

Diseño Mecatrónico de un Robot Móvil (Configuración Diferencial)

Villaseñor Carrillo Ubaldo Geovanni², Gorrostieta Hurtado Efrén¹, Pedraza Ortega Jesús Carlos¹, Ramos Arreguin Juan Manuel¹, Collazo Cuevas Jose Ivan², González Aguirre Marco Antonio², Romero Torres Ruben Alejandro² y Serrano Hernandez Carlos Juan Francisco²
ubaldoc_160588@hotmail.com; efrengorrostieta@gmail.com; caryoko@yahoo.com;
jmramosa@uaq.edu.mx; collazo013@hotmail.com; magax7669@hotmail.com;
rart_ruben@hotmail.com; rioga777@hotmail.com.

CIDIT-Facultad de Informática de la Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ), Av. de las Ciencias S/N, Querétaro, México, C.P. 76230, Tel 01 (442) 1 92 12 00¹. Universidad del Valle de México (UVM) Campus Querétaro, Boulevard Villas del Mesón Número 1000, Colonia Juriquilla, Querétaro, México, C.P. 76230, Tel 01 (442) 2 11 19 00².

Resumen

El presente trabajo tiene como objetivos el diseño, desarrollo y construcción de tres robots móviles los cuales serán utilizados para la interacción y el aprendizaje mutuo en un entorno, con ayuda de conceptos como redes neuronales, inteligencia artificial, y sistemas de control embebidos.

Para la creación de los robots se realizara un estudio previo sobre la configuración que tendrán, el diseño de los componentes de los mismos y los análisis fundamentales para la elección los elementos correctos.

Se llevara a cabo un estudio completo sobre los tipos de motores que existen, tamaños de las llantas y al finalizar el análisis podremos determinar la forma y tamaño que tendrá nuestra plataforma donde se colocaran todos los elementos de dichos robots.

Al finalizar la producción de los robots se someterán a diferentes tipos de pruebas para obtener los valores deseados como son: cantidad de corriente eléctrica de los motores, peso total del robot móvil, durabilidad de los materiales y resistencia de los mismos. Culminado lo anterior podremos llegar a la conclusión que los robots son óptimos o no para el trabajo que realizaran en un futuro.

Palabras clave: Robot Móvil, Configuración Diferencial, Diseño, Construcción y Sistema Mecánico.

1. Introducción

Los robots son máquinas dotadas de un sistema computacional que les permite percibir el entorno e interactuar con el mismo en función de un programa que le introducimos, y que podemos modificar según nuestras necesidades [1] [2].

En las últimas décadas del siglo pasado, se empiezan a introducir los robots en la industria como respuesta a la necesidad de automatizar los procesos de producción en línea, tales como los robots manipuladores; que son capaces de realizar tareas repetitivas a mayor velocidad y precisión que los seres humanos. Sin embargo, se tiene la ambición de automatizar tareas que requieren espacios de trabajo mucho más amplios y, por tanto, es necesario el desplazamiento del propio robot. Así, surgen los primeros vehículos automatizados y el inicio de la robótica móvil.

El campo de la robótica móvil actualmente se está convirtiendo en uno de los más interesantes en los últimos tiempos. La navegación autónoma ha sido, y es, un campo de investigación muy activo, con importantes avances que han permitido la integración de robots móviles en el ámbito industrial. Este ámbito presenta un campo de aplicaciones bastante amplio en la navegación de robots móviles autónomos para realizar diferentes tareas.

Sin embargo, se plantean muchos problemas que impiden que los robots móviles se introduzcan definitivamente en la industria. El primero consiste en saber en todo momento dónde se encuentra el robot

para así poder plantear sus trayectorias. El segundo problema reside en la naturaleza cambiante o desconocida del entorno en el que se mueve el robot. El tercer problema es el diseño adecuado del robot para el entorno en el que va a trabajar.

2. Metodología

La presente investigación pretende estudiar como objetivo general el diseño y construcción de tres robots móviles que serán utilizados para la interacción y el aprendizaje mutuo en un entorno de trabajo. Los objetivos fundamentales de la investigación son: El diseño de las plataformas y demás elementos mecánicos y la construcción de los robots móviles a partir de los planos obtenidos.

En la actualidad existen diversas técnicas de diseño y fabricación de robots móviles. ¿De que dependen dichas técnicas? Tamaño, Peso, Forma, etc. Estas técnicas se basan en el estudio de la configuración de los robots y en sus componentes, para ello es primordial tener una metodología de estudio perfectamente estudiada.

La metodología de investigación que se seguirá para el diseño de los robots móviles se muestra en la **Figura 1** es un proceso básico pero completo para nuestros propósitos.

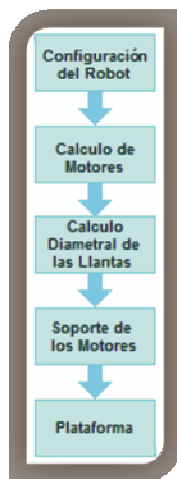


Fig. 1. Proceso Básico de Diseño.

La metodología anteriormente mostrada fue estudiada y aprobada, ya que cumplió con todos los elementos necesarios para la producción de los robots móviles. Una de las ventajas que se obtuvieron de esta metodología es que realiza los estudios

detallados de las principales partes de los robots móviles recordando que dichos robots serán utilizados en ambientes diversos de trabajo y en condiciones adversas, que son factores fundamentales en el estudio de esta investigación, ya que representan variables de trabajo para nuestros robots móviles.

3. Configuración del Robot

El primer paso que se da en la construcción de los robots móviles es la elección de su configuración, esto es, definir cómo estarán distribuidos los principales elementos que lo componen: ruedas, motores, encoders. La precisión de nuestro robot, dependerá en gran medida de la configuración que le demos sabiendo que nuestros robots tendrán la necesidad de desplazarse en un ambiente de trabajo y principalmente en terreno uniforme.

En relación a las ruedas, existen distintas configuraciones, típicamente utilizadas en robótica móvil [1] [2]: diferencial, triciclo, Ackerman, sincronizada, omnidireccional, con múltiples grados de libertad y movimiento mediante orugas.

3.1 Configuración Diferencial

La configuración diferencial se presenta como la más sencilla de todas. Consta de dos ruedas situadas diametralmente opuestas en un eje perpendicular a la dirección del robot [2]. Cada una de ellas irá dotada de un motor, de forma que los giros se realizan dándoles diferentes velocidades.

Con dos ruedas es imposible mantener la horizontal del robot. Se producen cabeceos al cambiar la dirección. Para solventar este problema, se colocan ruedas “locas”. Estas ruedas no llevan asociadas ningún motor, giran libremente según la velocidad de robot. Dependiendo de las necesidades, se pueden colocar una, dos o más ruedas “locas”.

Sin embargo, la presencia de más de tres apoyos en el robot (incluidas las dos ruedas de tracción), puede llevar a graves cálculos de odometría en terrenos irregulares, e incluso la pérdida de tracción total. Lo que involucraría que nuestros robots perdieran la ubicación actual que tienen sobre su ambiente de trabajo.

En la **Figura 2** se aprecia cómo la rueda de tracción pierde agarre, haciendo imposible el avance del robot.

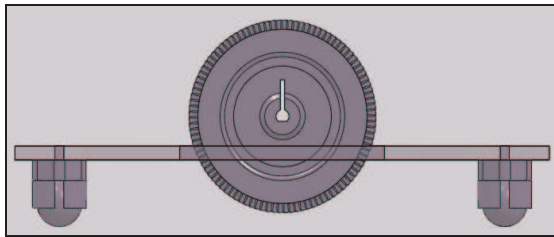


Fig. 2. Error en la Configuración.

Para empezar el diseño, partiremos de la configuración diferencial la cual se muestra en la **Figura 3** ya que para nuestro estudio es primordial que nuestros robots tengan la libertad de desplazarse en terreno uniforme, se puede apreciar que A y N son ruedas de tracción, que llevan acoplados cada una un motor. La distancia D dependerá del tamaño de los motores, y de cómo dispongamos éstos.

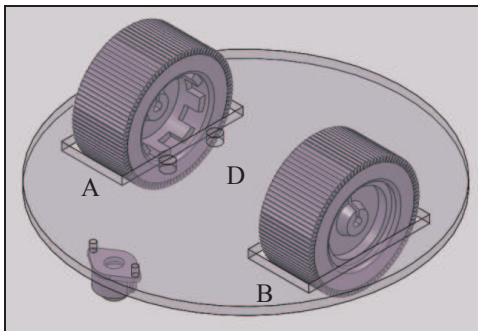


Fig. 3. Configuración Diferencial.

3.2 Calculo de Motores

Una vez seleccionada la configuración, se procederá a realizar un estudio para determinar los motores adecuados que se utilizaran los robots. ¿De qué dependerá dicho estudio?... Nuestros robots se enfocan a realizar desplazamientos e interacciones entre ellos mismos en su ambiente de trabajo, de este modo no deben de disponer de gran fuerza en los motores.

Teniendo las características de los robots en consideración el estudio lo enfocaremos a que nuestros robots tengan una velocidad moderada, que sean capaces de soportar su propio peso y que los motores tengan un considerable ahorro de energía.

Un motor de corriente continua se entiende como un convertidor de potencia eléctrica (P_{IV} de corriente I y tensión V) en potencia mecánica (P_{mec} de velocidad c y par M). Las pérdidas en el motor son debidas a tres efectos: pérdidas de fricción, pérdidas atribuibles a la potencia mecánica y pérdidas debidas

al efecto Joule (P_j) en las bobinas del motor (de resistencia R). Así, el balance de potencia se puede escribir mediante la ecuación:

$$P_{ei} = P_{mec} + P_j \quad (1)$$

Que se puede descomponer:

$$V \cdot I = \frac{\pi}{30000} n \cdot M + R \cdot I^2 \quad (2)$$

La disposición geométrica del circuito magnético de un motor y el bobinado del mismo definen cómo el motor convierte la potencia eléctrica de entrada en potencia mecánica como salida. En esta conversión se pueden definir dos parámetros fundamentales: constante de velocidad K_n y la constante de par K_M . La primera relaciona la fuerza electromotriz inducida en el motor con la velocidad de giro de éste:

$$n = k_n \cdot V_{ind} \quad (3)$$

La segunda relaciona el par mecánico con la corriente eléctrica:

$$M = k_M \cdot I \quad (4)$$

Esta relación indica que es equivalente hablar de modificación de la corriente que modificación del par del motor. A partir de todos estos datos enunciados, se puede proceder a la elección de los motores que se emplearán en el robot. Se decide utilizar motores de la marca Pololu. El procedimiento de selección se basará por tanto en una estimación del peso del robot y en las propiedades eléctricas que ofrezcan las baterías que se empleen, aplicando un margen de seguridad a los resultados obtenidos.

3.3 Calculo Diametral de las Llantas.

La altura que tendrán nuestros robots móviles dependerá de las características principales de nuestros robots que una de estas es que tendrán que realizar desplazamientos en terrenos uniformes para ello se van a utilizar ruedas de tracción de 4.2 cm como se muestran en la **Figura 4**. Es un parámetro que se puede elegir independiente de los motores.

Es interesante a la hora de calcular la odometría que las ruedas tengan un diámetro considerable, para que el error de cálculo sea el menor posible. Se elige para las ruedas el fabricante Pololu #1090 "Wheel 42x19mm". Se verifica que las ruedas seleccionadas sean capaces de soportar $\frac{1}{2}$ Kg

de peso en funcionamiento.

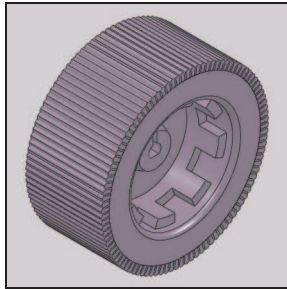


Fig. 4. Llantas de Caucho.

Teniendo en cuenta por tanto los siguientes parámetros:

- Peso del robot: 250 g. aprox.
- Diámetro de las ruedas 4.2 cm.
- Velocidad deseable del robot: 80 m/min.

Y con el catálogo de Pololu de motores y cajas de engranes en mano, se llega a la conclusión de que el motor disponible en el catálogo y más adecuado a los requerimientos del robot es el modelo #1101 “Micro Metal Gearmotor”. La caja reductora está basada en engranes con reducción 100:1 Esto confiere al robot una velocidad máxima de:

$$\frac{rpm. \cdot 2 \cdot \pi \cdot R}{reducción} = \frac{32000rpm. (2 \cdot \pi \cdot 0.042m)}{100} \quad (5)$$

$$\frac{32000rpm. (2 \cdot \pi \cdot 0.042m)}{100} = 84.44 \text{ m/min} \quad (6)$$

El modelado de cada uno de los motores se puede apreciar en la **Figura 5**.

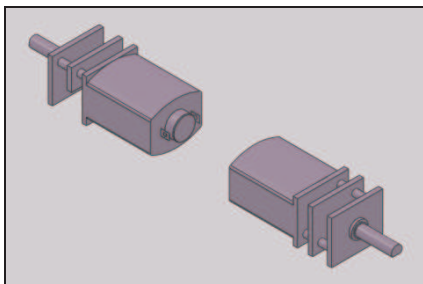


Fig. 5. Motores.

Además, se va acoplar al motor un encóder, para tener una vía de realimentación de la posición del motor. El encóder viene asignado por el fabricante para cada motor. Aunque normalmente se puede elegir entre varios modelos en este caso no hay elección posible. El modelo empleado es por tanto el #1217 “Encoder for Pololu Wheel 42x19mm” de dos canales, con 48 pulsos por vuelta. El modelado final de cada uno de los encoders se puede apreciar en la **Figura 6**.

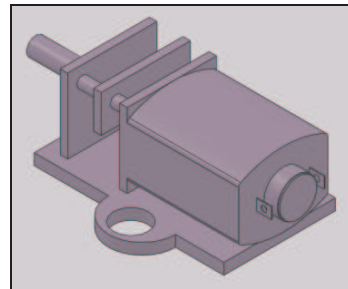


Fig. 6. Encoder del Motor.

3.4 Soporte de los Motores.

Los motores están directamente sujetos a la plataforma mediante un soporte. El soporte es distribuido por la empresa Pololu #1089 “Bracket Extended Pair” el cual cubre parte del motor y de la caja de engranes, dicho soporte es atornillo para asegurar la correcta postura por medio de dos tornillos pasados con sus respectivas rondanas y tuercas como se observa en la **Figura 7**.

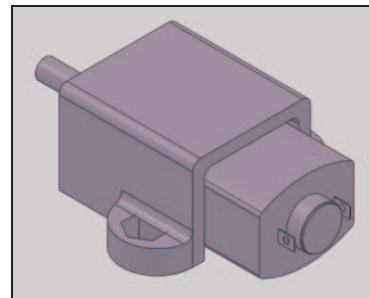


Fig. 7. Soportes del Motor.

Fijando el motor de esta forma, prácticamente está todo encima de la plataforma, con lo que no es susceptible de sufrir esfuerzos axiales, y partir por tanto el eje con el paso del tiempo.

Al describir la caja de engranes y la rueda se ah notado que el diámetro de los dos objetos es simétrico. Además, el eje y la llanta presentan un corte para evitar que se produzca deslizamiento en la

pieza acoplada al mismo. Por lo tanto, solo es cuestión de acoplar adecuadamente la caja de engranes con las llantas como se muestra en la **Figura 8**.

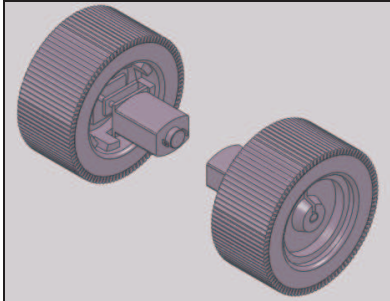


Fig. 8. Acoplamiento de los Motores.

3.5 Plataforma.

El último paso en la construcción del robot es diseñar una plataforma que sostenga a todos los elementos del mismo. Por medio de las hojas de datos de las piezas pudimos observar la distancia total del motor y la caja de engranes que es de 3.527 cm. El eje es considerado, ya que la rueda se encuentra fuera de la plataforma. Se multiplica esta distancia por dos ya que son dos los motores que se emplearán: 7.054 cm. En principio, se plantea una duda: ¿Esta anchura es considerable?; Se podría pensar colocar las llantas dentro de la plataforma para que la plataforma quede totalmente circular y al estar los robots interactuando entre si no tuvieran problemas de colisión.

Sin embargo, el robot debe albergar también una batería, y tres tarjetas de circuitería. De entrada, una tarjeta viene a tener una anchura de 10 cm, medida que no dista mucho de los 7.054 cm calculados para que las llantas queden fuera de la plataforma.

Además, hay que aplicar un coeficiente de seguridad, ya que, las tarjetas no deben quedar totalmente a la medida de la plataforma ya que pueden sufrir daños del mismo entorno donde trabaja el robot. Por tanto, analizando las posibles complicaciones se optó por que las llantas queden dentro de la plataforma para que sea totalmente circular y las tarjetas queden con un margen de seguridad más amplio para que no sufran daños.

Cuando se describió la configuración diferencial se señalaba una rueda loca en la parte delantera. El objetivo de esta rueda no es más que la de dar estabilidad al robot, ya que con sólo dos ruedas cabecearía al sufrir una aceleración en sentido contrario al del movimiento.

De esta manera y con todos los elementos obtenidos se optó que el ancho de la plataforma será de 12 cm para tener un margen de seguridad de un 1 cm por lado para las tarjetas del robot. Finalmente se obtuvo por medio del programa SolidWorks® la altura de la plataforma para que no sufra esfuerzos axiales y dicha simulación nos dio un resultado de 0.35 cm de grosor.

Ensamblando todos los elementos descritos, obtenemos el siguiente modelo mostrado en la **Figura 9** para la plataforma y los elementos de tracción del robot.

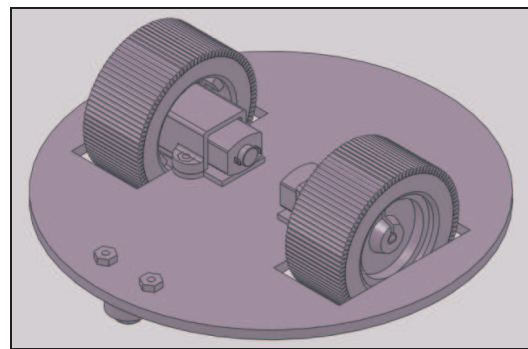


Fig. 9. Robot Móvil.

4. Análisis de resultados

La presente investigación ha desarrollado la construcción de tres robots móviles empleados para la interacción y el aprendizaje mutuo de su entorno, con el uso de la metodología propuesta pudimos integrar correctamente las fases implicadas en nuestra investigación. Pudimos apreciar que los diseños de los robots fueron económicamente bajos y su construcción no representa un grado muy alto de dificultad.

Los robots fueron construidos de acuerdo a las especificaciones de diseño una vez terminados de fabricar fueron sometidos a diferentes tipos de pruebas para obtener la eficiencia de los robots dando excelentes resultados.

La tabla 1 especifica algunos resultados obtenidos de las pruebas a las que fueron sometidos los robots móviles desarrollados.

Peso Total del Robot.	256 grs.
Dimensiones del Robot.	12x12x4.2 cm.

Velocidad Máxima.	84.44 m/min.
Corriente de los Motores.	320 mA.
Autonomía de Baterías.	5.45 hrs.

Tabla 1. Resultados.

5. Conclusiones

En este trabajo se presentó una metodología aplicada al diseño y construcción de tres robots móviles. El método empleado facilitó el desarrollo de una forma precisa y eficaz de dichos robots.

Por medio de diferentes sistemas de ecuaciones obtuvimos datos los cuales nos facilitaron el diseño ideal de nuestros robots móviles enfocados a las características primordiales, recalando que nuestros datos superaron nuestras expectativas con respecto a las variables de referencia.

Actualmente, a los robots desarrollados se les aplicaran varias pruebas para obtener mayores datos

mecánicos y eléctricos sobre sus ventajas y desventajas de los mismos, y se procederá a realizar correcciones para aumentar la eficiencia de nuestros robots.

El siguiente paso de dichos robots es desarrollar los sistemas electrónicos y de control por medio de Microcontroladores Freescale y desarrollar las redes neuronales que permitirán la interacción y el aprendizaje de los tres robots móviles en el medio donde se encuentren.

Referencias

- [1] Ollero Baturone, A. Robótica "*Manipuladores y Robots Móviles*", Sevilla. Ed. Marcombo. 2001.
- [2] Borenstein, J., Everett, H. R., Feng, L., "*Where am I? Sensors and Methods for Mobile Robot Positioning*" Ed. J. Borenstein. 1996.