

## Modelado matemático de un manipulador cartesiano ensamblador de imanes en modelos dentales impresos en 3D

### Mathematical modeling of an assembly magnet parts Cartesian manipulator in 3D printed dental models

Gerardo Esteban Santiago Lopez<sup>1</sup>, Guillermo Urriolagoitia Sosa<sup>1</sup>, Beatriz Romero Ángeles<sup>1</sup>, María de la luz Suárez Hernández<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Instituto Politécnico Nacional

#### Resumen

Actualmente existe una creciente tendencia a automatizar numerosas tareas que son cotidianas y repetitivas en una gran y variada cantidad de industrias. Desde la década de 1960 se han utilizado manipuladores robóticos en la industria automotriz, pero no es hasta ahora que ese uso se ha extendido más allá de la industria manufacturera (Oppenheimer, 2021). Dependiendo de la necesidad de producción, y de la naturaleza de cada empresa, se pueden aplicar metodologías para automatizar el proceso de fabricación mediante manipuladores robóticos. Hoy en día en la industria odontológica existen modelos dentales fabricados mediante tecnología CAD-CAM o impresos en 3D que se obtienen a partir de escaneos laser intra orales, esenciales para realizar diferentes diagnósticos en los pacientes (Schmidt, 2012). Empresas como CEDIRAMA DIGITAL S.C. realizan la impresión de estos modelos en 3D, además de su ensamble de manera manual, sin embargo, entre el año 2019 y 2020 la demanda de modelos dentales solicitadas por laboratorios odontológicos creció en un 122%, por lo que fue necesario desarrollar un proyecto que agilizará el armado de estos modelos. La elección correcta de la configuración del manipulador robótico para realizar una determinada tarea es el primer paso para automatizar de manera eficiente un trabajo. Una de las muchas maneras es analizar las trayectorias que el manipulador debe seguir para realizar el proceso de producción eficiente y rápidamente, con el menor número de movimientos posibles. La propuesta de este trabajo de investigación tiene por objetivo estandarizar una metodología que permita plantear las ecuaciones matemáticas que delimitan la cinemática directa e inversa del manipulador cartesiano que se diseñó para cubrir esta necesidad. Mediante matrices de transformación homogénea es posible determinar la posición y orientación del efector final (Ollero, 2001) que realiza las operaciones de ensamble de imanes en los modelos dentales impresos en 3D para su construcción. En consecuencia, se describirá la dinámica inversa del manipulador, que mediante las ecuaciones de Euler-Lagrange (Spong et al., 2004), detallan las fuerzas requeridas en las articulaciones según las trayectorias que se necesite seguir para efectuar el proceso de automatización de manera flexible. Obteniéndose con la investigación.

**Palabras clave:** Manipuladores robóticos, cinemática, dinámica, modelos dentales.

#### Abstract

Nowadays there is a growing disposition to automate repetitive and daily numerous task at a large and varied number of industries. Robotic manipulators have been used at automotive industry since the 1960s, in addition now these days their use has spread beyond the manufacturing industry (Oppenheimer, 2021). Depending on production requirements, and in the character of each company, methodologies to automate the manufacturing process using robotic manipulators can be applied. Today industries like dental industry there are dental models manufactured by CAD-CAM or 3D printing technology, essential for various diagnoses in patients, and that are obtained from intraoral laser scans (Schmidt, 2012). Companies like CEDIRAMA DIGITAL S.C. makes the work printing, in addition to the assembly of these 3D printed dental models by handwork, nevertheless, between 2019 and 2020 the requirement of dental models requested by dental laboratories grew by 122%, therefore it was necessary to speed up the fabrication of these models by developing a project. Make a correct choose robotic manipulator configuration is the first step to carrying out a certain task in efficiently automating job. One of the different ways is analyze how the manipulator can complete trajectories to perform the production process efficiently and quickly, whit the least number of possible

## LIBRO DE RESÚMENES

movements. The objective of this research work is standardizing a methodology that help to build analytical mathematics models that define the direct and inverse kinematics of a designed cartesian robot, which can address this job. It is possible to describe position and orientation of the end effector of the robot that carry out the needed magnet assembly operations on 3D printed dental models by homogeneous transformation matrices (Ollero, 2001). Consequently, the inverse dynamics of the robotic manipulator will be described to obtain the needed forces at the joints by Euler-Lagrange equations (Spong et al., 2004), in according to carry out trajectories that perform the automation process in a flexible way. Reaching about with the investigation.

**Keywords:** Robotic manipulators, kinematics, dynamic, dental models.

### Referencias Bibliográficas:

- [1] Ollero Baturone, A. (2001). *ROBÓTICA Manipuladores y robots móviles*. Barcelona (España): Alfaomega Grupo Editor.
- [2] Oppenheimer, A. (2021). *¡Sálvese quien pueda! El futuro del trabajo en la era de la automatización*. Ciudad de México: Penguin Random House Grupo Editorial.
- [3] Schmidt, F. (2012). La innovación en Odontología. *Gaceta Dental*. <https://gacetadental.com/2012/08/la-innovacion-en-odontologia-3635/>
- [4] Spong, M. W., Hutchinson, S., & Vidyasagar, M. (2004). *Robot Dynamics and Control*. [https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwj79K\\_xu6f7AhVCMEQIH8NDR8QFnoECBsQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.kramirez.net%2FRobotica%2FTareas%2FKinematics.pdf&usg=AOvVaw0VgltDOakipz7VdoANXaLh](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwj79K_xu6f7AhVCMEQIH8NDR8QFnoECBsQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.kramirez.net%2FRobotica%2FTareas%2FKinematics.pdf&usg=AOvVaw0VgltDOakipz7VdoANXaLh).

### Email:

<sup>1</sup>[gsantiago11301@alumno.ipn.mx](mailto:gsantiago11301@alumno.ipn.mx)

<sup>2</sup>[guiurri@gmail.com](mailto:guiurri@gmail.com)

<sup>3</sup>[romerobeatriz97@hotmail.com](mailto:romerobeatriz97@hotmail.com)

<sup>4</sup>[luzsuarez398@gmail.com](mailto:luzsuarez398@gmail.com)