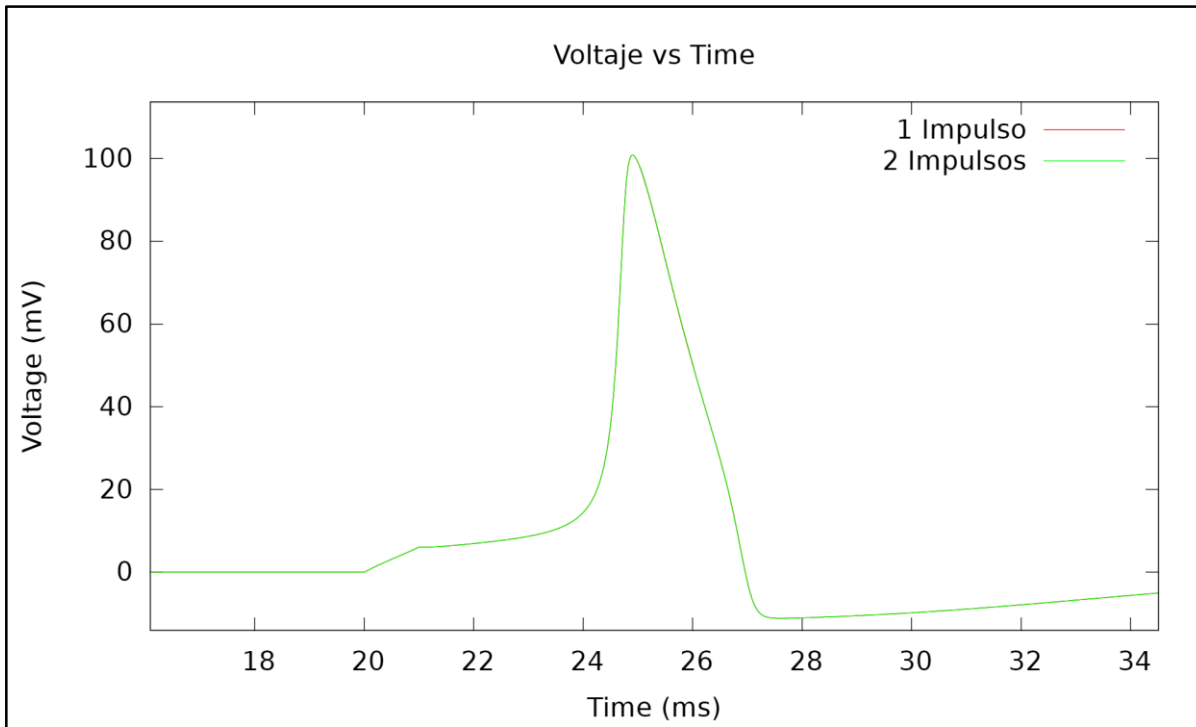
UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Análisis y Resultados: Combinación de pulsos



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Análisis y Resultados: Combinación de pulsos



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Conclusiones

- Es posible obtener información del modelo de Hodgkin y Huxley de una variada cantidad de estímulos eléctricos.
- Existe un límite mínimo para la amplitud del estímulo que genera una diferencia de potencial que es amortiguada fácilmente por el sistema.
- Si la corriente aplicada es constante se obtendrá un tren de ondas que aumentará su frecuencia con la amplitud de esta.
- Es posible utilizar herramientas computacionales para el desarrollo numérico de sistemas de ecuaciones que aproximen de manera muy precisa los modelos propuestos.