

# APLICACIONES DE LOS MANIPULADORES PARALELOS CON ACTUADORES GIRATORIOS, (X-RKS)

I. Zabalza\*, J. Ros\*, J. M. Pintor\* y J. M. Jiménez\* \*\*

\*Dpto. Ing. Mecánica, Energética y de Materiales, Universidad Pública de Navarra.  
Campus Arrosadía, 31006 Pamplona, Navarra.

Tfno. : 948 16 92 94. Fax. : 948 16 90 99.

[izavi, jros, txus, josemanuel.jimenez]@unavarra.es.

\*\*Sports Training Technologies, S.L., San Sebastián.

jmjimenez@sportstt.com.

*Keywords: Robot, Manipulador paralelo, Configuraciones de insensitividad, Singularidades.*

## RESUMEN.

En este artículo se hace un repaso de la vanguardia de los manipuladores paralelos con actuadores giratorios. Se pone de manifiesto que poseen unas características cinemáticas propias como son las configuraciones de insensitividad positivas en las que la plataforma móvil permanece inmóvil independientemente del movimiento introducido por los actuadores. Se exponen las ventajas de estas configuraciones: gran precisión de posición de la plataforma móvil, velocidades nulas de los puntos de dicha plataforma y par nulo en los actuadores independientemente de las fuerzas y pares aplicados a la plataforma móvil. Se proponen aplicaciones en las que pueden ser utilizados dichos manipuladores haciendo uso de sus configuraciones de insensitividad positiva para el posicionamiento de piezas o herramientas en procesos de fabricación.

## 1.- INTRODUCCIÓN.

El primer manipulador paralelo con actuadores giratorios (Fig. 1) fue propuesto por Hunt (1983). Este manipulador está formado por una plataforma fija, sobre la que están montados seis actuadores giratorios, y una plataforma móvil unidas por medio de seis cadenas cinemáticas manivela-biela. La manivela está montada en el actuador giratorio (R) y la biela está unida por un extremo a la manivela por medio de una junta cardan (K) y por el otro a la plataforma móvil por medio de una junta esférica (S), de aquí su nombre 6-RKS. Fruto de esta geometría la plataforma móvil de este manipulador posee 6 grados de libertad.

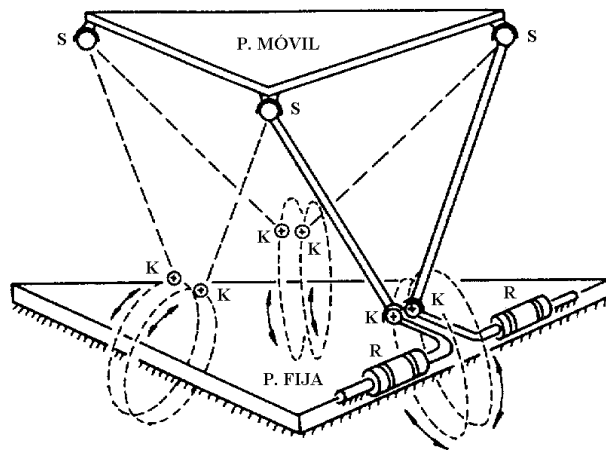


Fig. 1 Manipulador Paralelo 6-RKS de Hunt.

## 2.- MANIPULADORES PARALELOS CON ACTUADORES GIRATORIOS

Basados en la estructura del manipulador 6-RKS propuesto por Hunt se han desarrollado toda una serie de manipuladores entre los que cabe citar:

- Manipulador "Delta4" con 4 GDL (Fig. 2), patentado por Raymond Clavel (1985).
- Manipulador "Delta" con 3 G.D.L. propuesto por Raymond Clavel (1989) como una modificación del anterior eliminándole el giro de la pinza.
- Manipulador "Hexa" con 6 GDL (Fig. 3), propuesto por Pierrot et al (1990) como una generalización del manipulador Delta de Clavel.

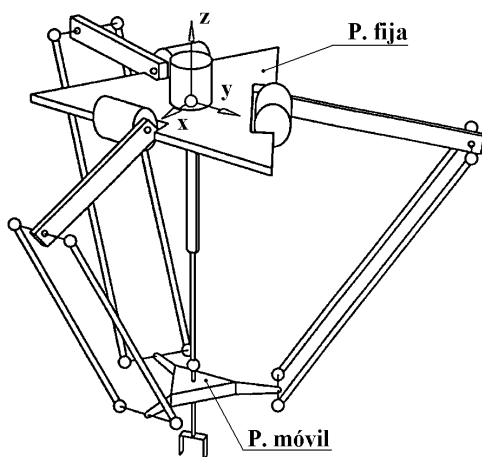


Fig. 2 Manipulador Paralelo Delta4.

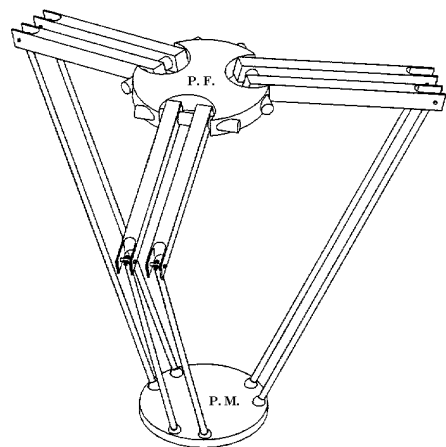


Fig. 3 Manipulador Paralelo Hexa.

- Manipulador 6-RKS con 6 GDL (Fig. 4), propuesto por Plitea et al (1994).
- Manipulador de 3 GDL (Fig. 5), propuesto por Tsai et al (1996).

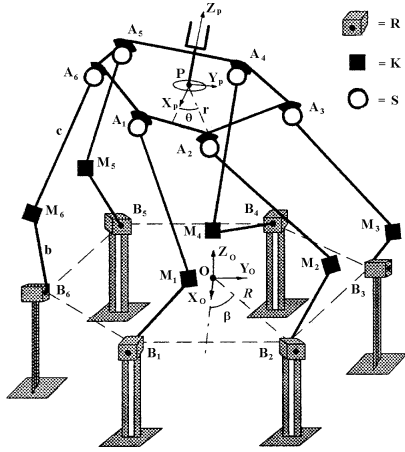


Fig. 4 Manipulador Paralelo de Plitea

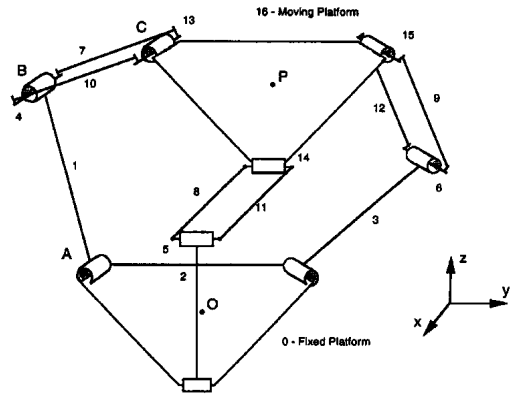


Fig. 5 Manipulador Paralelo de Tsai.

- Manipulador 6-RKS con 6 GDL (Fig. 6), propuesto por Takeda et al (1997).
- Manipulador con 6 GDL (Fig. 7), propuesto por Zanganeh et al (1997).

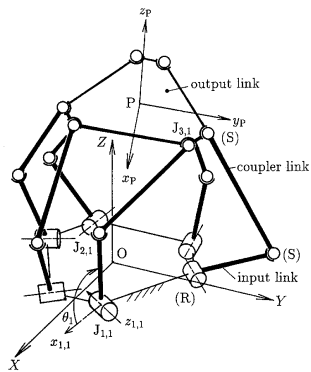


Fig. 6 Manipulador Paralelo de Takeda

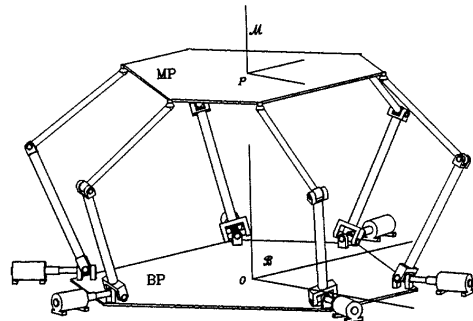


Fig. 7 Manipulador Paralelo de Zanganeh.

### 3.- CONFIGURACIONES DE INSENSITIVIDAD

Configuraciones de insensitividad (CI) son aquellas posiciones de un mecanismo en las que el eslabón de salida, pierde o gana algún grado de libertad.

Varios autores han estudiado las CI de los manipuladores paralelos. Hunt (1983) cita dos posibles tipos de CI (special configurations): Cuando la plataforma móvil permanece inmóvil aunque se introduzca algún movimiento por alguno o por varios actuadores (stationary singularity) y cuando la plataforma móvil puede

realizar pequeños desplazamientos aunque todos los actuadores permanezcan inmóviles (uncertainty singularity). Merlet (1988), Gosselin y Angeles (1990), Benea (1996), Takeda et al (1997), etc., analizan las CI clasificándolas en dos tipos según la plataforma móvil pierda o gane algún GDL; pero ningún autor conocido propone la utilidad de las CI, sino que estudian su localización para eliminarlas del espacio de trabajo del manipulador.

#### **4.- UTILIDAD DE LAS CONFIGURACIONES DE INSENSITIVIDAD POSITIVAS**

Como una generalización de las CI (puntos muertos o de volquete) de los mecanismos planos de pistón-biela-manivela y manivela-oscilador, Zabalza et al (1999) han puesto de manifiesto que las CI en las que la plataforma móvil pierde algún GDL, se dan cuando el eje del actuador, la manivela y la biela se encuentran en el mismo plano. En estas configuraciones, la posición de la plataforma móvil es una posición de gran precisión, pequeños errores en la posición de los actuadores no influyen en la posición de la plataforma. También se cumple que las velocidades de los vértices de la plataforma móvil son nulas independientemente de las velocidades de giro de los actuadores. Así mismo, los momentos de giro que aparecerán sobre los actuadores serán nulos, pues las fuerzas de tracción o compresión que actúen sobre las bielass, si se desprecia su masa, no producen par respecto de los ejes de los actuadores. Debido a las características positivas como posiciones de detención, estas configuraciones se denominan Configuraciones de Insensitividad Positivas (CIP).

Suponiendo que la plataforma móvil está sobre la fija, es fácil comprobar que para que una cadena cinemática esté en CI, el eje del actuador, la manivela y la biela deben estar en el mismo plano. Por tanto, el extremo de la biela estará sobre una de las dos partes de la superficie toroidal esquematizada en la Fig. 8. Así, cada conjunto actuador-manivela-biela tendrá asociadas dos posibles CI, una cuando la manivela y la biela estén casi en prolongación (posición A) y otra cuando estén casi superpuestas (posición B). Al poseer el manipulador 6 conjuntos de actuador-manivela-biela y cada uno poder alcanzar dos CI, el manipulador podrá alcanzar  $2^6 = 64$  CIP.

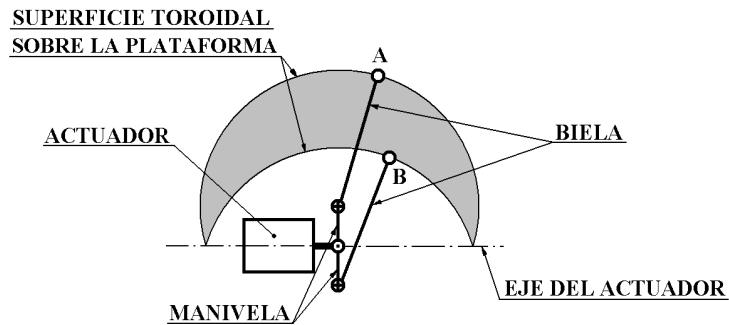


Fig. 8 Superficie toroidal del extremo de la biela

Modificando las dimensiones se puede lograr que varias posiciones deseadas de la plataforma móvil se consigan estando el manipulador en CIP, de este modo se consigue que todas las posiciones prefijadas sean de gran precisión.

## 5.- CONCLUSIONES

Se ha hecho un repaso de la vanguardia de los manipuladores paralelos con actuadores giratorios, poniendo de manifiesto que ningún autor ha propuesto la utilidad de sus configuraciones de insensitividad. Como una generalización de las CIP de los mecanismos planos de pistón-biela-manivela y manivela-oscilador se han analizado las CIP del manipulador paralelo 6-RKS, comprobándose que se pueden alcanzar 64. En estas configuraciones del manipulador, la posición de la plataforma móvil es una posición de gran precisión, las velocidades de sus vértices son nulas independientemente de las velocidades de giro de los actuadores y los momentos respecto de los ejes de los actuadores son nulos, independientemente de las fuerzas y pares que actúen sobre la plataforma móvil.

Estas características de las CIP del manipulador 6-RKS hacen que sea un mecanismo muy útil para aplicaciones industriales en las que se requiere una gran precisión de posicionamiento de la plataforma móvil del manipulador como, por ejemplo, en aplicaciones de máquina herramienta.

## REFERENCIAS

- 1 R. Benea, (1996) "Contribution à l'Étude des Robots Pleinement Parallèles de Type 6-R-RR-S", Tesis Doctoral en la Universidad de Savoia, (Francia).

- 2 R. Clavel, (1985) "Dispositif pour le déplacement et le positionnement d'un élément dans l'espace", Patente suiza N° CH 672089 A5.
- 3 R. Clavel, (1989), "Une Nouvelle Structure de Manipulateur Parallèle pour la Robotique Légère", *APII, Robotique*, Gauthiers-Villars, Vol. 23, pp. 501-519.
- 4 C.M. Gosselin y J. Angeles, (1990) "Singular Analysis of Closed-Loop Kinematic Chains", *Transactions on Robotics and Automation*, Vol.6, N°. 3, pp. 281-290.
- 5 K.H. Hunt, (1983) "Structural Kinematics of In-Parallel-Actuated Robot-Arms", *Journal of Mechanisms, Transmissions, and Automation in Desing*, Vol. 105, N° 4, pp. 705-712.
- 6 J.P. Merlet (1988), "Parallel Manipulators, Parte 2, Singular Configurations and Grassmann Geometry", INRIA, Technical Report 791.
- 7 F. Pierrot, M. Uchiyama, P. Dauchez y A. Fourier, (1990) "A New Desing of a 6-DOF Parallel Robot", *Journal of Robotics and Mechatronics*, Vol. 2, N°. 4, pp.308-315.
- 8 N. Plitea, R. Benea y M. Giordano, (1994) "6-RKS: An Architecture for a 6 d. o. f. Fully-Parallel Robot Manipulator", *Advances on Robots Kinematics, Proceedings of 4th. ARK Conference*, pp. 522-532.
- 9 Y. Takeda y H. Funabashi, (1996) "Kinematics and Static Characteristics of In-Parallel Actuated Manipulators at Singular Points and in Their Neighborhood", *JSME International Journal, Series C*, Vol. 39, N°. 1, pp. 85-93.
- 10 L-W. Tsai, G.C. Walsh y R.E. Stamper, (1996) "Kinematics and Workspace of a Novel Three DOF Translational Platform", Institute for Systems Research, T. R. 96-74.
- 11 I. Zabalza, J.M. Pintor, J. Ros y J.M. Jiménez, (1999) "Evaluation of the 64 Insensitivity Positions for a 6-RKS Hunt-Type Parallel Manipulator", *Tenth World Congres on the Theory of Machines and Mechanisms*, Oulu, Finland.
- 12 K.E. Zanganeh, R. Sinatra y J. Angeles, (1997) "Kinematics and Dynamics of a Six-Degree-of-Freedom Parallel Manipulator With Revolute Legs" *Robotica*, Vol. 15, pp. 385-394.