



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

CAMPUS D'ALCOI

Título del Proyecto

MEMORIA PRESENTADA POR:

*Carlos Mira López
Nicolás Miró Mira
Vittorio Alessandro Esposito Ceballos*

MODELADO Y CONTROL DE ROBOTS

GRADO EN INFORMÁTICA INDUSTRIAL Y ROBÓTICA

Curso: 2025/2026

Resumen

Índice general

Resumen	I
Índice general	II
Índice de figuras	IV
Índice de tablas	V
1. Introducción, objetivos y estructura del documento	1
1.1. Introducción	1
1.2. Objetivo general y objetivos específicos	1
1.3. Estructura del documento	2
2. Antecedentes y estado del arte	3
2.1. Fundamentos teóricos relevantes	3
2.2. Estado del arte en robótica y control	3
2.3. Herramientas y entornos de simulación	4
2.4. Trabajos y resultados previos	4
2.5. Relación con el proyecto	4
3. Materiales y métodos	5
3.1. Modelado cinemático/dinámico del robot + tool (si aplica)	5
3.2. Metodología de control y aprendizaje por refuerzo (RL)	5
3.3. Entorno de simulación y herramientas utilizadas	6
3.4. Procedimiento de experimentación / entrenamiento	6
3.5. Programación	7
4. Resultados	8
4.1. Validación del modelado matemático	8
4.2. Entrenamientos en IsaacLab/IsaacSim	8
4.3. Comparación de controladores	8
4.4. Pruebas finales y validación del sistema	9
4.5. Discusión crítica	9
5. Conclusiones y trabajo futuro	10

5.1. Conclusiones	10
5.2. Trabajo futuro	10

Índice de figuras

Índice de tablas

1 Introducción, objetivos y estructura del documento

Este capítulo debe situar al lector en el contexto general del proyecto y dejar claras las metas que se persiguen. Sirve como punto de partida para entender qué se va a hacer, por qué es relevante y qué se pretende conseguir.

1.1 Introducción

Presentación del tema: la importancia de la robótica en la industria, la investigación y la vida cotidiana.

Justificación del proyecto: necesidad de comprender los fundamentos de cinemática, dinámica y control de robots para abordar retos actuales.

Relevancia del uso de técnicas avanzadas como el aprendizaje por refuerzo en entornos de simulación realistas (IsaacLab/IsaacSim).

Relación con el ámbito docente: adquisición de competencias en modelado matemático, simulación y control inteligente.

1.2 Objetivo general y objetivos específicos

Una frase clara que resuma la meta principal del proyecto.

Listado numerado y concreto de metas parciales que permiten alcanzar el objetivo general.

1.3 Estructura del documento

Breve resumen del contenido de cada uno de los capítulos que consta la memoria.

2 Antecedentes y estado del arte

En este capítulo se debe contextualizar el proyecto dentro del conocimiento existente. No se trata de hacer un simple resumen, sino de demostrar que se entiende qué se ha hecho ya en el área, qué problemas siguen abiertos y qué aporta vuestro trabajo en ese contexto.

2.1 Fundamentos teóricos relevantes

Breve repaso de los conceptos esenciales de cinemática y dinámica de robots.

Introducción a los esquemas de control clásicos (PID, control por realimentación, control óptimo, etc.).

Principios básicos del aprendizaje por refuerzo (Markov Decision Processes, política, recompensa, exploración vs. explotación).

2.2 Estado del arte en robótica y control

Aplicaciones recientes de cinemática y dinámica en robots manipuladores y móviles.

Técnicas actuales de control: comparación entre enfoques tradicionales y métodos basados en inteligencia artificial.

Uso del aprendizaje por refuerzo en robótica: principales algoritmos (DQN, PPO, SAC, DDPG) y retos en su implementación.

2.3 Herramientas y entornos de simulación

Breve revisión de los simuladores más utilizados en robótica (Gazebo, MuJoCo, PyBullet, IsaacSim).

Justificación del uso de IsaacLab/IsaacSim para este proyecto.

2.4 Trabajos y resultados previos

Ejemplos de investigaciones o proyectos similares que hayan aplicado RL en robótica.

Limitaciones encontradas en esos trabajos y vacíos de investigación que motivan este proyecto.

2.5 Relación con el proyecto

Identificación de qué aspectos se tomarán como base para el trabajo (ej. modelado cinemático/dinámico tradicional).

Qué parte supone un reto o innovación (ej. implementación de RL en IsaacLab).

3 Materiales y métodos

La sección Materials and Methods (también llamada Methodology o Experimental Section, según la disciplina) es una parte esencial de artículos y memorias de ámbito académico/docente. Su objetivo principal es que otro estudiante, profesor, investigador, ingeniero, etc., pueda reproducir el trabajo siguiendo las descripciones dadas.

3.1 Modelado cinemático/dinámico del robot + tool (si aplica)

Descripción de los pasos seguidos para modelar el robot dentro del entorno de simulación. Si se ha realizado un modelado teórico, incorporar: Formulación de la cinemática directa e inversa mediante el uso de matrices de transformación homogénea, parámetros de Denavit–Hartenberg. Obtención de la matriz Jacobiana y análisis de singularidades.

Modelado dinámico (ecuaciones de Euler–Lagrange o Newton–Euler) con las hipótesis adoptadas (ej. robot rígido, sin rozamiento, etc.).

Representación clara de ecuaciones y, cuando sea útil, diagramas que apoyen la comprensión.

3.2 Metodología de control y aprendizaje por refuerzo (RL)

Explicación de los esquemas de control diseñados: control clásico de referencia, control basado en RL, comparación, etc.

Justificación de la elección de algoritmos de RL (ej.: PPO, SAC, DDPG), con breve descripción de su funcionamiento.

Definición de recompensas, estados y acciones empleados en el entorno de simulación.

3.2.1 Recompensas, estados y acciones

recompensas

Las recompensas que se le han asignado al robot.

Estados

Acciones

3.3 Entorno de simulación y herramientas utilizadas

Descripción de IsaacSim/IsaacLab: versiones empleadas, configuración inicial y librerías auxiliares. Recursos computacionales (hardware, GPU, sistema operativo).

Configuración de escenarios de entrenamiento (robot, entorno, sensores virtuales, condiciones de interacción).

Unity + Visual studio

Visual studio code

ROS 1

robot

Entorno

Sensores virtuales

Condiciones de iteración

3.4 Procedimiento de experimentación / entrenamiento

Explicación del flujo de trabajo seguido: preparación de modelos, definición de hiperparámetros, duración de entrenamientos, validación de políticas aprendidas.

Estrategia de comparación: métricas definidas (tiempo de convergencia, estabilidad, error en el seguimiento, etc.).

Número de episodios, pruebas o repeticiones realizadas.

3.5 Programación

Diagramas de flujo o pseudocódigo de los programas implementados.

4 Resultados

En este capítulo se deben presentar y analizar los resultados obtenidos tras la implementación del proyecto. No se trata solo de mostrar datos, gráficos o tablas, sino de interpretarlos y relacionarlos con los objetivos planteados.

4.1 Validación del modelado matemático

Comparación entre los resultados teóricos (cinemática y dinámica calculadas) y los obtenidos en simulación.

Comprobación de trayectorias, posiciones finales y detección de posibles singularidades.

Discusión sobre la precisión y las limitaciones del modelo.

4.2 Entrenamientos en IsaacLab/IsaacSim

Presentación de las curvas de aprendizaje (recompensa acumulada, convergencia del algoritmo).

Evaluación de los tiempos de entrenamiento y de la estabilidad de la política aprendida.

Ánalisis de hiperparámetros: cómo afectan al rendimiento y a la velocidad de convergencia.

4.3 Comparación de controladores

Resultados de control clásico vs. control basado en RL.

Métricas de desempeño: error en el seguimiento de trayectorias, suavidad de los movimientos, robustez frente a perturbaciones.

Discusión sobre ventajas y limitaciones de cada enfoque.

4.4 Pruebas finales y validación del sistema

Ejemplos de simulaciones finales con el robot ejecutando las tareas propuestas.

Posibles animaciones, capturas de pantalla o gráficas que ilustren los comportamientos logrados.

Evaluación cualitativa (ej.: naturalidad de movimientos, respuesta a cambios en el entorno).

4.5 Discusión crítica

Relación de los resultados con los objetivos generales y específicos planteados en la introducción.

Identificación de fortalezas, limitaciones y posibles mejoras del trabajo.

5 Conclusiones y trabajo futuro

En este capítulo tendrás la oportunidad de realizar las conclusiones de tu proyecto, volviendo a señalar los aspectos más importantes que se puede ver en la memoria, los logros conseguidos, etc. Además, deberás exponer aquellos aspectos en los que piensas que se podría trabajar de cara a ofrecer una mejor solución que la propuesta y/o ampliar la solución.

5.1 Conclusiones

5.2 Trabajo futuro