UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS
DEPARTAMENTO DE CONTROL
MÉRIDA - VENEZUELA

ANÁLISIS Y CARACTERIZACIÓN EXPERIMENTAL DE SISTEMAS DE TERCER ORDEN.

Delgado Merchán, Daniel Alejandro
Marquina Rojas, Jhoan Alberto

TABLA DE **CONTENIDO**

INTRODUCCIÓN

Los sistemas dinámicos de tercer orden ofrecen un equilibrio entre la simplicidad de modelos de menor orden y la complejidad de modelos de mayor dimensión. Esto los hace ideales para modelar fenómenos físicos y tecnológicos con mayor precisión en diversas áreas.

- **Ecuación Diferencial**: Se representan por una ecuación diferencial de tercer grado o tres ecuaciones de primer orden en espacio de estados.
- **Relevancia:** Son fundamentales en el diseño de filtros avanzados, la regulación de procesos industriales y el estudio de sistemas electromecánicos o electrónicos.
- **Comportamiento Dinámico:** La ubicación de los polos en el plano complejo es crucial, ya que determina la estabilidad, velocidad de respuesta y la presencia de oscilaciones en el sistema.

MARCO TEÓRICO

1 Representación de Sistemas en Espacio de Estados

$$\dot{x}(t) = Ax(t) + Bu(t)$$
$$y(t) = Cx(t) + Du(t)$$

Donde:

- $x(t) \in \mathbb{R}^n$ es el vector de estados,
- $u(t) \in \mathbb{R}^m$ es el vector de entradas,
- $y(t) \in \mathbb{R}^p$ es el vector de salidas,
- A, B, C, D son matrices que caracterizan la dinámica del sistema.

2 Polos del Sistema

$$\det(sI - A) = 0$$

MARCO TEÓRICO

3 Forma Canónica Controlable

Es una estructura específica de representación en espacio de estados que facilita el diseño de sistemas con polos predefinidos.

- La matriz **contiene directamente los coeficientes del polinomio característico** del sistema en su última fila

$$\mathbf{A}_{cc} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 1 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 1 \\ -a_0 & -a_1 & -a_2 & \dots & -a_{n-1} \end{bmatrix}$$

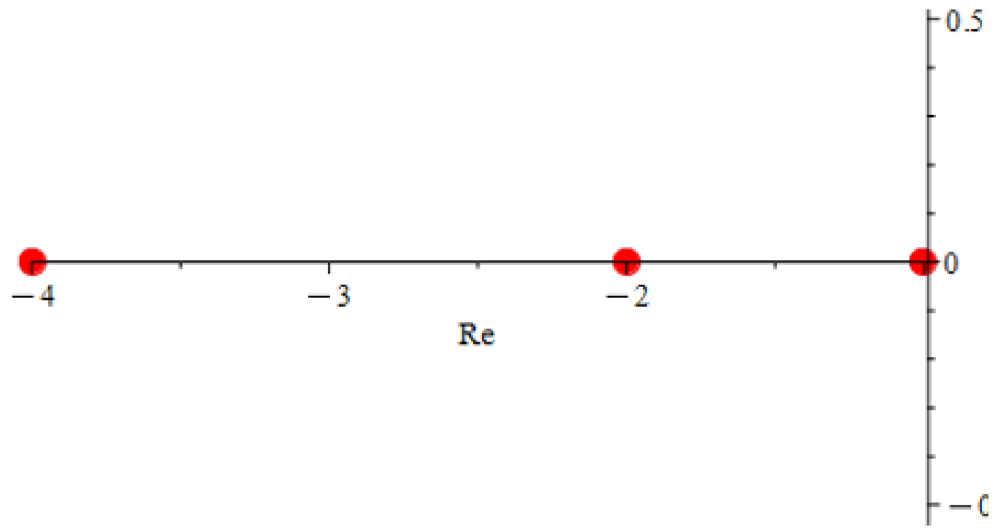
$$\mathbf{B}_{cc} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}$$

$$s^n + a_{n-1}s^{n-1} + \cdots + a_1 s + a_0 = 0$$

METODOLOGÍA
SISTEMA 1

Polos

p1 = 1 , p2 =-2, p3 = -4



Ecuacion Característica

$$(s+1)(s+2)(s+4) =$$

$$s^3 + 7s^2 + 14s + 8$$

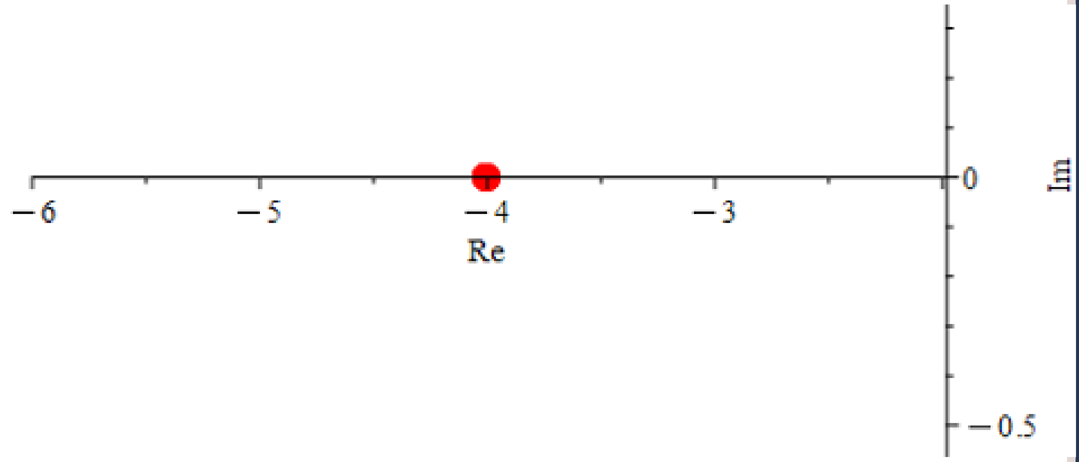
Matriz Canónica Controlable

$$\mathbf{A}_{cc} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -8 & -14 & -7 \end{bmatrix}$$

METODOLOGÍA
SISTEMA 2

Polos

p1 = p2 = p3 = -4



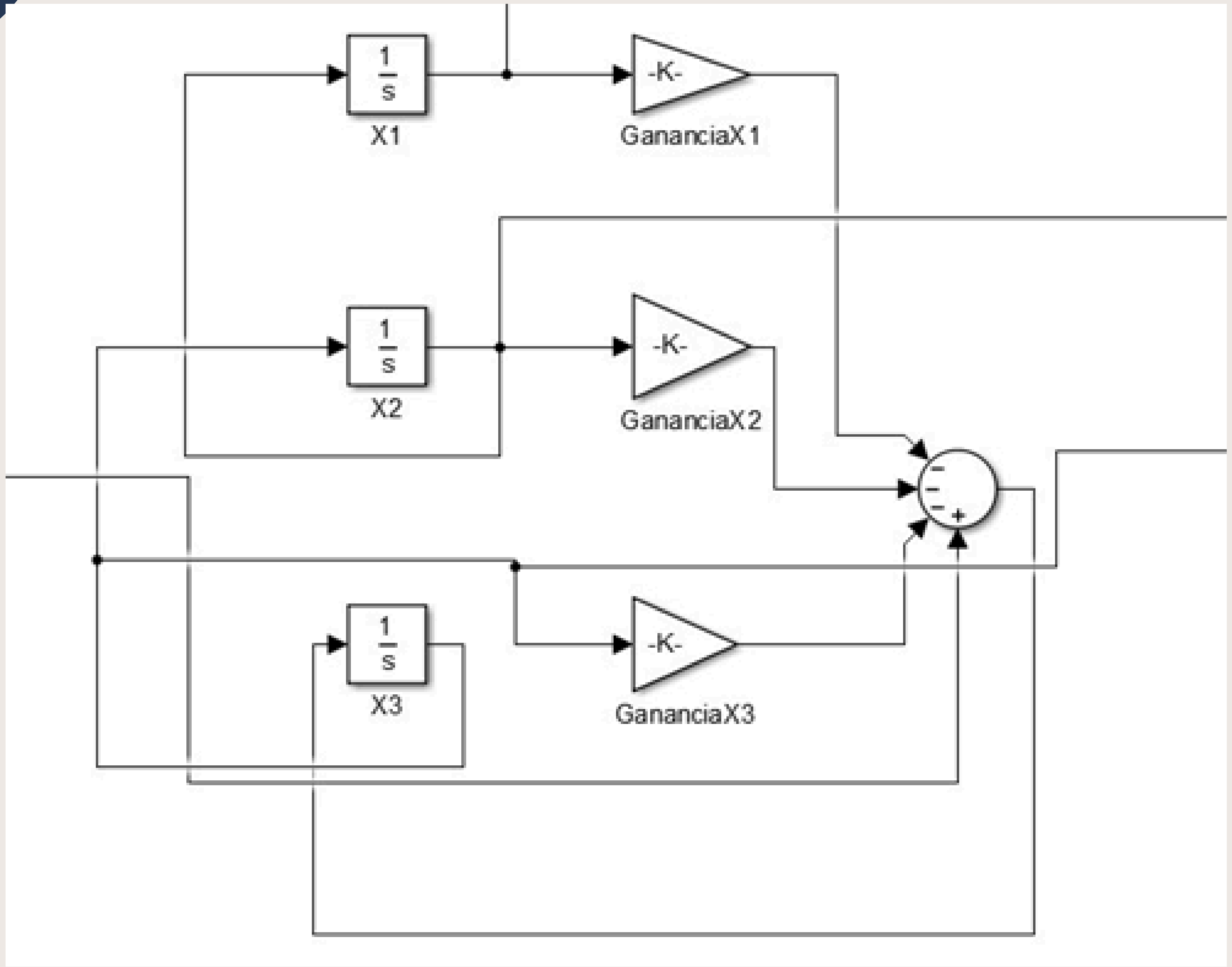
Ecuacion Característica

$$(s+4)^3 =$$
$$s^3 + 12s^2 + 48s + 64$$

Matriz Canónica Controlable

$$\mathbf{A}_{cc} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -64 & -48 & -12 \end{bmatrix}$$

DIAGRAMA DE BLOQUES



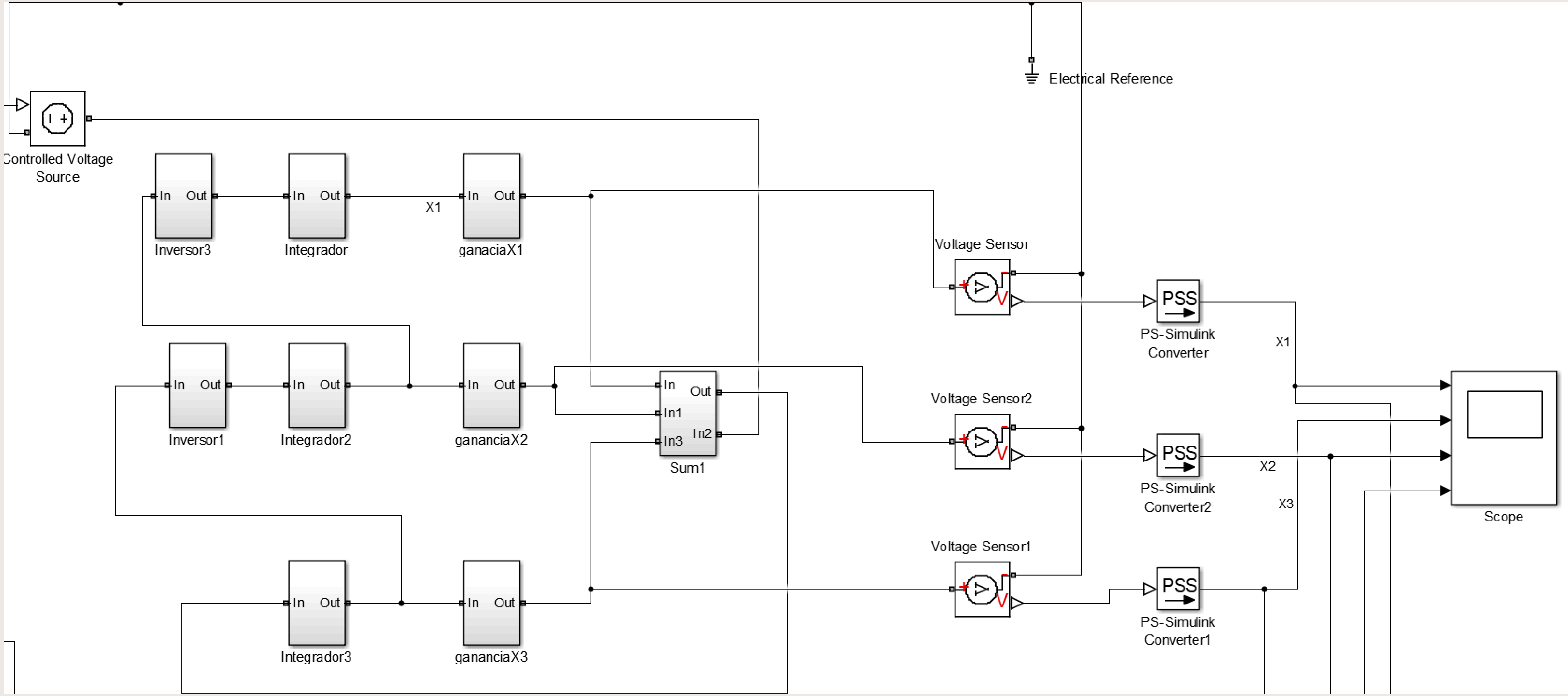
- **SISTEMA 1**

$$\begin{bmatrix} \dot{X1}(t) \\ \dot{X2}(t) \\ \dot{X3}(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X2 \\ X3 \\ -8\,X1 - 14\,X2 - 7\,X3 \end{bmatrix}$$

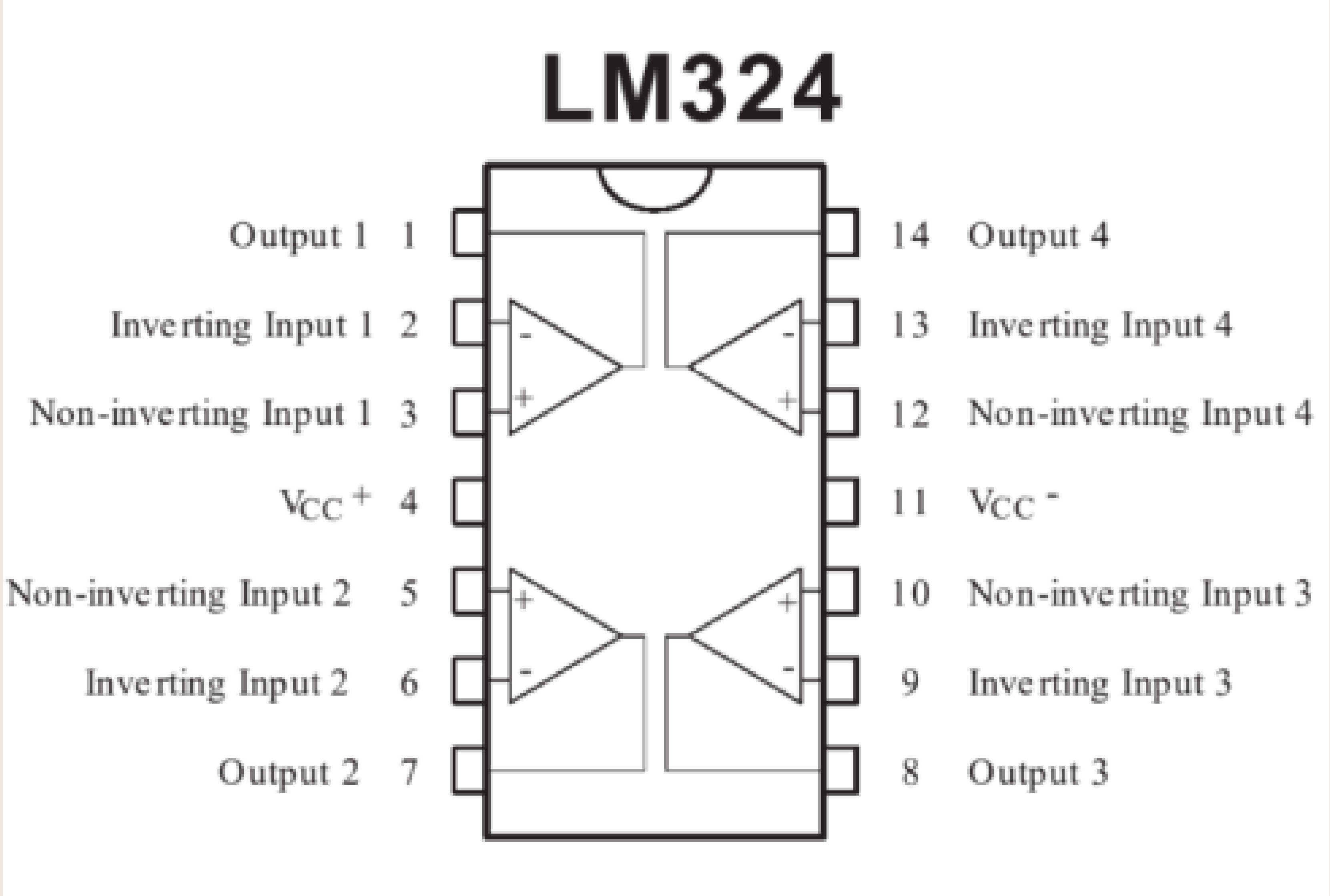
- **SISTEMA 2**

$$\begin{bmatrix} \dot{X1}(t) \\ \dot{X2}(t) \\ \dot{X3}(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X2 \\ X3 \\ -64\,X1 - 48\,X2 - 12\,X3 \end{bmatrix}$$

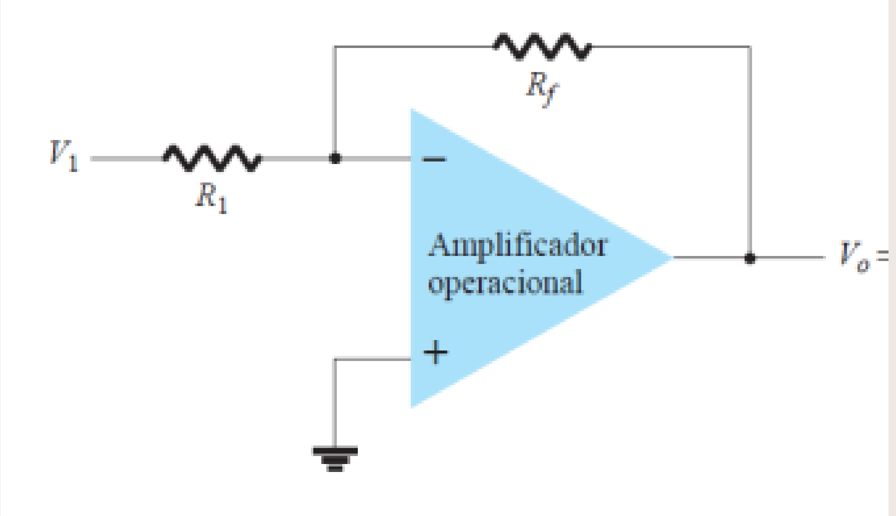
DIAGRAMA CIRCUITAL CON OP-AMPS



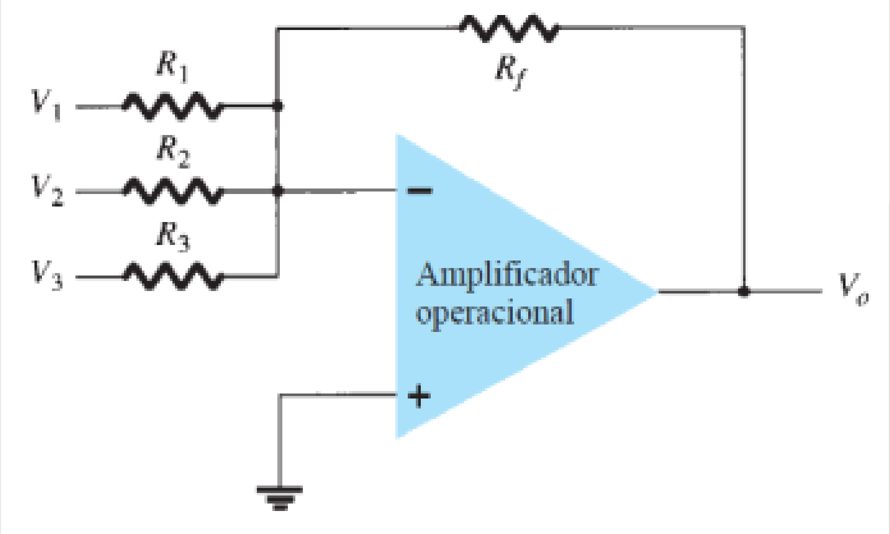
AMPLIFICADORES OPERACIONALES



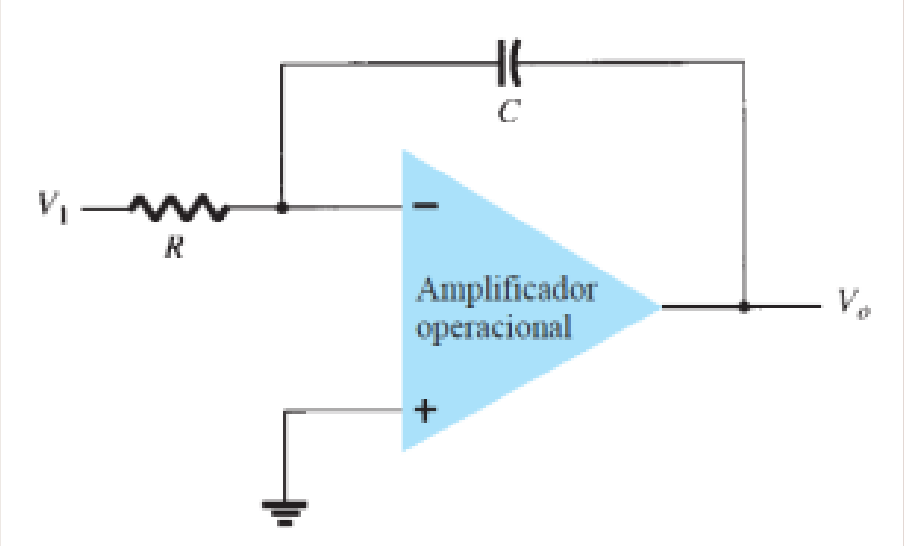
- **INVERSOR**



- **SUMADOR**



- **INTEGRADOR**



RESULTADOS

SALIDAS X1, X2, X3

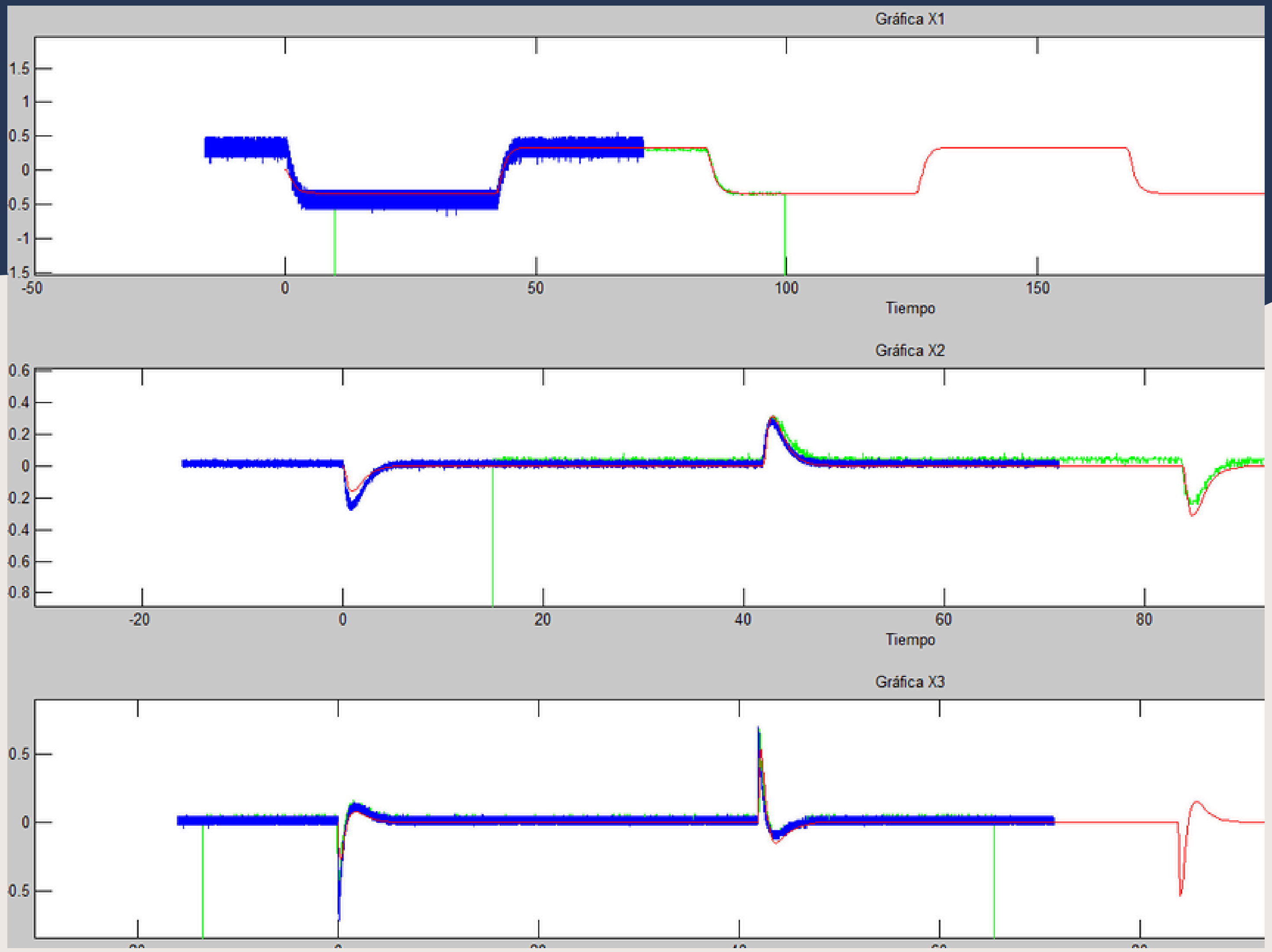
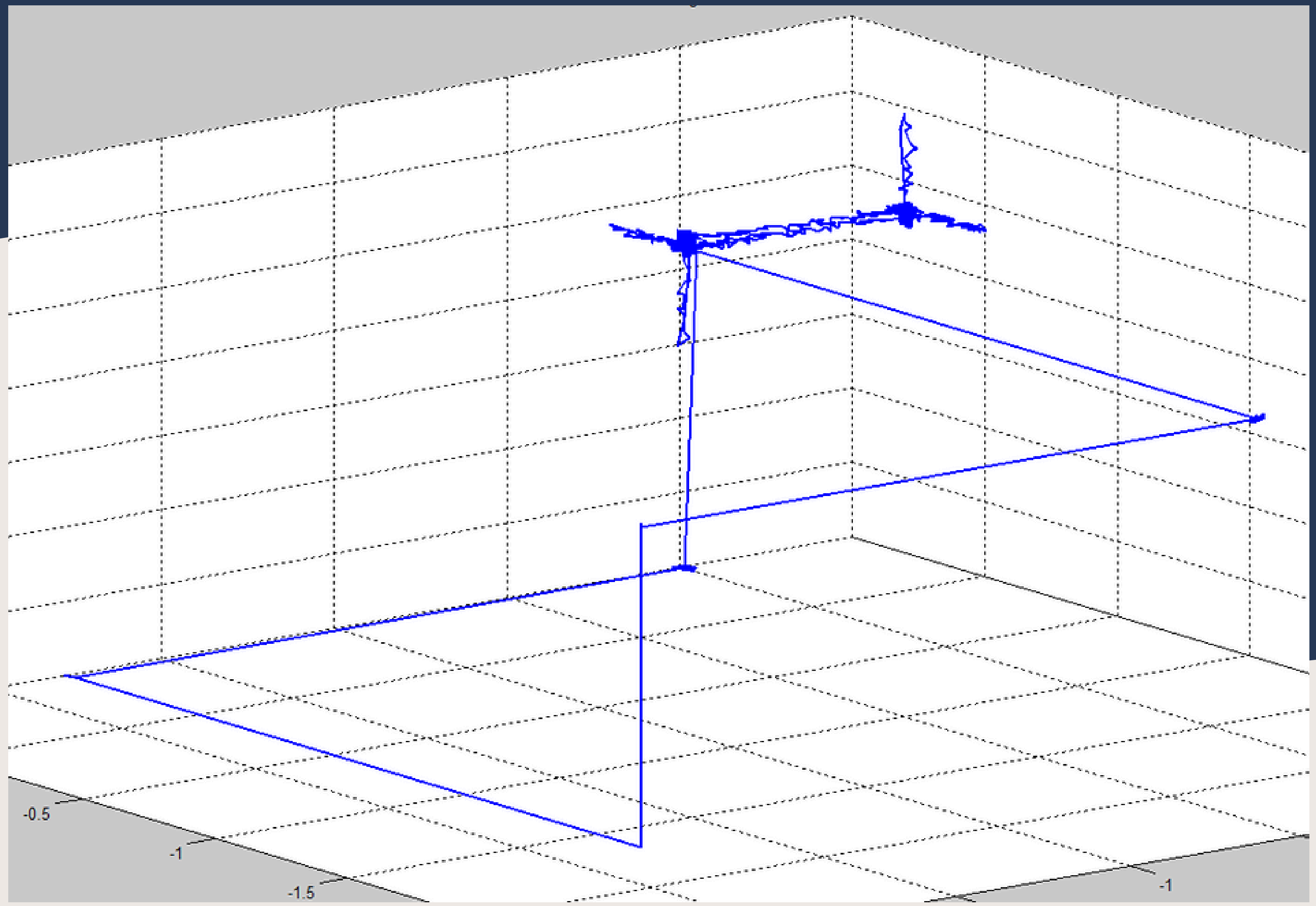


DIAGRAMA DE FASES



RESULTADOS

SALIDAS X1, X2, X3

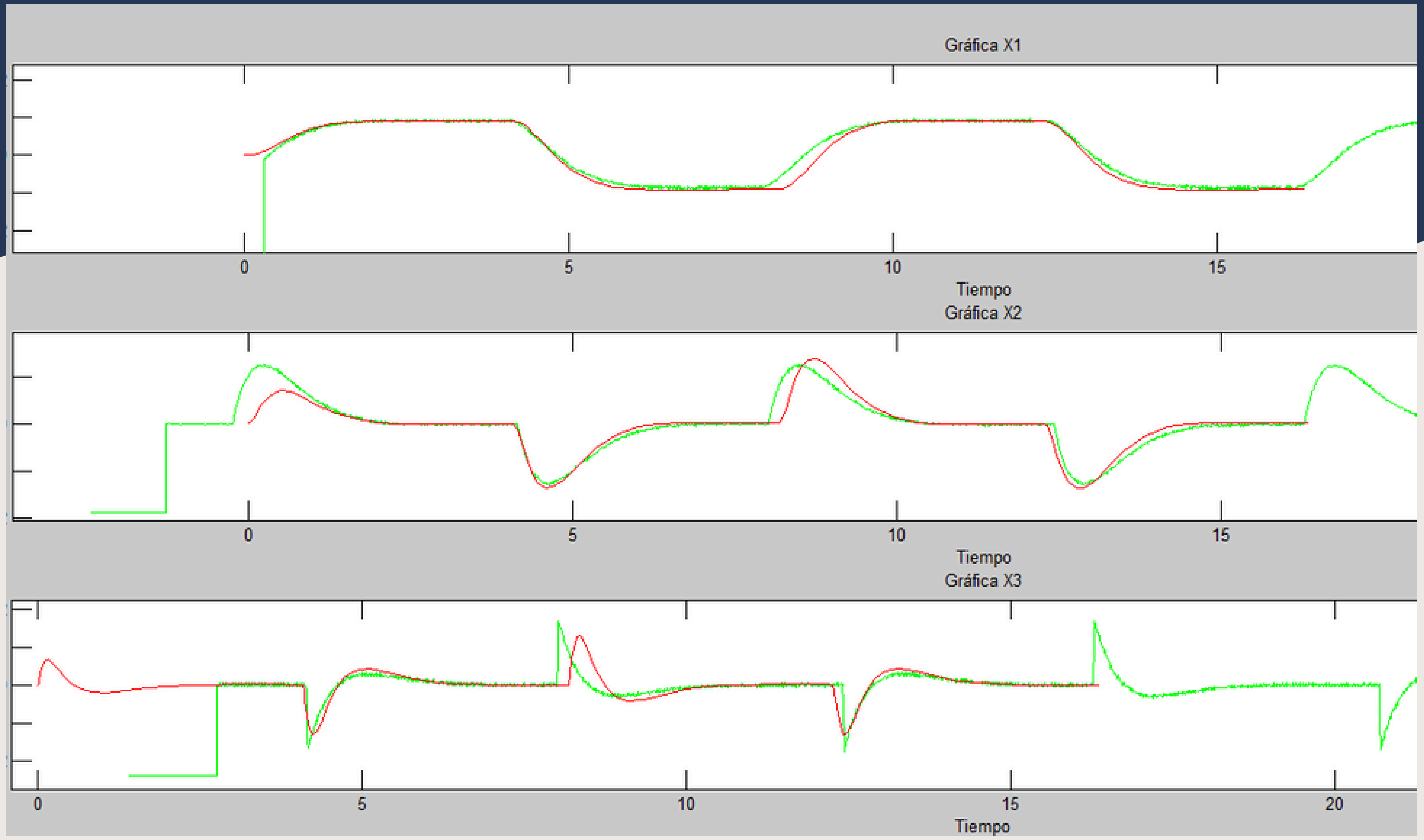
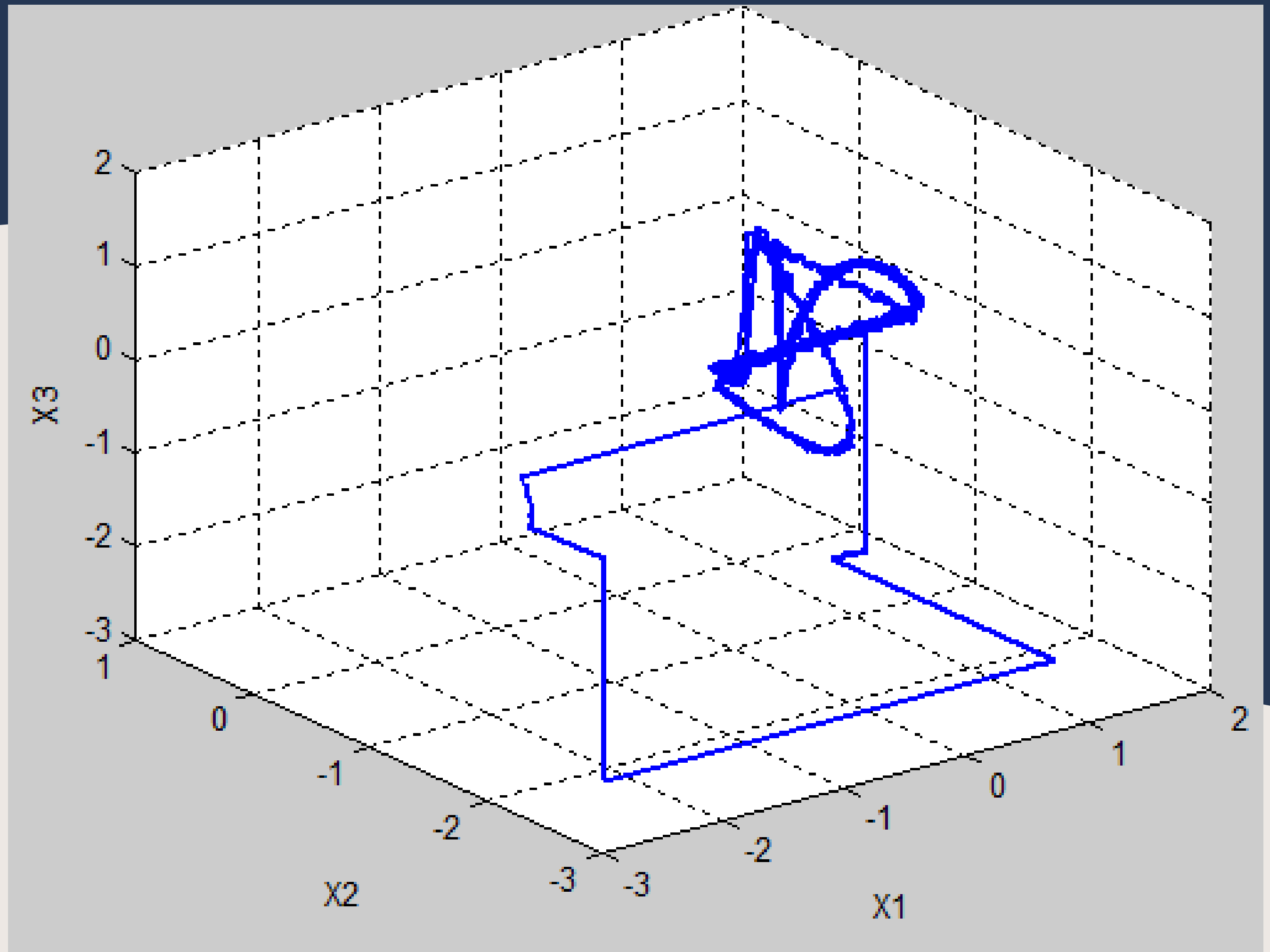


DIAGRAMA DE FASES



MUCHAS GRACIAS