

Diseño de un Brazo Robótico Autocontenido de 3 Grados de Libertad.

Díaz Rentería Jorge Manuel^{1,3}, Gabriel Sepúlveda Cervantes² y Ramón Silva Ortigoza².

¹IPN-Unidad Profesional Interdisciplinaria en Ingeniería y Tecnologías Avanzadas.

²IPN- Centro de Innovación y Desarrollo Tecnológico en Cómputo.

Resumen

En este artículo se describe el diseño un manipulador de 3 grados de libertad. Las cualidades principales que se plantean y que se establecen como necesarias en este trabajo permitirán que los dispositivos diseñados puedan ser modulares, para no solo experimentar con una sola combinación de base y brazo.

Se pretende que el trabajo aquí descrito sirva para cambiar los diseños clásicos de manipuladores robóticos y se estudien nuevas combinaciones de mecanismos y configuraciones capaces de economizar espacio y recursos.

Palabras clave: Manipulador, autocontenido, motor sinfín-corona, plegable.

1. Introducción

Los robots manipuladores son, esencialmente, brazos articulados. De forma más precisa un manipulador convencional es una cadena cinemática abierta formada por un conjunto de eslabones o elementos en cadena interrelacionados mediante articulaciones o pares cinemáticas [1].

El tamaño y potencia varían de modelo a modelo dependiendo la tarea a realizar y del ambiente en el que se desenvuelve, sin embargo, la mayoría de los diseños considera una base inercial fija, es decir, que se encuentra anclada a una superficie que le brinda estabilidad y firmeza, además permite una amplia variedad de configuraciones mecánicas tales que permitan liberar de peso a los eslabones, concentrándolo en la base. En el caso particular de los manipuladores angulares, la proporción más común de encontrar es la "antropomórfica", la cual supone

³Contacto: jmdr00@hotmail.com

que el primer eslabón es de mayor longitud que el segundo. Por muchos años ha sido, aunque sin ser regla, la base del diseño y construcción de la mayor parte de los brazos robóticos.

Las ventajas de esta configuración son varias, los pesos de los eslabones generalmente va disminuyendo hacia el efector final lo que da como resultado menor inercia al movimiento y por consiguiente actuadores más pequeños.

Tomemos como ejemplo el robot Mitsubishi RV-M1 presentado en la figura 1.

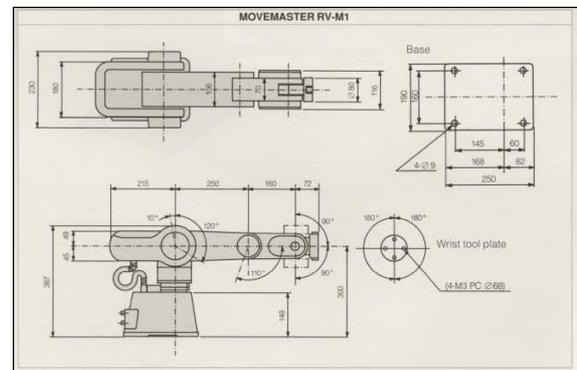


Fig. 1. Robot Mitsubishi RV-M1

Por lo general la plataforma de este manipulador se fija a una superficie sólida para soportar su peso de 19 Kg. y brindarle estabilidad. Los motores que actúan los primeros tres eslabones están sujetos a la base del robot y por medio de transmisión flexible se actúan las articulaciones, dejando únicamente la estructura de los brazos y un mínimo de componentes mecánicos. El arreglo anterior tiene como finalidad disminuir el peso que debe ser movido por los actuadores.

En relación a los componentes electrónicos, los dispositivos contenidos dentro del brazo constan únicamente de las conexiones de los motores y la adecuación de la señal proveniente de los encoders de cada articulación.

El control se realiza externamente por medio de su arquitectura cerrada o bien mediante una PC y una arquitectura abierta que incluya una etapa de potencia.

El robot Mitsubishi RV-M1 como la gran mayoría de los manipuladores es excelente para tareas en donde no se necesite desplazar el brazo fuera de su área de trabajo, pero si la tarea precisa tener las virtudes de este dispositivo y además movilidad, es necesario buscar otras opciones.

En este artículo se propone que los componentes correspondientes a la fuente de poder y el control se encuentren dentro de la misma estructura del brazo. A lo anterior se define *autocontenido* para efectos de este reporte. También se describe su diseño conceptual que busca incrementar las habilidades de un móvil de exploración de terreno no estructurado, además el diseño también contempla la opción de ser colocado en diversas bases sin necesidad de afectar a las mismas.

2. Diseño.

En esta sección se describirá el diseño mecánico y su justificación del modelo propuesto.

2.1 Requerimientos del Diseño.

El propósito de este brazo está enfocado a ampliar la gama de tareas que puede realizar un robot de exploración en terreno no estructurado lo que exige que el diseño cuente con características específicas para añadirse a alguna base inercial móvil. Los requerimientos que se tomaron en cuenta para el diseño fueron los siguientes:

1. Los actuadores del manipulador no podían estar contenidos dentro de la base móvil para no afectar el diseño de esta.
2. La energía debía de ser proporcionada por los recursos de la base móvil o que el manipulador contuviera su propia fuente de voltaje.
3. El peso debe ser el mínimo posible para no afectar en mayor medida el desempeño de la base móvil en la que se coloque el brazo.

Teniendo en cuenta lo anterior, se eligió la configuración de robot manipulador angular la cual permite una amplia gama de movimientos y una buena maniobrabilidad sin necesidad de complicar la tarea de control.

2.3 Diseño estructural.

En primera instancia se planteó un diseño de brazo estándar de 5 grados de libertad, sin embargo se encontró que era complicado encontrar un acomodo ideal que lograra contener los actuadores del brazo y al mismo tiempo que se lograra un balance funcional.

Una modificación importante que se realizó a la estructura clásica de este tipo de robots, fue invertir la proporción “antropomórfica” del manipulador angular, con lo que el segundo eslabón fue diseñado con una longitud mayor a la del primero. Esto tiene como objetivo permitir que el mecanismo se pueda plegar sobre sí mismo en la configuración que se puede observar en la figura 2.

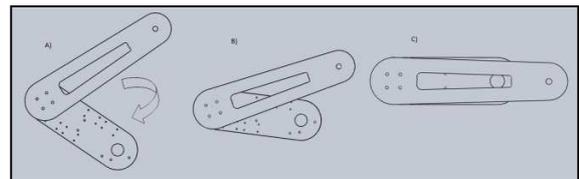


Fig. 2. Configuración de Brazo-Antebrazo

Cabe señalar que esta modificación incrementa el par necesario para mover la articulación correspondiente al codo, sin embargo nos permite cumplir con los requerimientos más importantes que contemplan el espacio y los elementos autocontenidos.

Las medidas propuestas para los brazos antes mencionados son de 220 mm para el caso del primer eslabón y 350mm para el segundo eslabón. En la figura 3 se pueden apreciar estas dimensiones sobre el dibujo del manipulador.

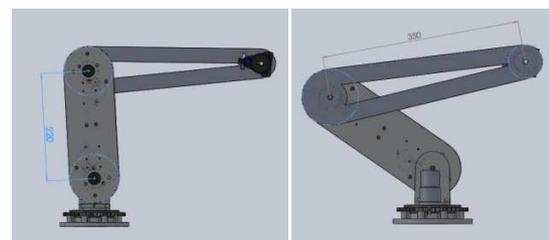


Fig. 3. Dimensiones del brazo.

2.3 Diseño mecánico.

La base fue pensada para lograr un movimiento sin fricción y firme, para lo cual se propone el arreglo de baleros axiales presentados en la figura 4.

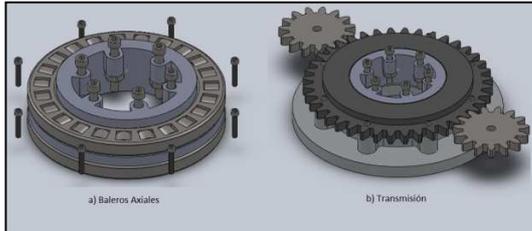


Fig. 4. Baleros Axiales.

El actuador encargado de proporcionar el movimiento de cintura del robot transmitirá el movimiento por medio de un tren de engranes (Figura 3 b) con relación de 2.666:1 y teniendo en cuenta que la resolución del encoder que medirá esta variable es de 8384 pulsos por vuelta, se podrá sentir una variación angular de hasta 0.14 miliradianes.

Los motores a cargo de actuar el movimiento de la primera articulación serán dos motores marca Pololu con relación 131:1 y un par de 18 Kg-cm.

El resto del brazo se unirá a la base mediante dos soportes colocados encima del mecanismo antes mencionado como se muestra en la Figura 4.

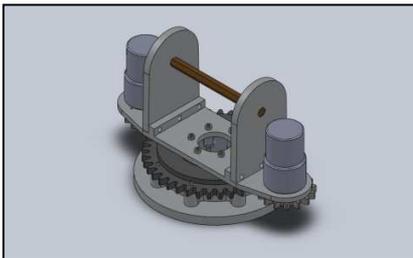


Fig. 5. Base del brazo.

Para las articulaciones de hombro y codo se eligieron motores con caja de reducción tipo sinfin-engranaje la cual proporcionan un par aprox. de 30 Nm a 24 volts. Dos de las virtudes principales de este tipo de motores consisten en que genera un ángulo entre las flechas de entrada y salida de 90° con lo que permite acomodar los motores a lo largo del eslabón y que el tren de engranes proporciona una alta ganancia en torque comparado con cajas de engranes

del mismo tamaño. Con estos motores se propone la configuración mostrada en la figura 6.

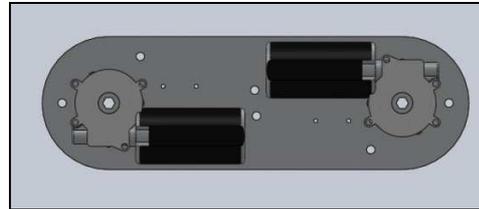


Fig. 6. Arreglo de motores.



Fig. 7. Fotografía real de los motores.

Sin embargo la desventaja de estos motores es que no cuentan con encoders para sentir el movimiento angular en su eje, por lo que se diseñó una caja de engranajes la cual posee una relación en velocidad de 1:4 conectado a un disco con 180 ranuras que se usará para instrumentar la medición de la posición angular. El reductor de potencia se muestra en la figura 8.

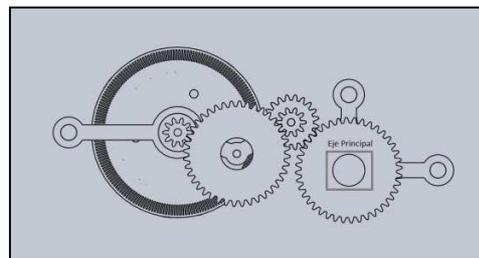


Fig. 8. Arreglo de engranes para los encoders.

El tren de engranes se conecta directamente a la flecha del motor, y dado que la masa de los engranes es muy pequeña, la inercia rotacional que se le agrega al eje principal es despreciable. Dado que el arreglo anterior agrega peso a los eslabones, se decidió que este eslabón fuese el primero para reducir el momento de inercia en todo el brazo.

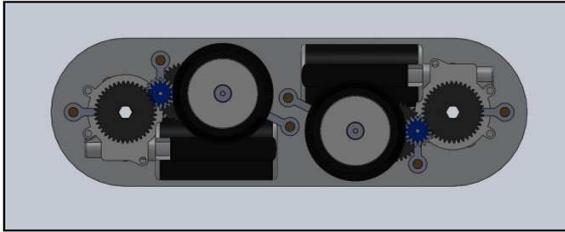


Fig. 9. Motores-Encoders

Dentro de este eslabón también se planea introducir la electrónica de potencia así como las baterías que proporcionarán la energía al brazo que consisten en 4 baterías modelo TP850-3SP45J de la marca Thunder Power, las cuales proporcionan, cada una, 11.1 V y 10.5 A continuos.

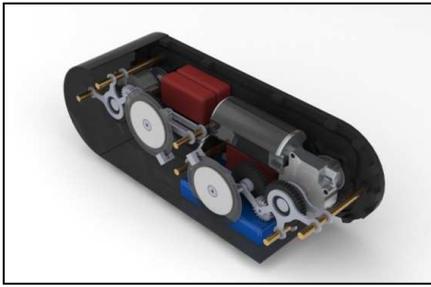


Fig. 10. Arreglo de los componentes del primer eslabón.

En la figura 10 podemos notar en color azul la zona destinada a la electrónica de control y en color marrón el lugar de las baterías.

El segundo eslabón estará conformado únicamente por estructuras planas. Esto permite que el brazo pueda plegarse. En la figura 11 puede apreciarse la configuración antes descrita.



Fig. 11. Brazo plegado.

Como muñeca se plantea una base la cual tenga los dos últimos grados de libertad, el diseño de esta

sigue en proceso debido a que el espacio ahora es más reducido y los motores que producen el movimiento no cuentan con encoders incluidos por lo que el mecanismo extra para sensar y acoplar encoders aun no se tiene concluido.

3. Evolución de los diseños.

A lo largo del proceso de diseño se han realizado distintos modelos y arreglos de los mecanismos antes mencionados, he inclusive se han realizado cambios de material en algunas piezas, pero a pesar de todos los cambios realizados la estructura y proporción siguen siendo las mismas.

A continuación de la figura 12 a la 14 se presenta distintos diseños que se propusieron con los diseños bases propuestos en este artículo.



Fig. 12. Primera versión del manipulador.



Fig. 13. Diseño conceptual final.

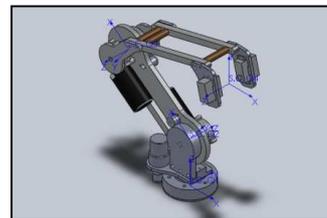


Fig. 14. Diseño alternativo de un brazo plegable.

A la fecha de entrega de entrega de este artículo ya se encuentra maquinado gran parte del prototipo, las piezas se muestran de la figura 15-17.



Fig. 15. Estructuras principales del primer eslabón.



Figura 16 Estructuras que conforman el segundo eslabón.

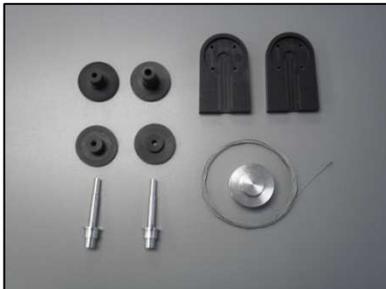


Fig. 17. Soportes principales, coples y ejes.

4. Conclusiones.

El diseño del manipulador aquí presentado presenta grandes ventajas en cuanto a ahorro de espacio se refiere además de incrementar el área de trabajo del manipulador angular clásico.

Por otra parte, los torques que se estiman para poder mover este tipo de robots se incrementa por las

longitudes de los brazos en especial el segundo eslabón, problema que se resuelve con los motores con mecanismo sin fin-engrane que se propusieron para este trabajo.

A pesar de que se plantea soluciones para el problema de la potencia, están generando el problema de la medición de su posición dado que ninguno de los motores usados se encuentra con un encoder integrado que esté al alcance del presupuesto destinado a este proyecto.

5. Trabajo a futuro.

El trabajo que resta después de plantear este modelo conceptual, en primera instancia maquinar íntegramente el brazo y obtener su modelo mediante Euler-Lagrange [2][5] para empezar a realizar estudios en base inercial fija y no fija.

En lo concerniente al diseño mecánico, se planea modificar la transmisión de movimiento que se plantean con engranes por un sistema de chicotes similar al usado en las interfaces hápticas, esto con el fin de simplificar en diseño.

Referencias

- [1] Ollero A. "ROBÓTICA: Manipuladores y robots móviles", Marcombo-AlfaOmega, México D.F., Primera Edición, 2007.
- [2] Spong M., Hutchinson S., Vidyasagar M. "Robot Modeling and Control", John Wiley & Sons Inc., Estados Unidos, Primera edición, 2006.
- [3] Bloch A.M., "Nonholonomic Mechanics and Control", Springer, Estados Unidos, Primera edición, 2003.
- [4] Mott R. "Diseño de elementos de maquinas", Person, México, Cuarta Edición, 2006.
- [5] Freeman R., "Robust Nonlinear Control Design", Birkhäuser, Estados Unidos, Primera Edición, 1996.
- [6] Siciliano B., Khatib O., "Handbook of Robotics"; Springer, Estados Unidos, 2007.