

# Diseño Mecatrónico de un Robot Omni-direccional de Nueve Grados de Libertad

Romero Torres Rubén<sup>1</sup>, Gorrostieta Hurtado Efrén<sup>2</sup>,  
Ramos Arreguin Juan Manuel<sup>2</sup>, Pedraza Ortega Carlos<sup>2</sup>,  
González Gutiérrez Carlos Alberto<sup>1</sup>, González Aguirre Marco Antonio<sup>1</sup>,  
Villaseñor Carrillo Ubaldo Giovanni<sup>1</sup>, Collazo Cuevas José Iván<sup>1</sup>.

Universidad del Valle de México (UVM) Campus Querétaro, Blvd. Villas del Mesón #1000, Colonia Juriquilla,  
Querétaro, México<sup>1</sup>  
Facultad de informática de la Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ), Av. De las Ciencias s/n,  
Querétaro, Mexico<sup>2</sup>

## Resumen

*El trabajo presente describe la realización de un robot omnidireccional desde la etapa de diseño considerando los requerimientos necesarios. Mientras se avanza en el desarrollo del proyecto se dividieron las etapas de su creación en una parte mecánica, la parte electrónica y el ensamblaje final. La finalidad del proyecto es enriquecer los conocimientos que se tienen en las áreas de robótica, electrónica y mecánica buscando con esto, poder mejorar el prototipo del robot presentado mientras se avanza en distintas áreas de conocimiento que permitan la adaptación que le de un grado mayor de autonomía al robot.*

## 1. Introducción

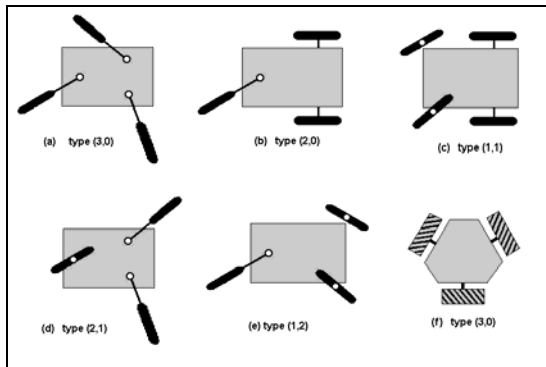
La evolución de la mecatrónica a lo largo de los años lleva a pensar en como inicialmente fue definida esta palabra. La compañía eléctrica Yasakawa compone a esta palabra de dos áreas “meca o mecha” de mecánica y “trónica o tronic” de electrónica, es decir la mecatrónica se puede ver como la unión de ambas partes en la creación de un producto. Otra definición más actual marca a la mecatrónica como no solo la unión entre la mecánica y la electrónica, y es más que un sistema de control; es decir, la mecatrónica es la completa integración de todas estas áreas [1].

El diseño o creación de un robot de cualquier tipo cae dentro la mecatrónica, ya que esta comprende a grandes rasgos las diversas áreas necesarias para la creación del mismo, iniciando con la intención de satisfacer una necesidad o un

problema, a partir de esto, se genera una lista de requerimientos para satisfacer la necesidad del cliente, pasando esta etapa se tienen las bases para empezar a diseñar el robot, seleccionar materiales, forma, tamaño, software, hardware y demás componentes que podrían ser necesarios en su fabricación, con esto se puede pasar a la creación del robot, la cual incluye otras etapas, como el diseño mecánico, su fabricación, diseño electrónico, su elaboración, la integración de ambas partes, primeras pruebas, etapa de control y resultados.

Dos tipos de robots comúnmente creados son los manipuladores y robots móviles, cada uno con sus cualidades y defectos, donde debemos de seleccionar el que se adapte más a nuestras necesidades. En el caso de este proyecto se decidió por la creación de un robot de tipo móvil, con la cualidad de ser un robot omni-direccional, la diferencia entre estos radica en su grado de movilidad y su grado de direccionabilidad, el primero puede ser definido como la libertad que tiene un robot en movimiento, mientras que el grado de direccionabilidad, se refiere a las ruedas direccionables del robot que permiten dirigir al robot, en la figura N° 1 se puede apreciar diferentes tipos de robots móviles y su grado de movilidad contra su grado de direccionabilidad siendo la última imagen un tipo de robot omni-direccional, el cual tiene un mayor grado de movilidad, pero un valor nulo de direccionabilidad lo cual nos habla de un robot con una amplia libertad de movimiento, pero sin poder direccionar sus llantas, un robot de esta forma puede trabajar en zonas de espacios reducidos donde maniobrar para dar la vuelta para cambiar de dirección no es una opción así su forma le permite ir en una trayectoria u otra con tan solo invertir la polaridad de giro de sus ruedas, siendo una de sus mayores debilidades el no poder

seguir una dirección recta constante, ya que por su estructura puede tener una pequeña desviación, la cual se vuelve una ventaja en un robot con un mayor grado de direccionabilidad de sus ruedas.



**Fig. 1. Grado de movilidad contra grado de direccionabilidad**

En relación a lo mencionado anteriormente el robot presentado en el artículo intenta tomar lo mejor de ambas áreas tratado de ser un robot con un mayor grado de movilidad a la vez que se tenga una mayor direccionabilidad.

## 2. Desarrollo

El objetivo del proyecto es generar un robot omnidireccional que pueda reconfigurarse para moverse en diferentes áreas de trabajo, en los cuales se pueda desarrollar y acoplar para su mejor funcionamiento, usando como base la forma y estructura en [2], con la finalidad de usar este robot, para ampliar el conocimiento en las diversas áreas de la mecatrónica, en la elaboración de artículos y también darle uso en el área de la enseñanza para reforzar los conocimientos en robótica.

### 2.1 Requerimientos

Dentro del proyecto se marcaron las restricciones en cuanto al área de trabajo en que este robot iba a operar siendo estas:

- El robot se mueve sobre una superficie plana.
- No existen elementos flexibles en la estructura del robot (incluidas las ruedas).
- Las ruedas poseen uno o ningún eje de direccionamiento, de manera que este último siempre es perpendicular al suelo.
- No se consideran ningún tipo de fricciones en elementos móviles del vehículo, o contra el suelo.

Estas restricciones también pueden ser usadas en la generación de los modelos matemáticos del robot.

A la vez se busca que físicamente sea un robot pequeño y liviano. Los motores a usar fueron moto reductores, con engranes de plástico y un torque de 4.2 KgF\*cm, siendo estos los disponibles para usar, aunque se considere su cambio en un futuro por otros.

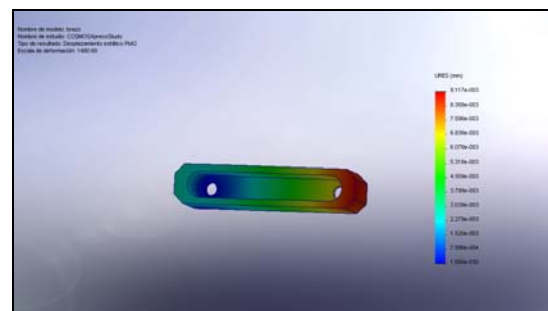
La selección de microcontrolador a usar fue dejada a nuestras posibilidades siendo nuestra opción un PIC y considerando el número de motores a usar en este proyecto se busco que el PIC tuviera el número suficiente de entradas y salidas para el manejo de los nueve motores.

### 2.2 Diseño Mecánico

El diseño mecánico se realizo en el software de Solidworks buscando generar con este una proyección del robot a realizar, además de especificar el tamaño de cada parte del mismo generando los planos para su construcción buscando así, tratar de mitigar las dudas que pueden quedar a la hora de estar fabricando las piezas.

A su vez el diseño mecánico permite hacer un análisis de cada pieza para estudiar que tanto peso puede resistir cada una de estas y posibles puntos de fractura, esto forma parte de lo que el software de Solidworks nos permite hacer con el.

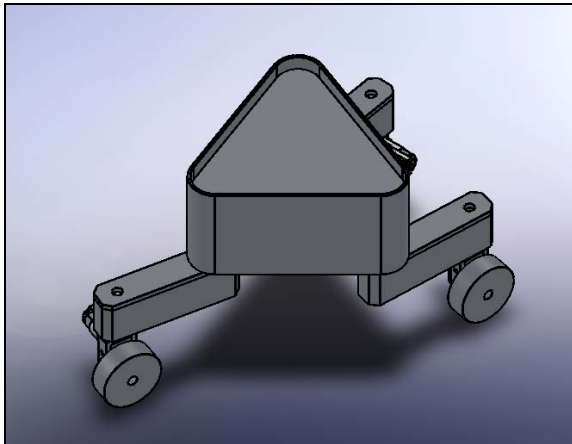
Así se puede observar en la figura N° 2 un estudio de uno de los brazos del robot el cual al someterse a una fuerza de 20 Newtons puede presentar una deformación en el lado derecho de la pieza de hasta 9.117e-3 mm, a pesar de ser un valor pequeño, esta zona fue reforzada debido a que soporta el mayor peso del robot.



**Fig. 2. Desplazamiento de deformación del brazo con carga de 20 N**

Con la construcción completa del diseño mecánico se desarrollaron los planos y se empezó la

construcción de la misma parte en forma física en la figura N° 3 se puede ver el diseño final del robot.



**Fig. 3. Diseño de robot en Solidworks**

Como parte de los proyectos a futuro se iniciara el desarrollo de los modelos cinemático y dinámico del robot, donde la cinemática conforma el desarrollo de las ecuaciones para determinar la posición, velocidad y aceleración del robot, mientras que la dinámica esta compuesta por las ecuaciones que consideren el efecto de las masas inerciales de los componentes, así como la fricción y los pares de cada motor en cada grado de libertad. Ambos puntos formaran parte fundamental del desarrollo de la etapa de control del mismo, teniendo como ayuda a [3] se espera facilitar el desarrollo de las ecuaciones necesarias.

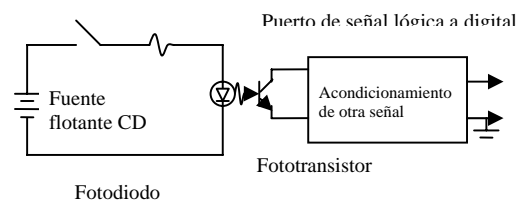
### 2.3 Diseño electrónico

En esta etapa se precisó establecer el tipo de microcontrolador a utilizar, habiéndose elegido el PIC como primera opción se busco uno apropiado con el suficiente numero de entradas y salidas, siendo la opción el PIC16F877A que cuenta con un numero suficiente de puertos además de dejar espacio para el establecimiento de futuros sensores para el control del robot.

Para el diseño de los circuitos electrónicos necesarios se utilizo el software Proteus que tiene la capacidad de realizar simulaciones que se usaron para probar el programa introducido en el PIC. Por otro lado permitió la elaboración del diseño de los circuitos a poner en las placas de cobre, facilitando el trabajo a realizar en esta etapa.

Dentro del diseño de los circuitos es importante buscar el acomodo correcto de los

materiales no olvidando también realizarlo en el menor espacio posible ya que esto dará al trabajo la posibilidad de ser un robot más pequeño. Dentro de los circuitos se podrían analizar en tres etapas, la primera el cerebro del robot en este caso el PIC, la segunda la etapa de potencia, creada a partir de opto-acopladores los cuales separan a nuestro PIC del resto de la circuitería dándole protección y evitando así caídas de voltaje, en la figura N° 4 se puede apreciar un esquema del opto, por ultimo una etapa para el control del giro de los motores, la cual se fabrico a partir de puentes h, que a su vez le den otro poco de poder a los motores.



**Fig. 4. Estructura de opto-acoplador**

En la figura N° 5 se puede apreciar la forma final del robot, en el desarrollo del mismo se pudieron encontrar algunos problemas que afectan directamente a la estructura necesaria, siendo por ejemplo que el uso de motores con flecha de plástico no permite que se tenga un buen agarre en las uniones entre el cople y el brazo del robot, precisando así el cambio de estos motores, por otros con engranaje y flecha de metal, que permita así fijar ambos puntos firmemente.



**Fig. 5. Robot omni-direccional**

## 3. Trabajos futuros

Como parte de los trabajos futuros a realizar se considera el cambio de motores, el cambio de

microcontrolador por uno de freescale buscando así empezar el estudio de otros tipos de microcontroladores y analizar la estructura necesaria para hacerlos funcionar y a su vez establecer la etapa de control que será introducida en el mismo, de igual manera buscar los sensores adecuados y necesarios para dar mayor autonomía al robot descrito.

#### 4. Conclusiones

Este proyecto se encuentra en su primera etapa de desarrollo siendo así que ha permitido analizar el trabajo a futuro necesario para darle autonomía al robot no dejando de lado la necesidad de crear y desarrollar sus modelos matemáticos que contribuyan al buen funcionamiento del mismo. Dentro del área de la mecatrónica se puede ver que este proyecto involucra diversas áreas que conforman a la misma y aun cuando no se han abarcado de manera completa todas permiten ir dándole una estructura a este proyecto que lo consolide en el futuro como un robot completo y analizado a partir del estudio de la mecatrónica.

#### 5. Referencias

- [1]. Bergren C. “*Anatomy of a robot*” McGraw-Hill, 2003.
- [2]. Pennacchio S. “*Emerging Technologies, Robotics and Control systems volume 2*” Ed. Internationalsar, Italia, 2007
- [3]. Muñoz G. y García A. “*Modelado cinemático y dinámico de un robot móvil omni-direccional*”
- [4]. Aníbal B. “*Robótica manipuladores y robots móviles*”
- [5]. Eduardo García Breijo “*Compilador C CCS y simulador PROTEUS para microcontroladores PIC*”
- [6]. Jae C., Byung-Ju Y., Whee K. “*The dynamic modeling and analysis for an Omni-directional mobile robot with three caster wheels*” Robotics and Automation, IEEE International Conference on Volume 1, pág. 521-527, 2003.
- [7]. Yong Liu, Xiaofei Wu, J Jim Zhu and Jae Lew, “*Omni-Directional Mobile Robot Controller Design by Trajectory Linearization*” American Control Conference, Proceedings of the 2003, IEEE, pág. 3423- 3428, 2003
- [8]. Robert L. Williams II, Carter B., Gallina P. and Rosati G. “*Dynamic Model with Slip for Wheeled Omni-Directional Robots*” Robotics and Automation, IEEE volume 18, pág. 285 – 293, 2002
- [9]. Carter B., Good M., Dorohoff M., Lew J., Williams II R, Gallina P. “*Mechanical Design*

*and Modeling of an Omni-directional RoboCup Player*”

- [10]. John Lovine “*PIC Robotics*” McGraw-Hill
- [11]. Song J., Byun K. “*Design and Control of an Omnidirectional Mobile Robot with Steerable Omnidirectional Wheels*”, Journal of robotic systems, Wiley InterScience, pág. 193-208, 2004.
- [12]. Rojas R. and Gloye A., “*Holonomic Control of a robot with an Omnidirectional drive*”.
- [13]. Tae Bum Park, Jae Hoon Lee , Byung-Ju Yi, Whee Kuk Kim, Bum Jae You, Sang-Rok Oh, “*Optimal Design and Actuator Sizing of Redundantly Actuated*” Journal of mechanical science and technology, SpringerLink, pág.265-275, 2008