

# Resumen

La presente tesis doctoral esta enfocada a proveer estrategias de control que permitan la manipulación de partículas mediante un dispositivo que utiliza un rayo láser altamente enfocado denominado Pinza Óptica (PO). Las estrategias están fundamentadas en la aplicación de la teoría de control.

Con base en el hecho de que la pinza óptica constituye un sistema plano, con salidas planas dadas por la posición horizontal y vertical de las coordenadas del centro geométrico del rayo láser, una estrategia de control basada en platitudez para la manipulación de una partícula es presentada. La estrategia de control se deriva bajo el supuesto de que la partícula está suspendida en un medio sin fricción, obteniendo un controlador mediante un análisis de estabilidad relativamente simple. La estrategia de control es comprobada mediante el seguimiento de una trayectoria en línea recta, una curva elíptica, y llevar a cabo la tarea de manipulación desde una posición en reposo hasta otra posición en reposo a través el uso de una trayectoria suave.

También solucionamos el problema de posicionamiento de una partícula esférica atrapada por una pinza óptica, bajo la suposición de que la fuerza de arrastre viscosa esta presente. Para ello, desarrollamos dos estrategias de control para la manipulación de este tipo de trampa óptica. La primera estrategia de control se desarrolla suponiendo que el coeficiente de amortiguamiento es conocido, mientras que en la segunda estrategia el valor de este parámetro sólo se conoce parcialmente, que en la práctica es más realista debido a la dificultad para su estimación. Ambas estrategias están basadas en el tradicional método de Lyapunov en conjunción con el uso de una función de saturación. El análisis de estabilidad de ambas estrategias se llevó a cabo utilizando la teoría de estabilidad de Lyapunov. Las simulaciones numéricas validan la eficiencia de ambas estrategias de control en la reducción de las fluctuaciones de posición aleatorias producidas por el ruido térmico inherente.

# Abstract

The present thesis is focused on providing control strategies that allow manipulation of particles using a device that uses a highly focused laser beam called Optical Tweezers (OT). The strategies are based on the application of control theory.

Based on the fact that optical tweezers constitute a flat system, with flat outputs given by the horizontal and vertical position coordinates of the geometric centre of the laser beam, a flatness-based control strategy for the manipulation of a particle is presented. The control strategy is derived under the assumption that the particle is suspended in a frictionless medium, obtaining a controller with a relatively simple stability analysis. The control strategy is tested by tracking a straight line, an elliptic curve, and carrying out the rest-to-rest transfer maneuver task by using a smooth trajectory.

We also solve the positioning problem of a spherical particle trapped by Optical Tweezers, under the assumption that the drag viscous force is presented. To do it, we develop two control strategies for the manipulation of this kind of optical trap. The first control strategy is developed assuming that the damping coefficient is known, while in the second strategy this parameter value is only partially known, which in practice it is more realistic due to the difficulty to estimate it. Both strategies are based on the traditional Lyapunov method in conjunction with the use of a saturation function. The stability analysis of both strategies was carried out by using the standard Lyapunov stability theory. Numerical simulations validate the efficiency of both control approaches in reducing the random position fluctuations produced by the inherent thermal noise.