

Instituto Tecnológico de Hermosillo  
Materia: Robótica  
Profesor: Medina Gil Lamadrid, Jesús Iván

9 de abril de 2025

## Unidad 2: Cinematica del robot Cinematica directa y diferencial

### Equipo 5



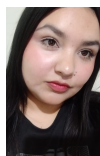
Ochoa Avendaño,  
Joel

121330657@hermosillo.tecnm.mx  
Teléfono: ()



Noriega Corrales,  
Magdalena

121330654@hermosillo.tecnm.mx  
Teléfono: (6623356057)



Valdez Munguia,  
Maria

121330704@hermosillo.tecnm.mx.com  
Teléfono: (6621968404)



Saavedra Sanchez,  
Nomar Alejandro

120331363@hermosillo.tecnm.mx.com  
Teléfono: (622 176 1384)



Gil Hernandez,  
Roberto

121331072@hermosillo.tecnm.mx  
Teléfono: (6623866834)



German Fernandez,  
America

120330836@hermosillo.tecnm.mx  
Teléfono: (6626663718)

## INTRODUCCIÓN.

La cinemática es una rama de la mecánica que estudia el movimiento de los cuerpos sin considerar las fuerzas que lo causan. En el ámbito de la robótica y los sistemas mecatrónicos, la cinemática es fundamental para entender cómo se mueve un robot en el espacio. Dos conceptos clave dentro de esta disciplina son la **cinemática directa** y la **cinemática diferencial**.

La **cinemática directa** (o directa geométrica) se encarga de determinar la posición y orientación del extremo de un robot (generalmente el efector final) a partir de los valores de sus articulaciones, como ángulos o desplazamientos. Este análisis es esencial para saber "dónde está" el robot en el espacio cuando se conocen sus configuraciones internas. La cinemática directa se basa en modelos geométricos y se aplica ampliamente en robots manipuladores, brazos robóticos y sistemas de coordenadas móviles.

Por otro lado, la **cinemática diferencial** describe cómo varían en el tiempo la posición y orientación del efector final, considerando las velocidades articulares. Esta herramienta permite analizar la velocidad y la aceleración del robot a partir de las velocidades de sus articulaciones, lo cual es esencial en el control y la planificación de trayectorias. A través del uso del **Jacobiano**, una matriz que relaciona estas velocidades, se puede también estudiar aspectos como la movilidad del sistema, singularidades y redundancias.

Ambas formas de análisis son esenciales para el diseño, simulación y control de robots, ya que permiten traducir las órdenes del sistema de control en movimientos reales y seguros en el espacio.

## OBJETIVO.

Comprender y aplicar los conceptos de cinemática directa y cinemática diferencial en sistemas robóticos, mediante el análisis de la posición, orientación y velocidades del efector final a partir de las variables articulares, con el fin de facilitar el diseño, simulación y control preciso de movimientos en robots manipuladores.

## ANTECEDENTES.

La **cinemática directa** (o **cinemática directa de posición**) se refiere al estudio del movimiento de un mecanismo o robot en función de sus variables articulares, es decir, **dadas las posiciones de las articulaciones, se calcula la posición y orientación del efector final** (o extremo de un brazo robótico, por ejemplo).

### Origen y evolución:

- **Siglo XVII - XVIII:** La cinemática como disciplina nace con estudios de Galileo Galilei y Newton sobre el movimiento, aunque no se formalizaba aún como lo entendemos hoy.
- **Siglo XIX:** El estudio sistemático de mecanismos (como el de cuatro barras) se desarrolla en el campo de la ingeniería mecánica.
- **Años 1950-1960:** Con el desarrollo de los primeros robots industriales (como el **Unimate**), se formaliza la cinemática directa en la robótica.
- **Modelo matemático:** Se emplea álgebra de matrices y transformaciones homogéneas para representar el movimiento en el espacio 3D (posición y orientación).

La **cinemática diferencial** estudia las velocidades (lineales y angulares) del efector final o de los eslabones en función de las velocidades articulares. Es decir, se centra en **cómo varía la posición en el tiempo**, utilizando el **Jacobiano** del sistema.

### Origen y evolución:

- **Años 1970-1980:** Con el crecimiento de la robótica como disciplina, se introdujo el concepto de la **matriz Jacobiana** para analizar la relación entre la velocidad de las articulaciones y la del efector final.
- **Aplicaciones clave:** Control de trayectoria, detección de singularidades, control en espacio cartesiano.
- **Avances recientes:** Integración con inteligencia artificial y técnicas de control adaptativo y predictivo.

## MARCO TEÓRICO.

La cinemática es una rama de la mecánica que estudia el movimiento de los cuerpos sin considerar las causas que lo producen. En el contexto de la robótica, la cinemática se encarga de describir el movimiento de los mecanismos mediante variables geométricas, como posiciones, velocidades y aceleraciones.

El análisis cinemático es fundamental para el diseño, simulación y control de robots, ya que permite determinar cómo se moverá el efector final en función de las posiciones o velocidades de sus articulaciones.

### Cinemática Directa

La **cinemática directa**, también conocida como **cinemática directa de posición**, se refiere al problema de determinar la posición y orientación del efector final de un robot en el espacio cartesiano, dado un conjunto de valores de las variables articulares.

Este análisis implica modelar matemáticamente la cadena cinemática del robot, usando transformaciones geométricas. Las herramientas más utilizadas para este propósito son:

- **Transformaciones homogéneas (matrices 4x4):** combina rotaciones y traslaciones en el espacio tridimensional.
- **Parámetros Denavit-Hartenberg (DH):** una notación estandarizada para modelar la geometría de robots articulados.

**Ejemplo típico:** En un brazo robótico de 6 grados de libertad, la cinemática directa permite saber dónde estará la “mano” (efector final) cuando cada articulación esté en cierta posición.

### Cinemática Diferencial

La **cinemática diferencial** estudia la relación entre las **velocidades articulares** (derivadas de las posiciones de las juntas respecto al tiempo) y las **velocidades del efector final** en el espacio cartesiano (velocidad lineal y angular).

El principal instrumento matemático en este análisis es la **matriz Jacobiana**, que relaciona pequeñas variaciones en las variables articulares con variaciones en la posición/orientación del efector:

$$\dot{x} = J(q) \cdot \dot{q}$$

Donde:

- $\dot{x}$  = vector de velocidades lineales y angulares del efector final

- $\dot{q}$  = vector de velocidades articulares
- $J(q)$  = matriz Jacobiana, función de la configuración articular actual

La cinemática diferencial es fundamental para:

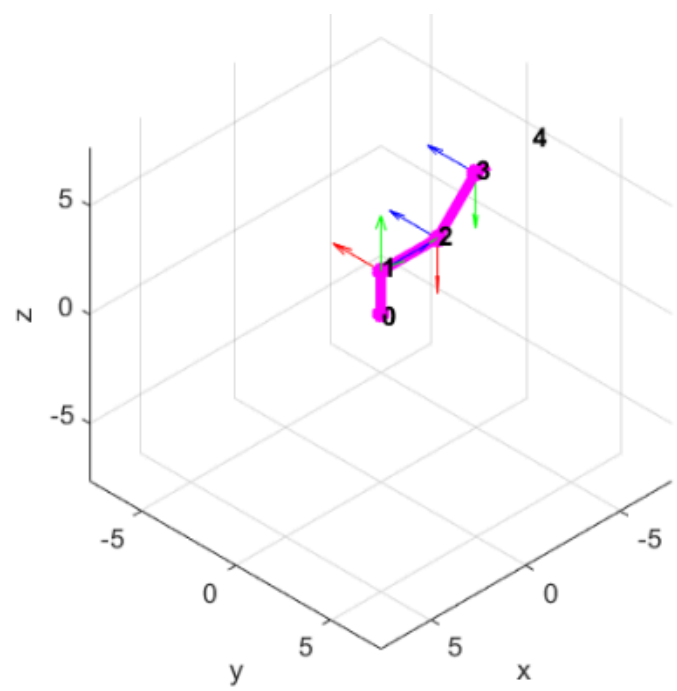
- Control de velocidad del robot en tiempo real
- Análisis de singularidades (cuando el Jacobiano pierde rango)
- Control en el espacio operativo (por ejemplo, seguir una trayectoria)

RESULTADOS.

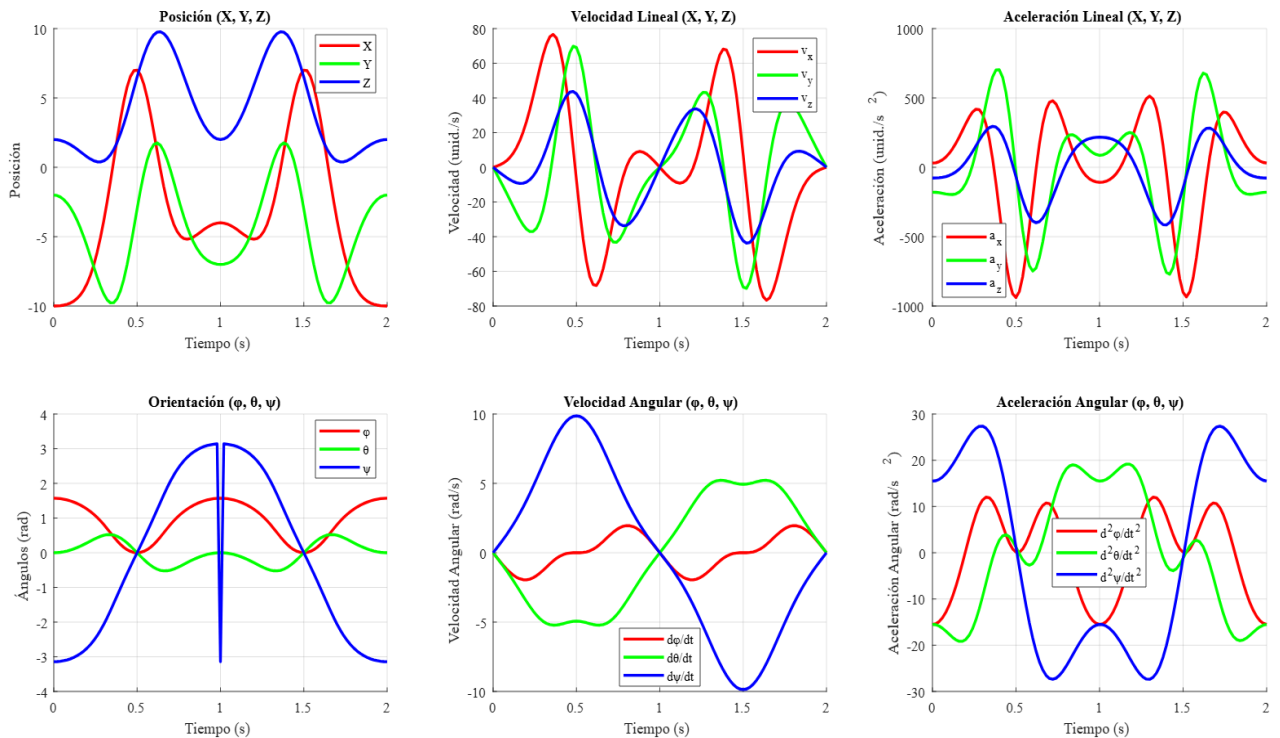
Tabla DH:

robot4.csv							
	A	B	C	D	E	F	G
	robot4						
	theta	d	a	alpha	tipo	min	max
	Number	Number	Number	Number	Categorical	Number	Number
1	theta	d	a	alpha	tipo	min	max
2	0	2	0	90	r	-90	90
3	0	3	0	-90	r	-90	90
4	0	2	4	0	r	-90	90
5	0	0	3	0	p	0	5

Animación:



## GRÁFICAS



## CONCLUSIÓN.

La cinemática directa y la cinemática diferencial representan pilares fundamentales en el análisis y control de sistemas robóticos. Mientras que la cinemática directa permite conocer la posición y orientación del efector final a partir de las variables articulares, la cinemática diferencial proporciona una herramienta clave para comprender cómo varían estas posiciones en el tiempo, facilitando el control dinámico del movimiento.

Ambas disciplinas son esenciales no solo en el diseño y simulación de robots, sino también en su implementación práctica en entornos industriales, médicos y de investigación. El uso de modelos matemáticos como las transformaciones homogéneas y la matriz Jacobiana ha permitido desarrollar sistemas robóticos cada vez más precisos, seguros y eficientes.

En resumen, el dominio de estas herramientas cinemáticas es indispensable para la evolución tecnológica de la robótica moderna, siendo base para el desarrollo de estrategias de control, planeación de trayectorias y adaptación a entornos complejos.