



Universidad Veracruzana

Universidad Veracruzana

Facultad de Ingeniería de la construcción y el habitat

TESIS:

**Diseño y construcción de un brazo robótico
colaborativo para sistemas de manufactura
flexible**

Presenta Ángel Ernesto Trujillo Elizondo, para obtener el
grado de Maestría en Ingeniería Aplicada

Asesor:

José Alejandro Vasquez Santacruz

Índice general

Agradecimientos	5
Resumen	6
Abstract	7
1. Introducción	8
1.1. Objetivos	8
1.2. Justificación	8
1.3. Hipótesis	9
2. Marco teórico	10
2.1. Brazos robóticos	10
2.2. Robótica colaborativa	10
2.3. Sistemas de manufactura flexible	10
2.4. Ingeniería de sistemas basado en modelos	10
3. MBSE	11
3.1. Diagrama de requerimientos	11
4. Modelo matemático	13
4.1. Modelo cinemático directo	13
4.1.1. Matriz de transformación homogénea	13
4.1.2. Convención de Denavit-Hartenberg	15
4.2. Modelo cinemático inverso	15
4.3. Modelo dinámico	15
4.3.1. Formulación Lagrangiana	15
4.3.2. Formulación Newton-Euler	15

Bibliografía	16
Anexos	17
Anexo 1. Código MATLAB	17

Índice de figuras

3.1. Diagrama de requerimientos	12
4.1. Cadena cinemática ¿free body diagram?	14

Índice de cuadros

4.1. Parámetros Denavit Hartenberg	15
--	----

Agradecimientos

Agradezco al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el apoyo económico recibido durante la realización de este posgrado.

Agradezco profundamente a mi asesor, el Dr. José Alejandro Vásquez Santacruz por su apoyo y paciencia durante la realización de esta investigación.

Resumen

Aquí va un resumen, pero cuando acabe.

Abstract

Here goes an abstract, but i'll do it when I finish.

Capítulo 1

Introducción

Aquí empieza el viaje

1.1. Objetivos

El objetivo general de esta investigación consiste en diseñar y construir un brazo robótico de seis grados de libertad para sistemas de manufactura flexible.

Los objetivos específicos se mencionan a continuación:

- Desarrollar el modelo matemático cinemático y dinámico de un brazo robótico de seis grados de libertad.
- Construir un brazo robótico de coste accesible y fácil fabricación, así como compartir su diseño y componentes con una licencia de código abierto.
- Optimizar el modelado de piezas para su correcta manufactura con máquinas de manufactura aditiva.
- Desarrollar ¿utilizar? una metodología apegada a la ingeniería de sistemas basadas en modelos.

1.2. Justificación

El desarrollo de un brazo robótico de seis grados de libertad para sistemas de manufactura flexible que se pretende realizar es relevante en diversos

ámbitos del conocimiento.

Por último, al estar pensado como un desarrollo de código abierto, contribuirá al acervo tecnológico de la humanidad y podrá ser copiado, modificado y mejorado alrededor del mundo.

1.3. Hipótesis

Capítulo 2

Marco teórico

2.1. Brazos robóticos

De acuerdo con Spong et al. [1, p. 1], la mayoría de las aplicaciones en el campo de la robótica se centran en brazos robóticos industriales que operan en fabricas con entornos estructurados, es por esto su gran importancia.

Un brazo robótico está compuesto de eslabones conectados por articulaciones para formar una cadena cinemática.

2.2. Robótica colaborativa

2.3. Sistemas de manufactura flexible

2.4. Ingeniería de sistemas basado en modelos

Capítulo 3

MBSE

3.1. Diagrama de requerimientos

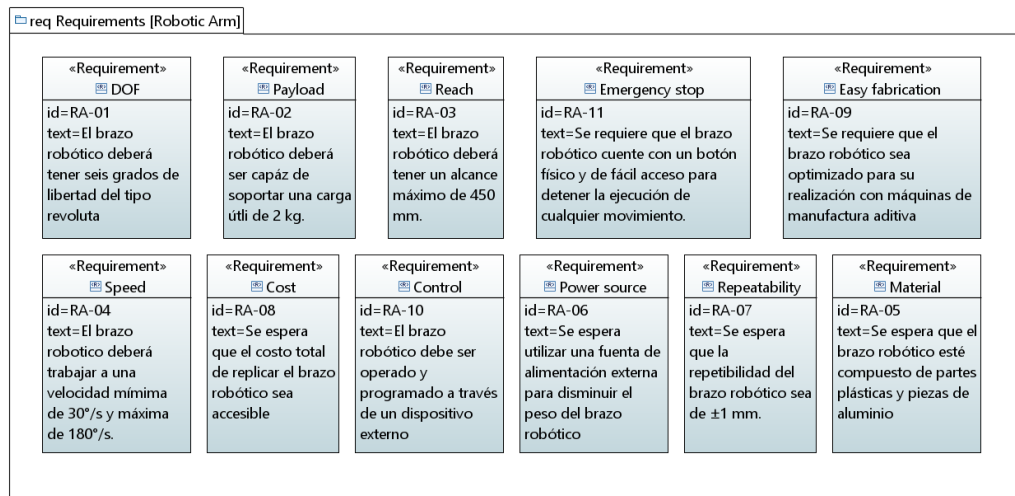


Figura 3.1: Diagrama de requerimientos

Capítulo 4

Modelo matemático

4.1. Modelo cinemático directo

4.1.1. Matriz de transformación homogénea

$${}^1_0T = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & a_x \\ 0 & \cos \theta_1 & -\sin \theta_1 & a_y \\ 0 & \sin \theta_1 & \cos \theta_1 & a_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$${}^2_1T = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & b_x \\ 0 & 1 & 0 & b_y \\ 0 & 0 & 1 & b_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$${}^3_2T = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & c_x \\ 0 & 1 & 0 & c_y \\ 0 & 0 & 1 & c_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$${}^4_3T = \begin{bmatrix} \cos \theta_4 & 0 & \sin \theta_4 & d_x \\ 0 & 1 & 0 & d_y \\ -\sin \theta_4 & 0 & \cos \theta_4 & d_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

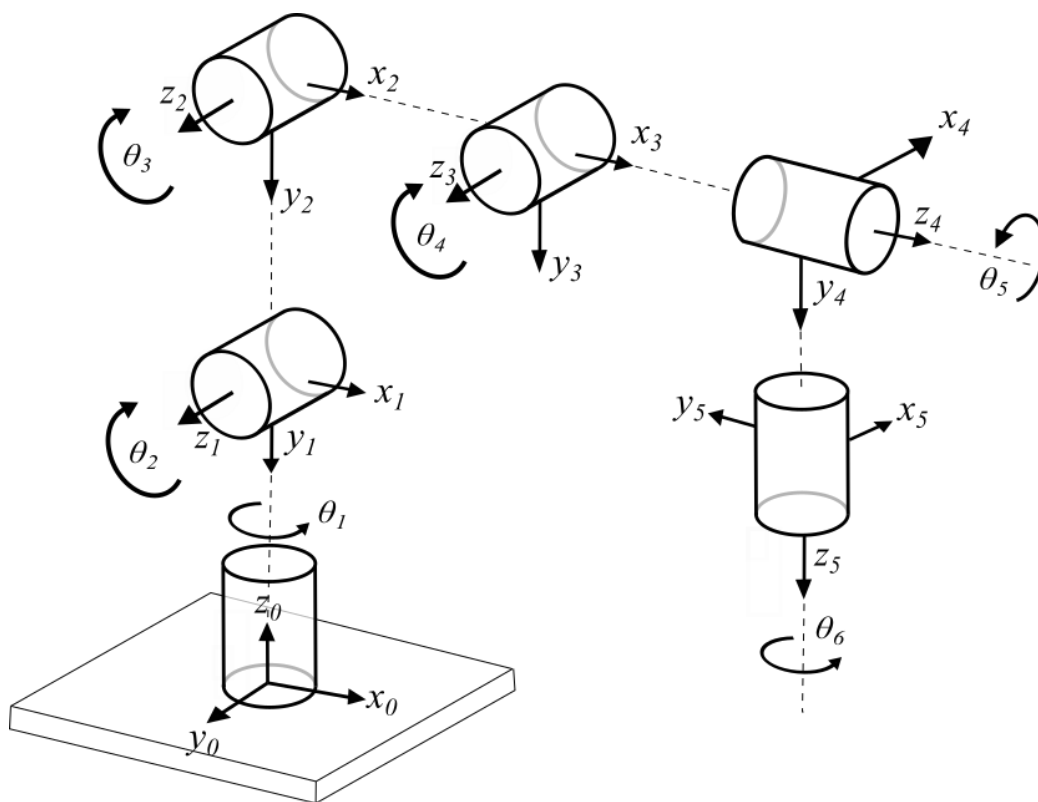


Figura 4.1: Cadena cinemática ¿free body diagram?

$${}^5_4T = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & e_x \\ 0 & \cos \theta_5 & -\sin \theta_5 & e_y \\ 0 & \sin \theta_5 & \cos \theta_5 & e_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$${}^5_0T = {}^1_0T {}^2_1T {}^3_2T {}^4_3T {}^5_4T$$

4.1.2. Convención de Denavit-Hartenberg

Cuadro 4.1: Parámetros Denavit Hartenberg

	θ [rad]	a [m]	d [m]	α [rad]
Articulación 1	0	0	0.1519	$\frac{\pi}{2}$
Articulación 2	0	-0.24365	0	0
Articulación 3	0	-0.21325	0	0
Articulación 4	0	0	0.11235	$\frac{\pi}{2}$
Articulación 5	0	0	0.08535	$-\frac{\pi}{2}$
Articulación 6	0	0	0.0819	0

4.2. Modelo cinemático inverso

No estoy seguro para que me servirá, si lo hará el software. MoveIt o MATLAB.

4.3. Modelo dinámico

4.3.1. Formulación Lagrangiana

4.3.2. Formulación Newton-Euler

Bibliografía

- [1] M. W. Spong, S. Hutchinson, and M. Vidyasagar, *Robot Modeling and Control*. WILEY, 2005.
- [2] H. Shivanand, *Flexible Manufacturing System*. New Age International Publisher, 2006.

Anexos

Anexo 1. Un anexo bien chido