



PROGRAMA DE ASIGNATURA

Nombre del curso o actividad	ELECTIVO: CONTROL DE ROBOTS INDUSTRIALES
Nombre del programa	Doctorado en Ciencias de la Ingeniería mención Automática
Descripción	<i>Código: 12503 / 12504 / 12506, Nivel: 2 o 3, Créditos SCT-Chile: 10, Tipo: Electiva, Res. Plan de Estudios: Resolución N°3618 del 15/07/25.</i> Profundizar en el diseño, análisis y síntesis de sistemas de control avanzados para robots manipuladores industriales, abordando técnicas de control lineal y no lineal, control adaptativo, robusto e inteligente, con énfasis en la implementación práctica y validación experimental mediante simulación computacional, considerando criterios de desempeño, robustez y eficiencia energética en aplicaciones industriales modernas.
Objetivos	Objetivo general: Desarrollar competencias avanzadas en el diseño, implementación y análisis de sistemas de control para robots industriales, integrando teoría de control moderna con técnicas de control no lineal, adaptativo y robusto, para garantizar desempeño óptimo en aplicaciones de automatización industrial. Objetivos específicos: • Analizar las propiedades estructurales del modelo dinámico de robots manipuladores para el diseño de controladores. • Diseñar controladores basados en el modelo: control por torque calculado, control de modo deslizante y control de pasividad. • Implementar estrategias de control adaptativo para compensar incertidumbre paramétrica y perturbaciones externas. • Sintetizar controladores robustos H-infinito y Control Predictivo basado en Modelo (MPC) para robots manipuladores. • Aplicar técnicas de control inteligente (redes neuronales, lógica difusa) para mejorar el desempeño de sistemas robóticos. • Evaluar el desempeño de los controladores mediante análisis de estabilidad, convergencia y robustez, validando resultados por simulación.
Contenidos	Unidad 1: Fundamentos de Control de Robots • Repaso de modelado dinámico: formulaciones de Lagrange y Newton-Euler. • Propiedades estructurales del modelo dinámico: simetría, acotamiento, pasividad. • Formulación del problema de control de posición y seguimiento de trayectorias. • Conceptos de estabilidad y teoría de Lyapunov. Unidad 2: Control Basado en el Modelo • Control por torque calculado (<i>Computed Torque Control</i>). • Control de modo deslizante (<i>Sliding Mode Control</i>). • Control basado en pasividad. • Análisis de estabilidad mediante funciones de Lyapunov. • Efectos de incertidumbres paramétricas y perturbaciones externas. Unidad 3: Control Adaptativo de Robots



	• Formulación del problema de control adaptativo. • Control Adaptativo basado en Modelo de Referencia (MRAC). • Leyes de adaptación: gradiente, Lyapunov, pasividad. • Control adaptativo robusto y modificaciones para mejorar convergencia. • Implementación y ajuste de parámetros. Unidad 4: Control Robusto de Robots • Conceptos de robustez y rechazo a perturbaciones. • Control H-infinito aplicado a robots manipuladores. • Control por modos deslizantes de orden superior. • Control Predictivo basado en Modelo (MPC) para robots. • Análisis de desempeño y <i>trade-offs</i> en diseño de controladores. Unidad 5: Control Inteligente de Robots • Control mediante redes neuronales artificiales. • Control difuso (<i>Fuzzy Logic Control</i>). • Sistemas neuro-difusos híbridos. • Aprendizaje por refuerzo aplicado al control de robots. • Implementación y entrenamiento de controladores inteligentes. Unidad 6: Tópicos Avanzados y Aplicaciones • Control de fuerza e impedancia. • Control de robots redundantes. • Control cooperativo de múltiples robots. • Aplicaciones industriales: ensamblaje, soldadura, manipulación. • Casos de estudio y análisis de implementaciones reales.
Modalidad de evaluación	Estrategias Metodológicas: • Clases expositivas: Teoría de control no lineal, adaptativo y robusto para robots manipuladores. • Análisis de estabilidad: Aplicación de teoría de Lyapunov y análisis de pasividad. • Laboratorios computacionales: Implementación de controladores en MATLAB/Simulink. • Proyectos de diseño: Síntesis de controladores adaptativos y robustos para aplicaciones específicas. • Seminarios técnicos: Análisis de artículos científicos sobre control avanzado de robots. • Trabajo autónomo: Estudio de teoría de control, desarrollo de proyectos y preparación de presentaciones. Evaluación: • Tareas de diseño de controladores: Diseño y análisis teórico de controladores no lineales con demostración de estabilidad. Evalúa rigor matemático y correctitud de las demostraciones. • Proyecto de implementación: Desarrollo completo de un sistema de control avanzado: diseño, análisis de estabilidad, implementación computacional, validación mediante simulación y análisis comparativo con otros controladores. • Presentación y defensa técnica: Exposición del proyecto con demostración de resultados, análisis crítico del desempeño y respuesta a cuestionamientos técnicos.



Resultados de aprendizajes esperados	Resultado de Aprendizaje General: Al finalizar el curso, el(la) estudiante será capaz de diseñar, implementar y analizar sistemas de control avanzados para robots manipuladores, aplicando teoría de control no lineal, adaptativo y robusto, demostrando competencia en la síntesis de controladores con garantías de estabilidad y desempeño óptimo para aplicaciones industriales complejas. Resultados de Aprendizaje Específicos: • Analizar las propiedades estructurales del modelo dinámico de robots (simetría, acotamiento, pasividad) y explotarlas para el diseño de controladores no lineales. • Diseñar e implementar controladores basados en modelo (torque calculado, modo deslizante, pasividad) con garantía de estabilidad mediante teoría de Lyapunov. • Sintetizar leyes de control adaptativo (MRAC, pasividad) para compensar incertidumbres paramétricas y variaciones dinámicas del sistema. • Implementar técnicas de control robusto (H-infinito, modo deslizante de orden superior, MPC) para garantizar desempeño ante perturbaciones y errores de modelado. • Aplicar algoritmos de control inteligente (redes neuronales, lógica difusa, aprendizaje por refuerzo) para mejorar el desempeño en tareas complejas. • Validar el desempeño de controladores mediante simulación computacional, realizando análisis comparativo de estabilidad, convergencia, robustez y eficiencia energética.
Bibliografía	Básica: • F. L. Lewis, D. M. Dawson, and C. T. Abdallah, <i>Robot Manipulator Control: Theory and Practice</i>, 2nd ed. New York, NY, USA: Marcel Dekker, 2003. • R. Kelly, V. Santibáñez, and A. Loría, <i>Control of Robot Manipulators in Joint Space</i>. London, U.K.: Springer, 2005. • B. Siciliano, L. Sciavicco, L. Villani, and G. Oriolo, <i>Robotics: Modelling, Planning and Control</i>. London, U.K.: Springer, 2010. • M. W. Spong, S. Hutchinson, and M. Vidyasagar, <i>Robot Modeling and Control</i>, 2nd ed. Hoboken, NJ, USA: Wiley, 2020. • Artículos científicos relacionados con el tema de tesis del(de la) estudiante. Recomendada: • J.-J. E. Slotine and W. Li, <i>Applied Nonlinear Control</i>. Upper Saddle River, NJ, USA: Prentice Hall, 1991. • E. F. Camacho and C. Bordons, <i>Model Predictive Control</i>, 2nd ed. London, U.K.: Springer, 2007. • P. A. Ioannou and J. Sun, <i>Robust Adaptive Control</i>. Mineola, NY, USA: Dover Publications, 2012. • H. K. Khalil, <i>Nonlinear Control</i>. Upper Saddle River, NJ, USA: Pearson, 2015. • V. Utkin, J. Guldner, and J. Shi, <i>Sliding Mode Control in Electro-Mechanical Systems</i>, 2nd ed. Boca Raton, FL, USA: CRC Press, 2017.