



Master en Informática
Gráfica, Juegos y Realidad
Virtual

Tema 6: Técnicas de diseño de Dispositivos Hápticos

José San Martín

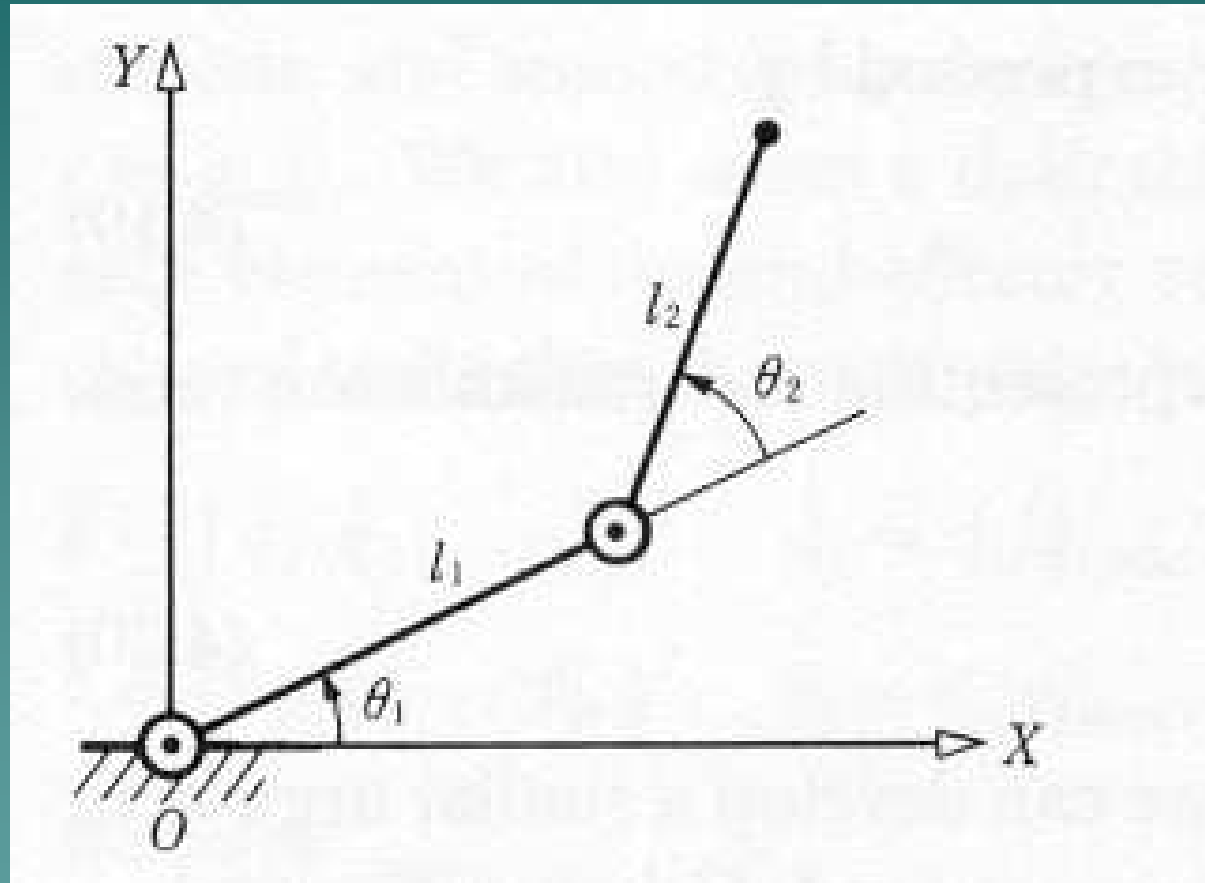
Force Dimension: DELTA-OMEGA



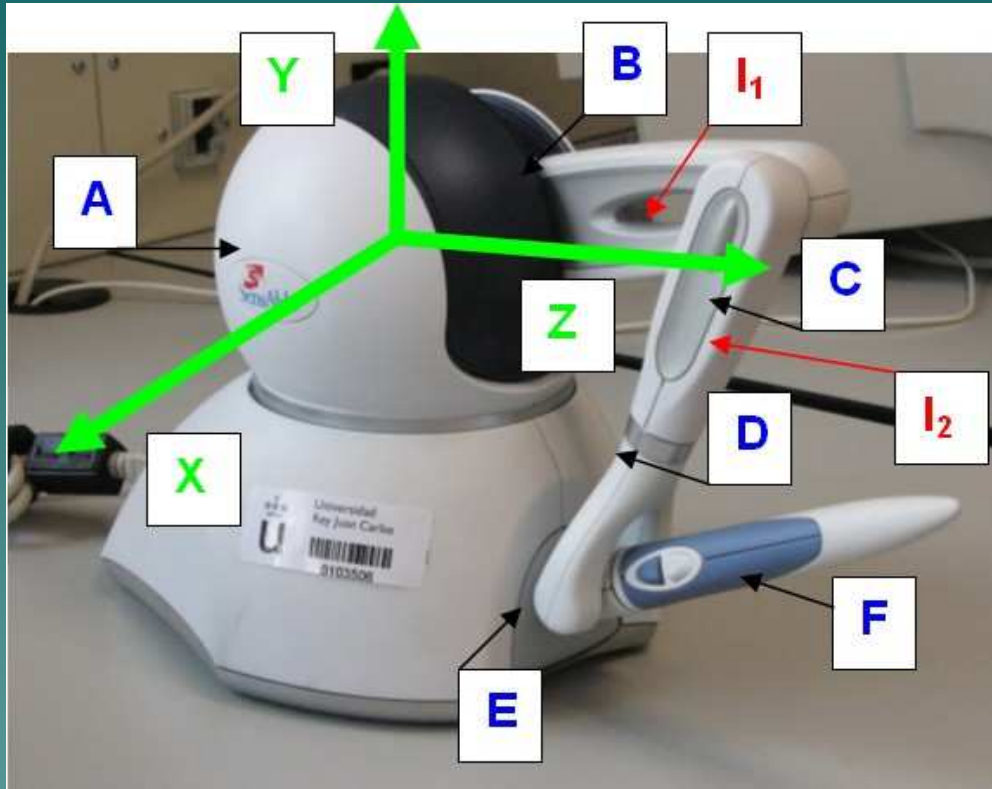
Espacio de trabajo Nominal:
 $\text{Ø}360 \text{ mm} \times \text{L } 300\text{mm}$
Fuerza máx. continua: 20.0 N
Resolución < 0.03 mm
Mecanismo paralelo y
compensación activa de
gravedad. Robustez.



Manipulador Plano



Mecánica de hápticos: PHANToM OMNi



- ◆ A gira alrededor del eje Y definiendo el ángulo θ_1 . B gira alrededor del eje X definiendo el ángulo θ_2 . C gira alrededor del eje X' relativo definiendo el ángulo θ_3 .
- ◆ D, E y F son ejes ortogonales situados en el Elemento Final y son ángulos Gimbal.

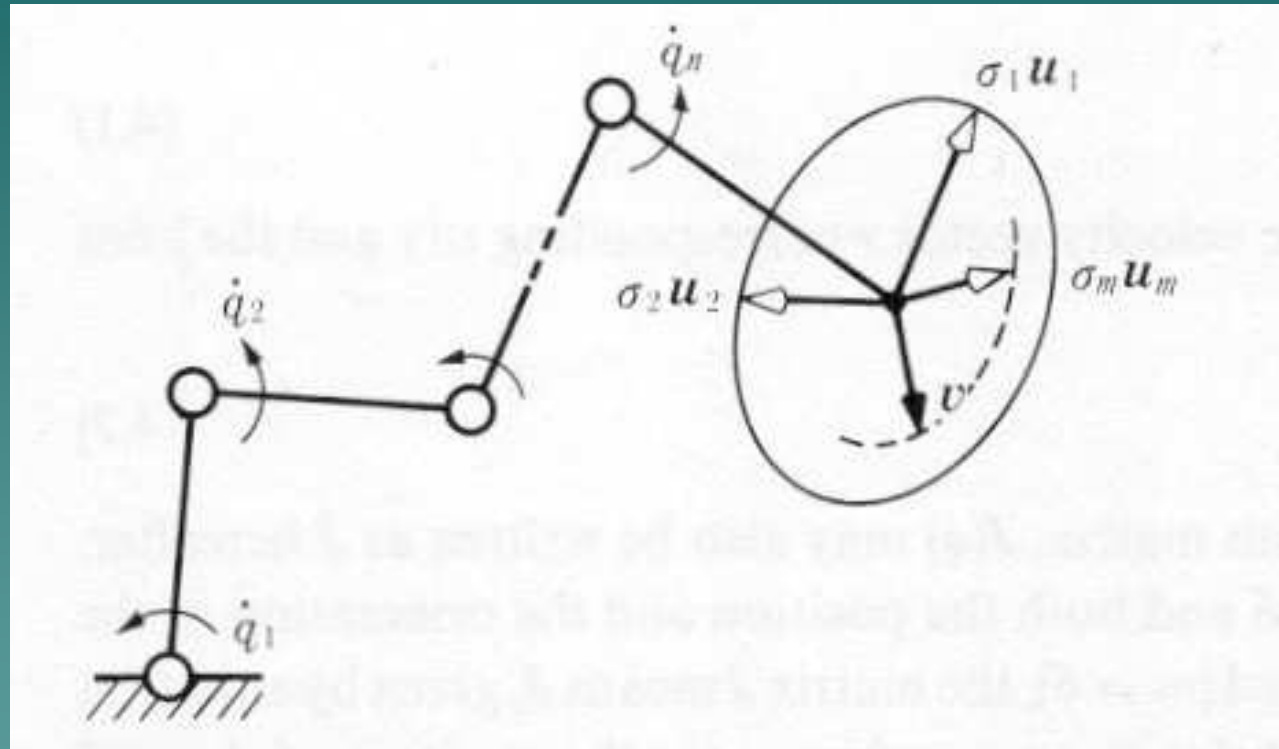
Medida de Manipulabilidad

- ◆ Manipulabilidad es la eficiencia con la que un manipulador transmite fuerza y velocidad a su extremo de aplicación (Staffetti, Bruyninckx y De Schutter).
- ◆ Se definió conceptualmente por Salisbury y Craig, si bien la primera formulación que permite una cuantificación matemática sencilla se debe a Yoshikawa.
- ◆ Se ha utilizado la siguiente formulación (Cavusoglu, Feygin y Tendick) [Cav01] [Cav02] :

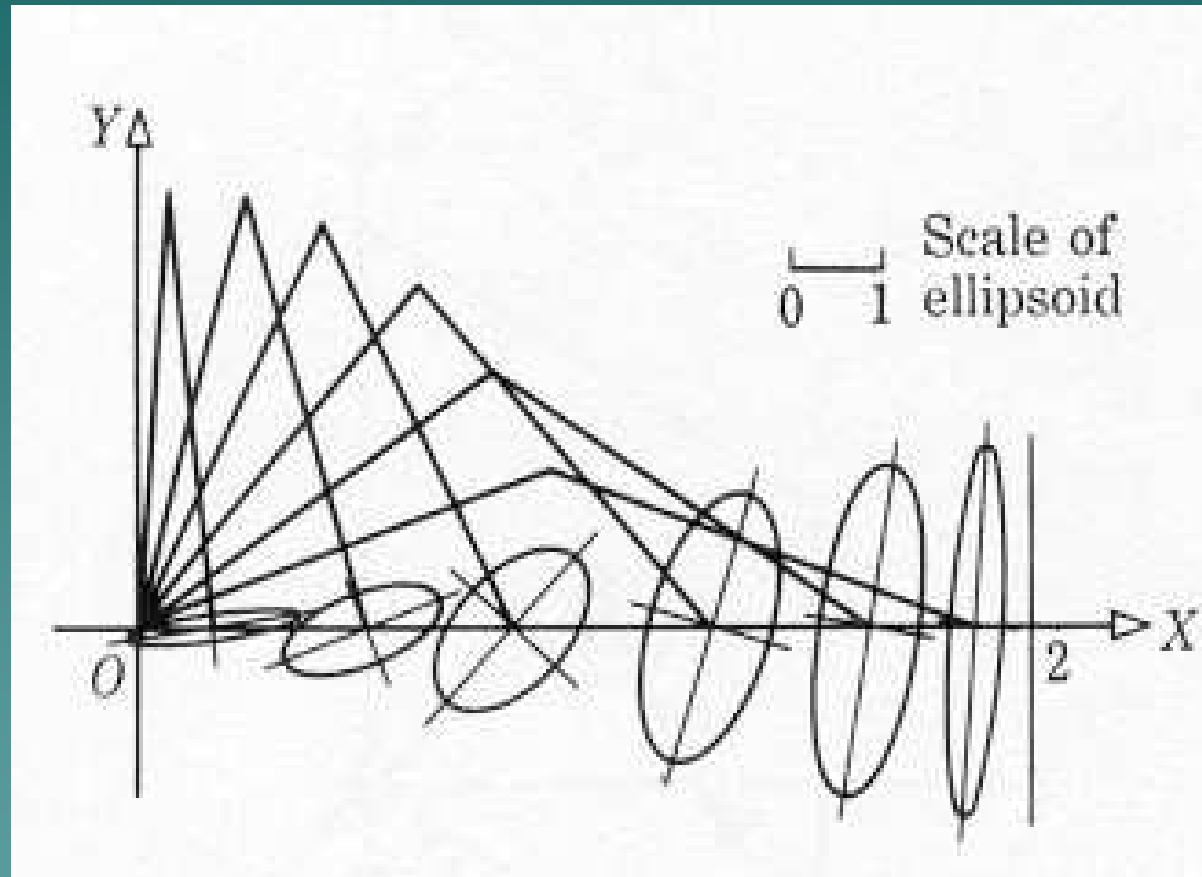
$$\mu = \sigma_{\min}(J_u) / \sigma_{\max}(J_u)$$

donde σ_{\min} y σ_{\max} son los valores singulares máximos y mínimos de J_u (mitad superior de la matriz Jacobiana).

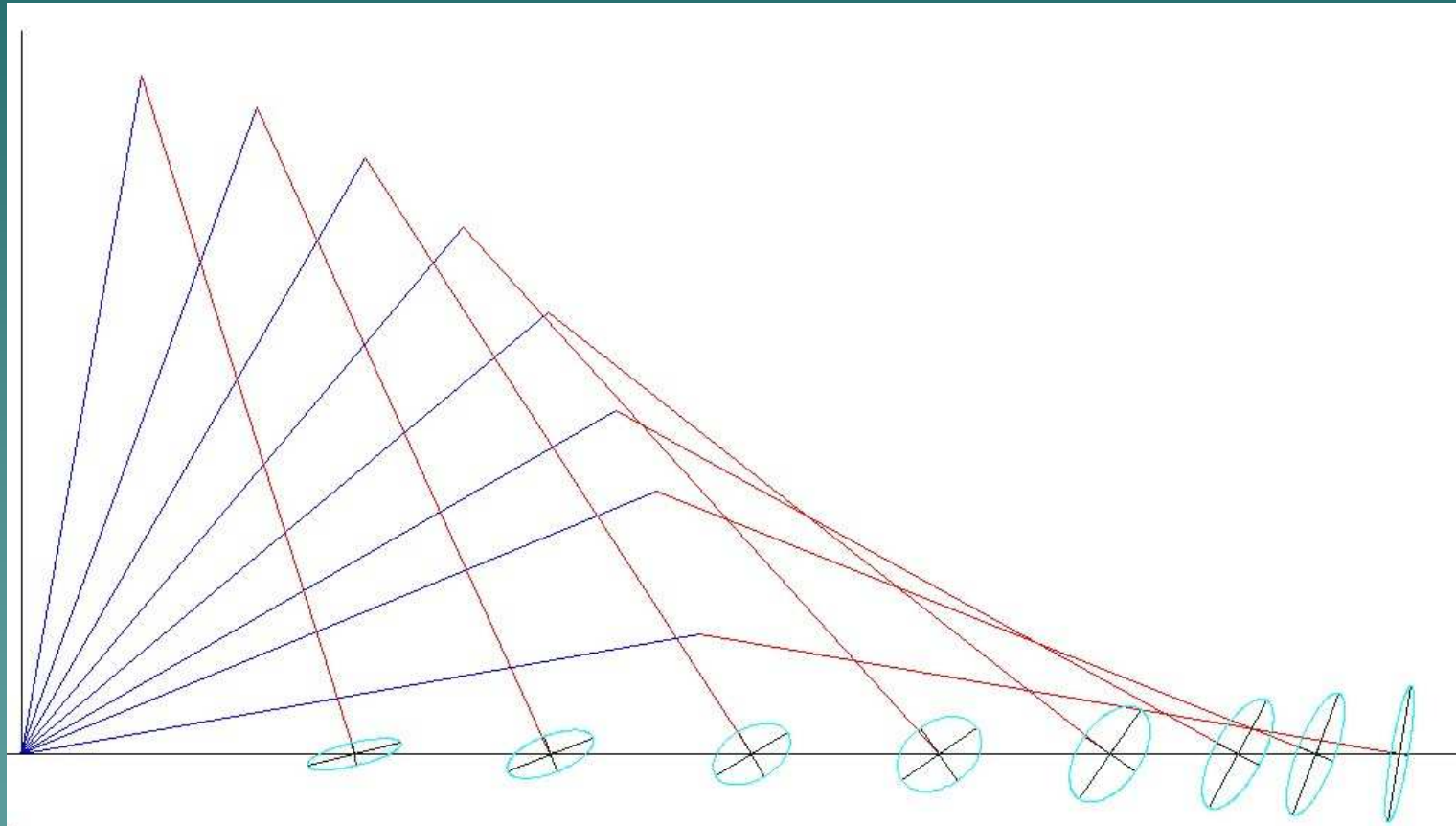
Medida de Manipulabilidad



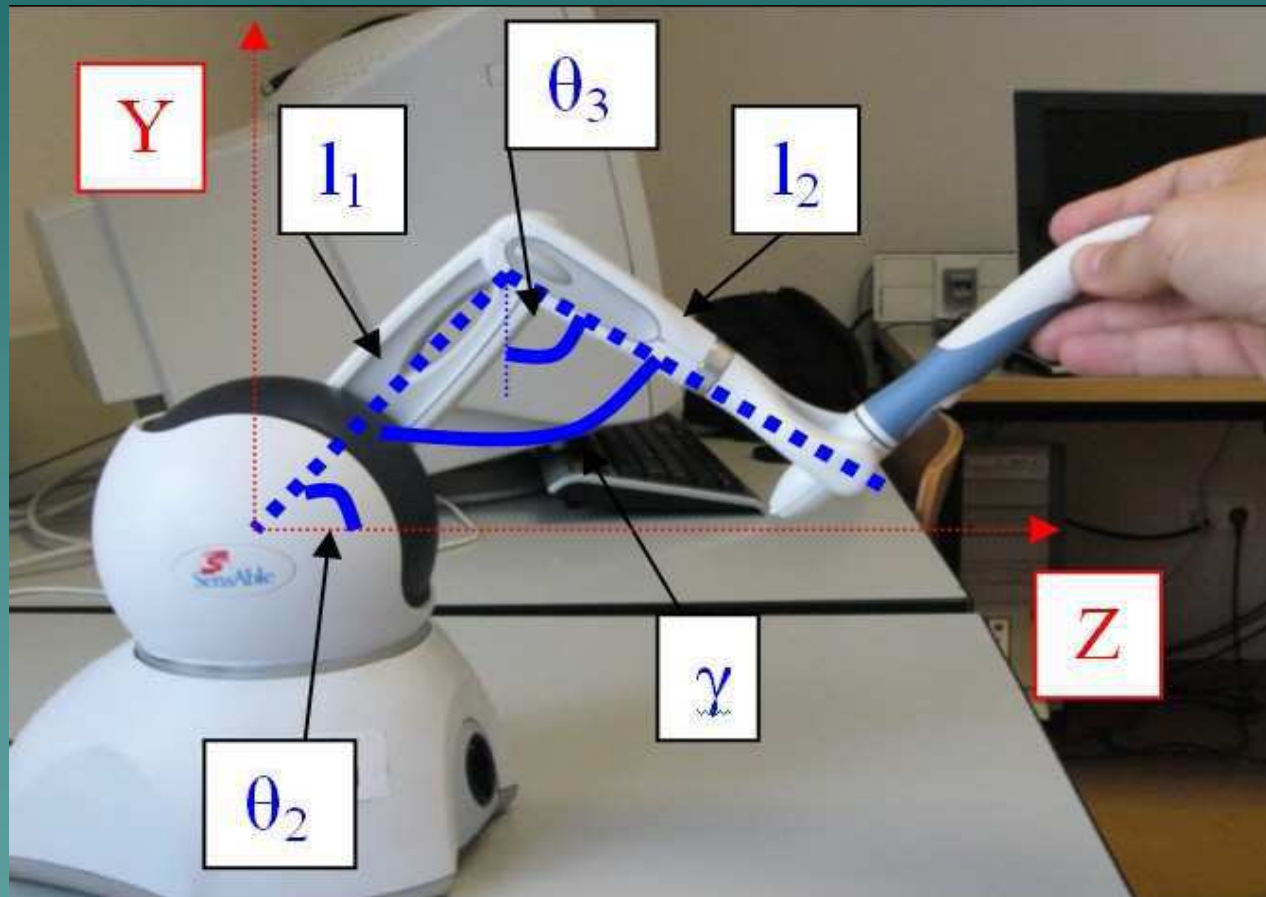
Medida de Manipulabilidad



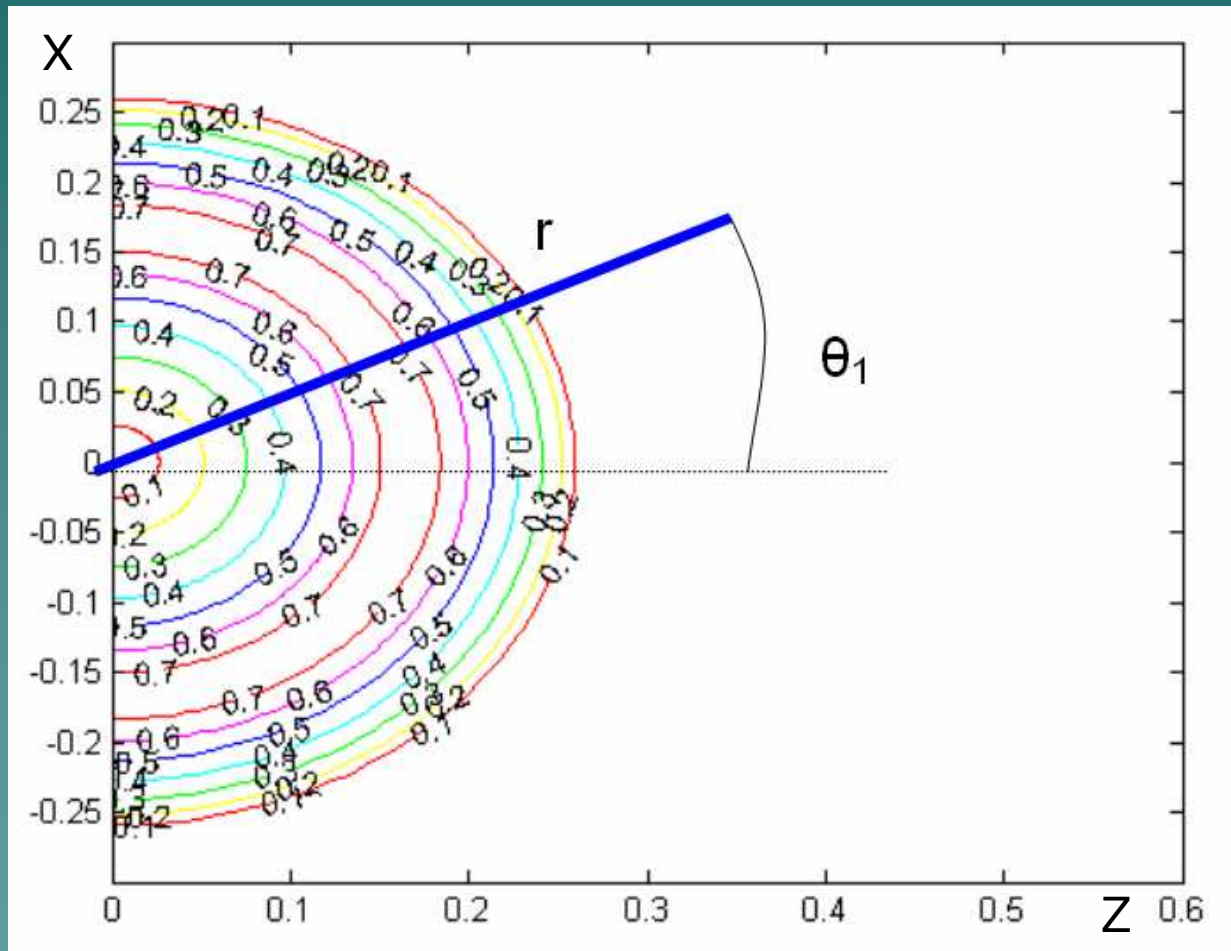
Medida de Manipulabilidad



Medida de Manipulabilidad

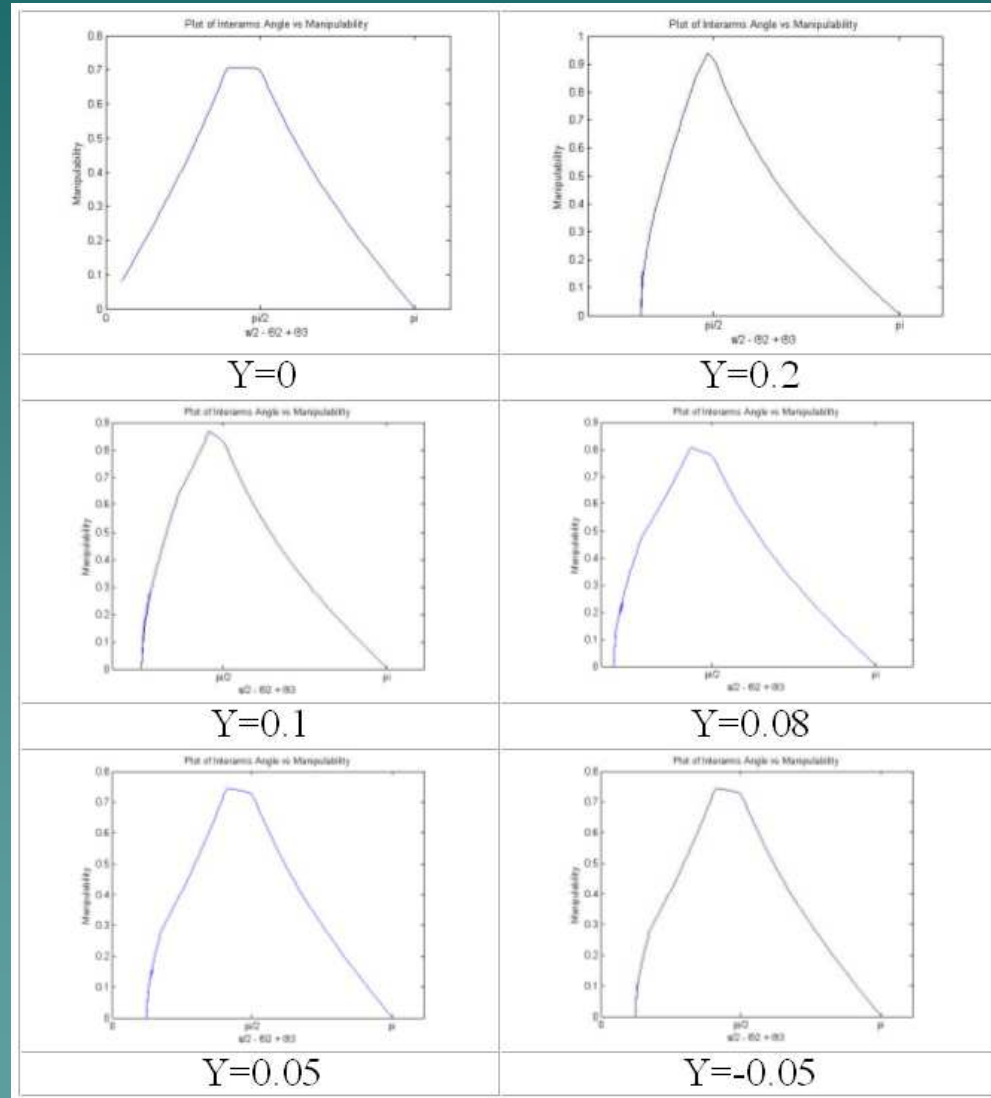


Mapa de Manipulabilidad $Y=0$



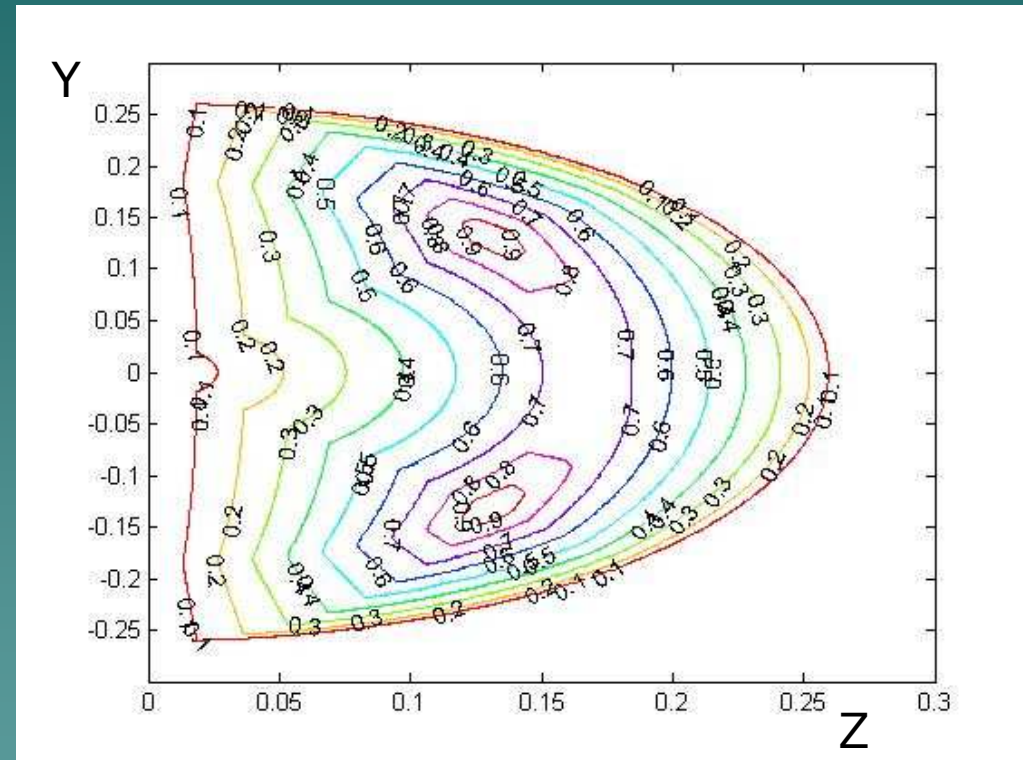
$Y=0$

Medida de Manipulabilidad

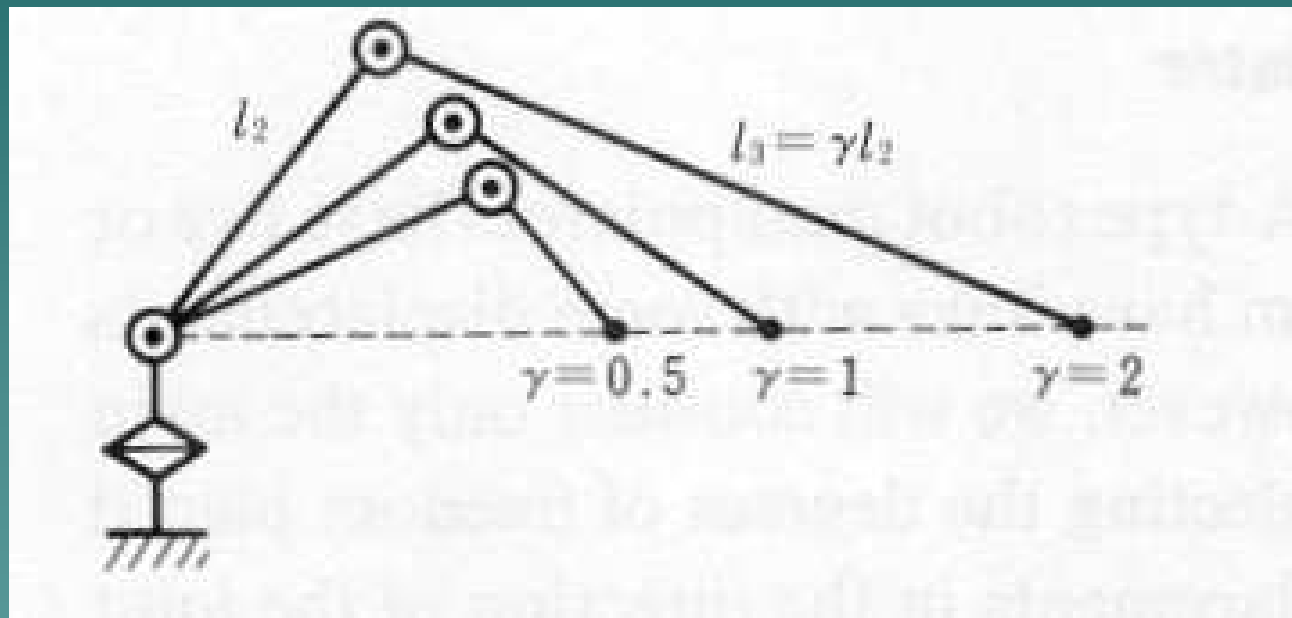


Mapa de Manipulabilidad

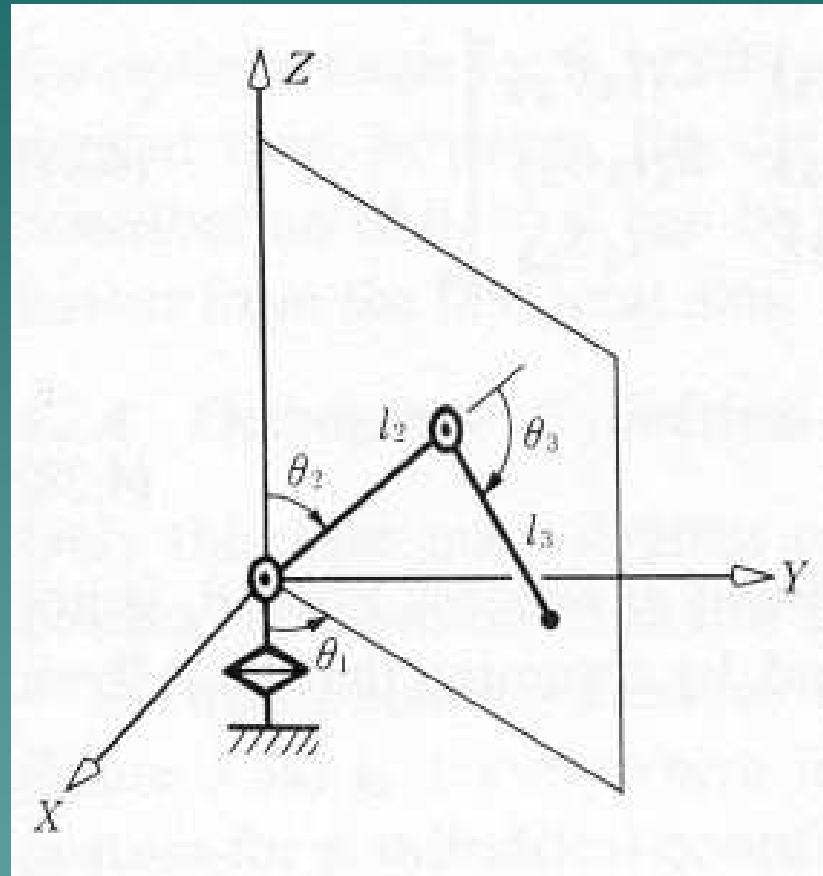
- ◆ Mapa de curvas de iso-manipulabilidad en el plano $X=0$ metros ($\theta_1=0$).
- ◆ La manipulabilidad es igual para cualquier plano correspondiente a los distintos valores de θ_1 [Yos90] .



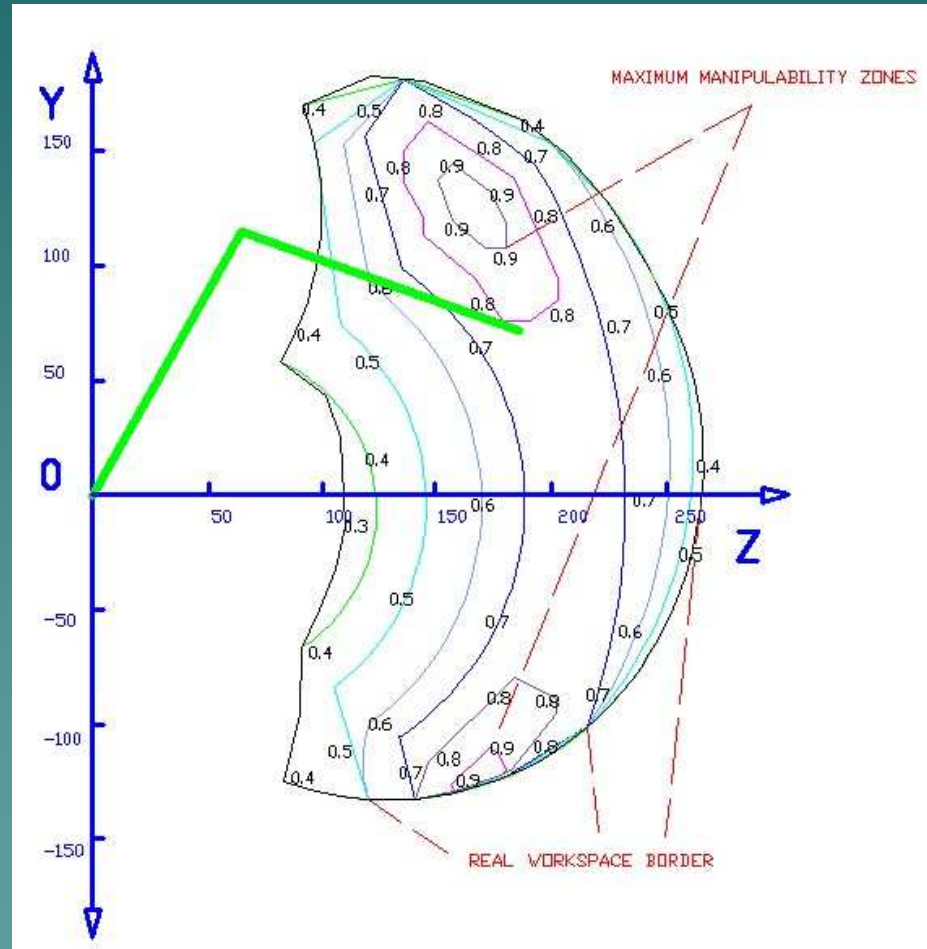
Mapa de Manipulabilidad



Mapa de Manipulabilidad



Mapa de Manipulabilidad



Diseño óptimo: Trayectoria

- ◆ Diseño de un manipulador para realizar una trayectoria específica.
- ◆ Se debe elegir un tipo de unión en las articulaciones.
- ◆ A medida que vamos eligiendo grados de libertad el dispositivo se va definiendo.
- ◆ La trayectoria a seguir determina las dimensiones del dispositivo.

Diapositiva 16

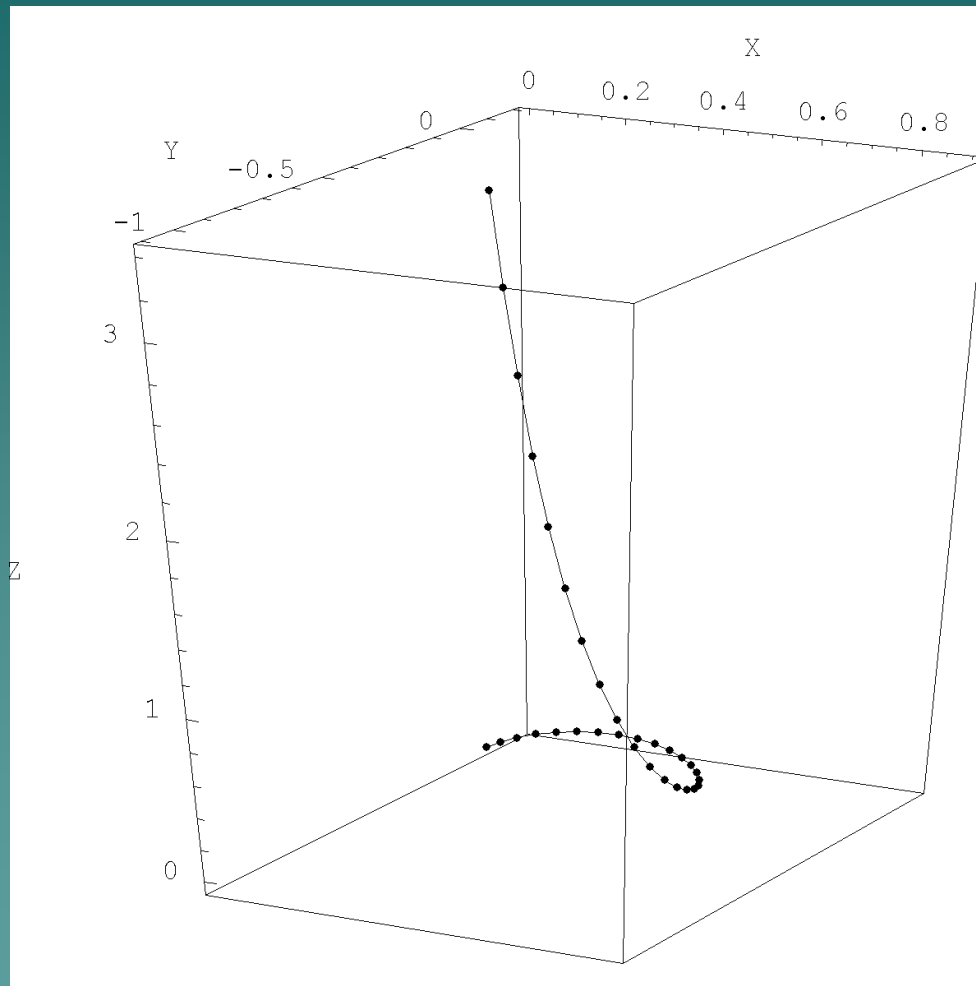
D. T.1

In this sample run the software was required to design a robot for a particular parametric trajectory. No joint types were specified, so the algorithm would have to determine the optimal configuration;

however, because the size-dumping factor was large, prismatic joints were likely to be introduced since the articulated configuration is singular at its maximum reach, which may be often used when the links are insufficiently long.

Daniel Y. Toundykov; 07/06/2003

Diseño óptimo : Trayectoria



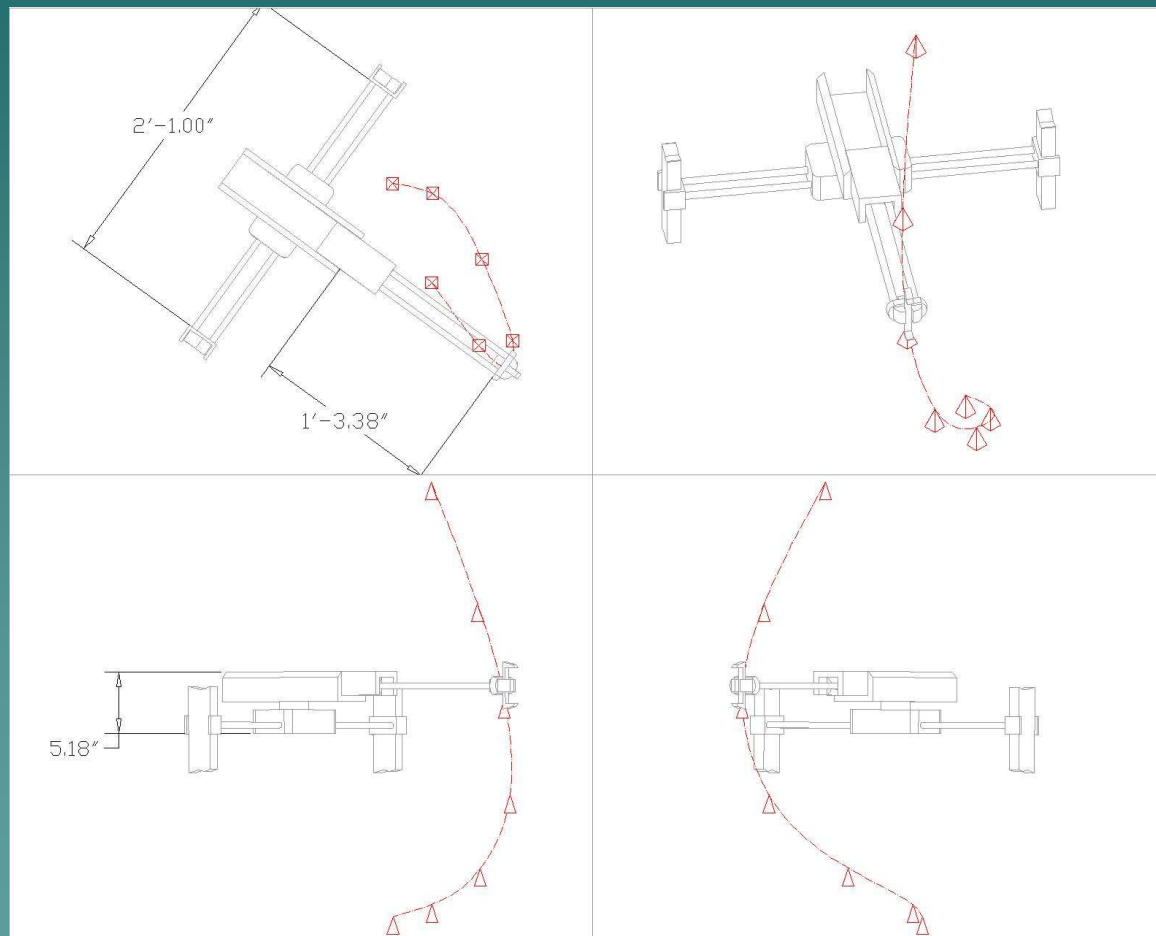
Diapositiva 17

D. T.2

This figure shows the parametric trajectory that was used as a source of 31 task-points for the optimization process.

Daniel Y. Toundykov; 07/06/2003

Diseño óptimo : Trayectoria



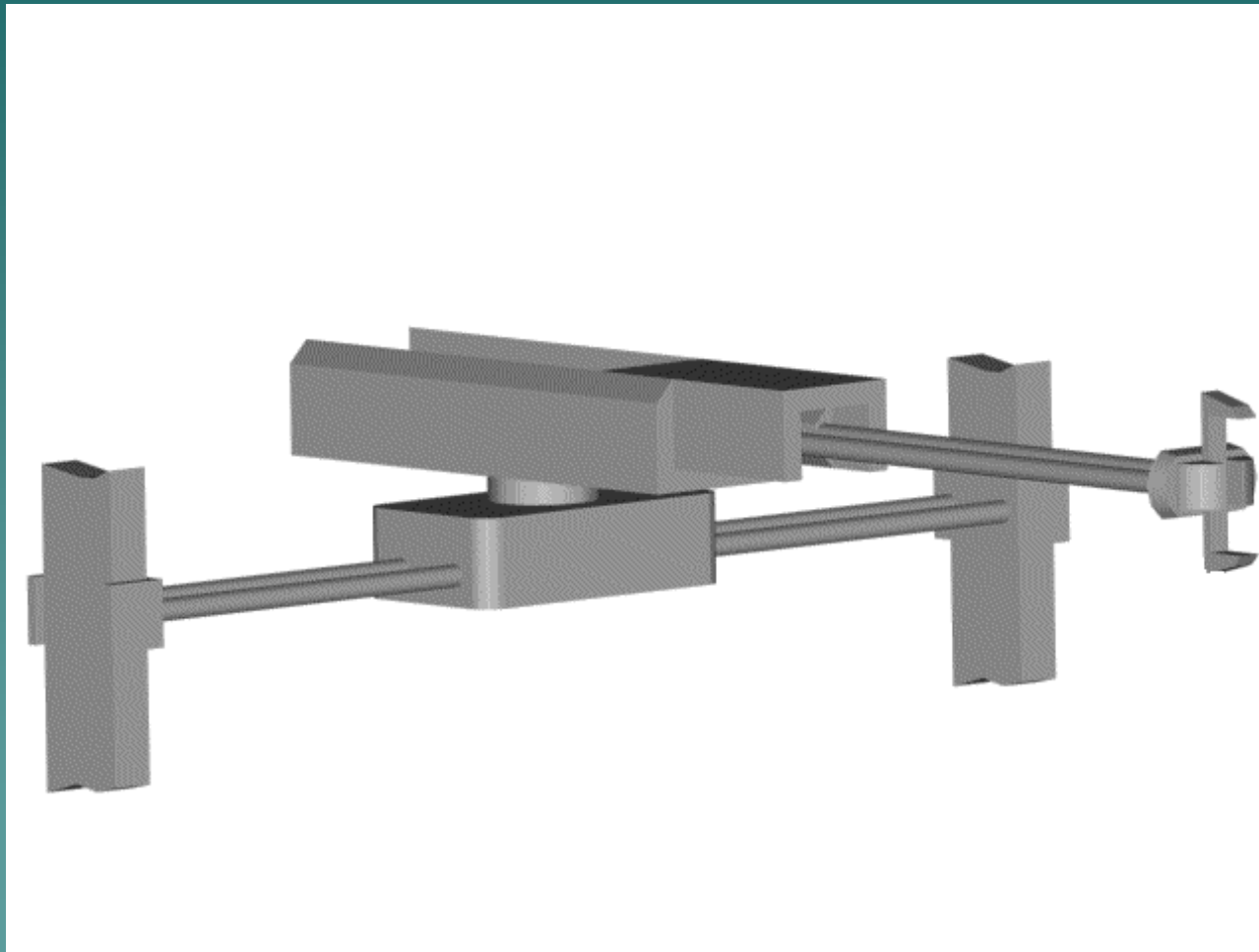
Diapositiva 18

D. T.5

This is the prototype of the robot designed in this example.

Daniel Y. Toundykov; 07/06/2003

Diseño óptimo : Trayectoria



Diapositiva 19

D. T.6

On this slide you can see a rendered image of the prototype.

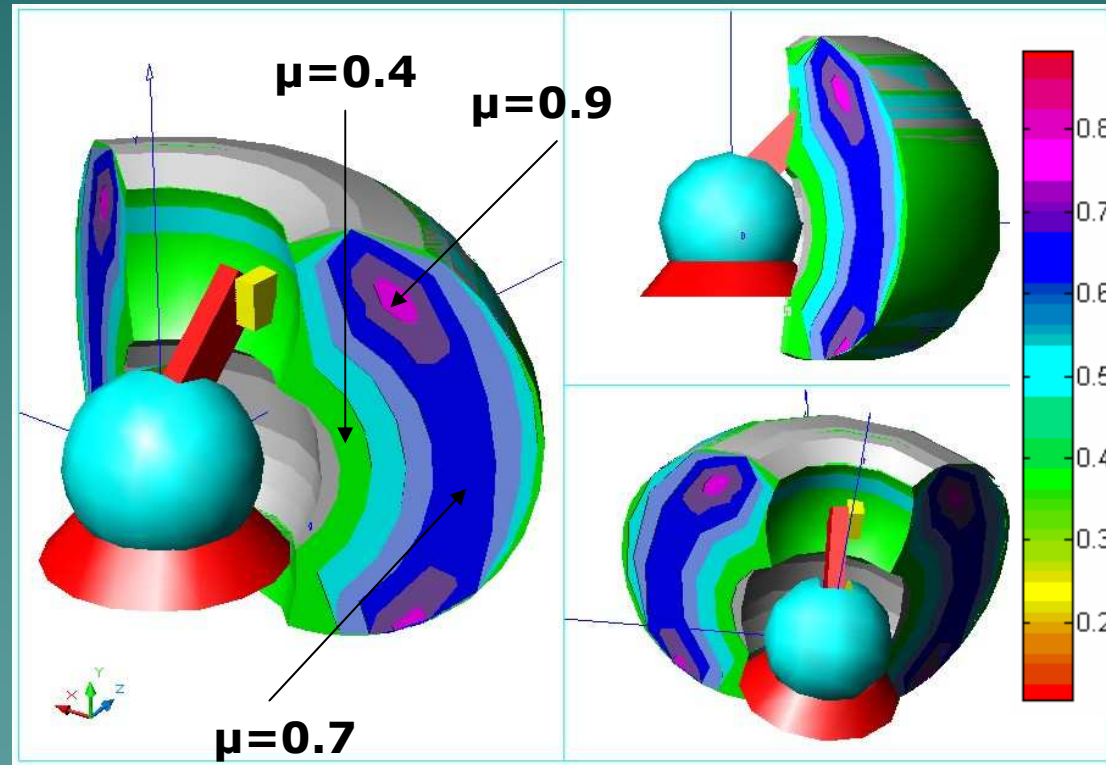
Daniel Y. Toundykov; 07/06/2003

Diseño óptimo : Funcionalidad

- ◆ Se va a evaluar el comportamiento de un dispositivo háptico dentro de una porción de su espacio de trabajo real. Se utiliza como criterio la Manipulabilidad [Yos85].
- ◆ La porción a utilizar representa el espacio donde tiene lugar la simulación.
- ◆ Estudiaremos en cada caso dos opciones de localización.

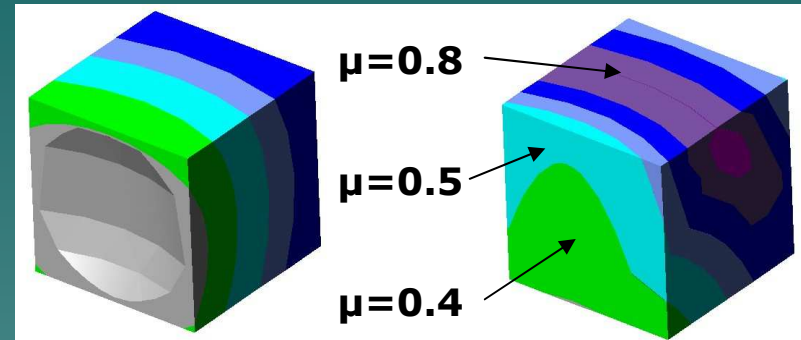
Diseño óptimo : Funcionalidad

- Se generan volúmenes que contienen iguales valores de μ .
- Este sólido de Manipulabilidad es una parte virtual del OMNi.



Diseño óptimo : Funcionalidad

Caso A. AA es un cubo de L=100mm



Caso A1. CG a Z=150 mm desde el origen.

Resultado: $\mu_v = 0.5411$.

Caso A2. CG en las cercanías de la zona de máxima Manipulabilidad (ZMM).

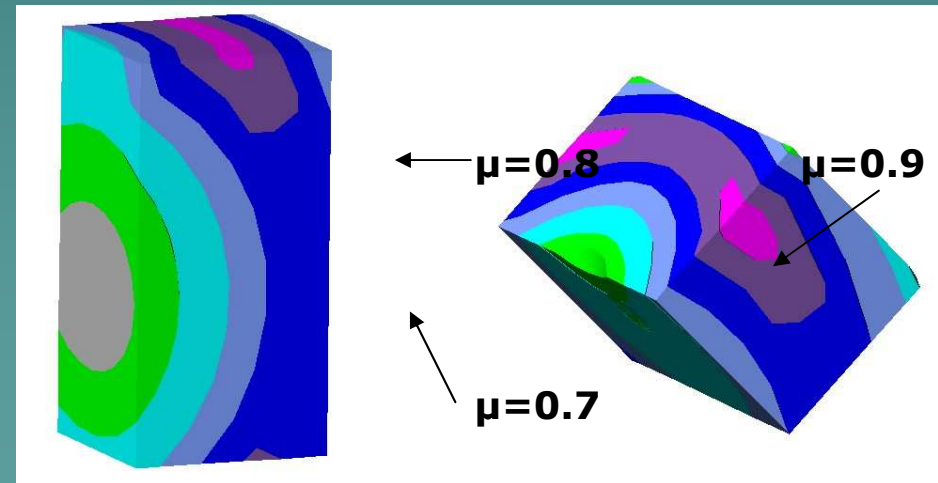
Resultado: $\mu_v = 0.7103$.

Diseño óptimo : Funcionalidad

Caso B. AA es un prisma rectangular de base cuadrada de lado $L=100\text{mm}$ y altura $H=200\text{mm}$.

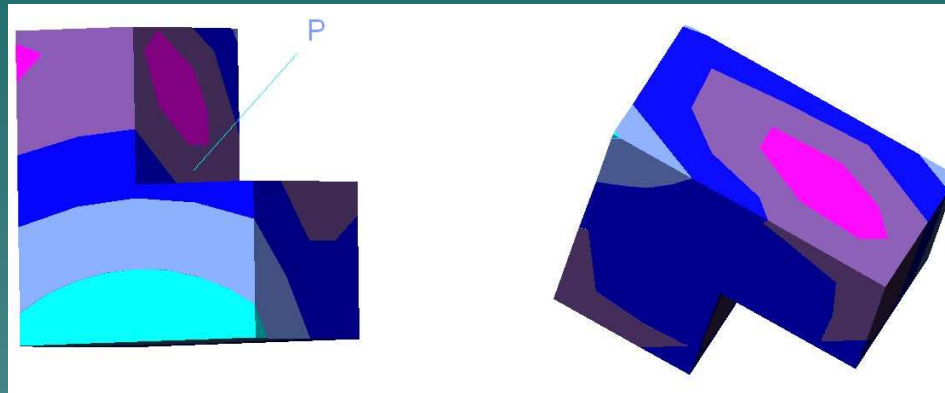
Caso B1. CG en $(-10, 14, 151)$ cercanías ZMM.
Resultado: $\mu_v = 0.6422$.

Caso B2. CG en $(5, 92, 161)$ y girado 45° respecto a un eje paralelo al eje Z que atraviesa el CG.
Resultado: $\mu_v = 0.7353$.



Diseño óptimo : Funcionalidad

Caso C. AA es un sólido en forma de L con dimensiones $L=100\text{mm}$ y altura $H=200\text{mm}$.



Caso C1. CG en $(0,70,120)$ + giro de 90° alrededor del eje paralelo a Y que atraviesa el punto P. Resultado: $\mu_v = 0.7730$.

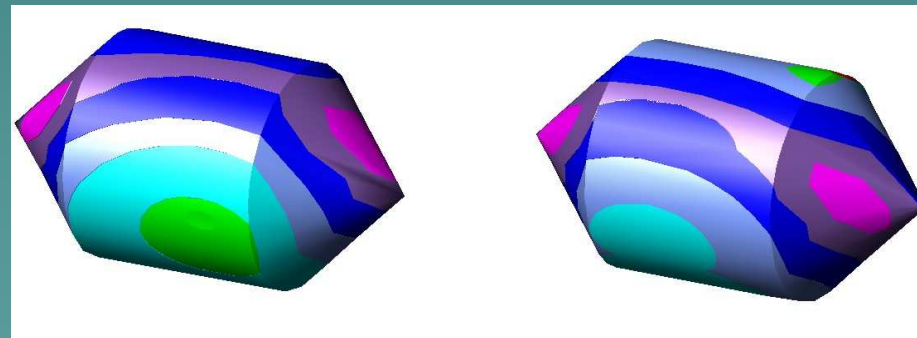
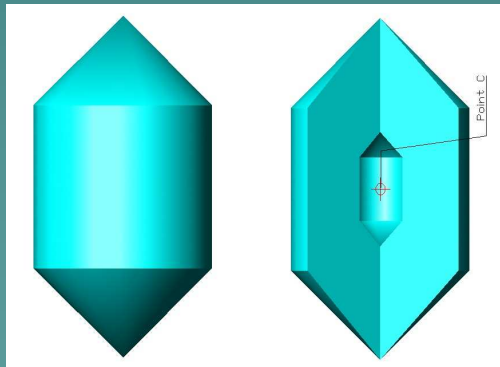
Caso C2. CG en $(0,110,179)$ desde el origen + giro de 135° alrededor de un eje X + 45° alrededor de un eje Z, ambos que pasan por P. Resultado: $\mu_v = 0.8336$.

Diseño óptimo : Funcionalidad

Caso D. AA es un sólido de revolución respecto al eje Y (D: 100 mm): cilindro (H: 90 mm) + cono (H: 50mm) y una parte hueca en su interior.

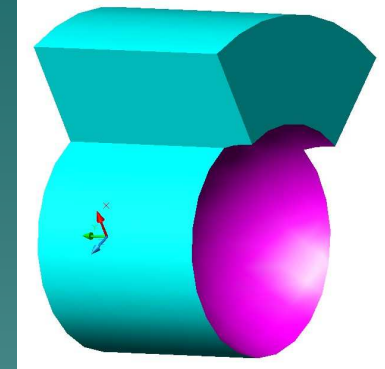
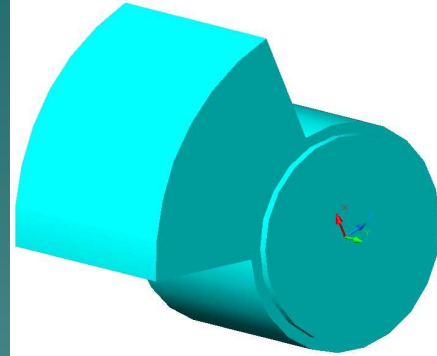
Caso D1. Giro de -90° alrededor de un eje Z. CG en la posición XYZ (21, 107, 148) .Resultado: $\mu_v = 0.7618$.

Caso D2. Giro de -90° alrededor de un eje Z. CG en la posición XYZ (-14, 114, 163) evitando la oquedad. Resultado: $\mu_v = 0.7783$.

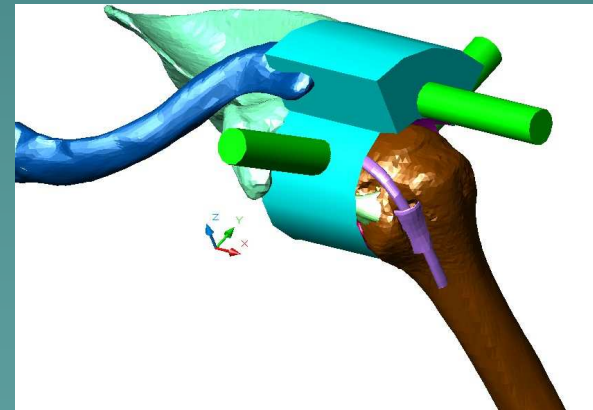


Diseño óptimo : Funcionalidad

- Posicionamiento de un dispositivo OMNi en el AA de un entrenador.
- AA tiene dos subespacios diferenciados:
 - AA-glenohumeral.
 - AA-subacromial.



Dos vistas del AA



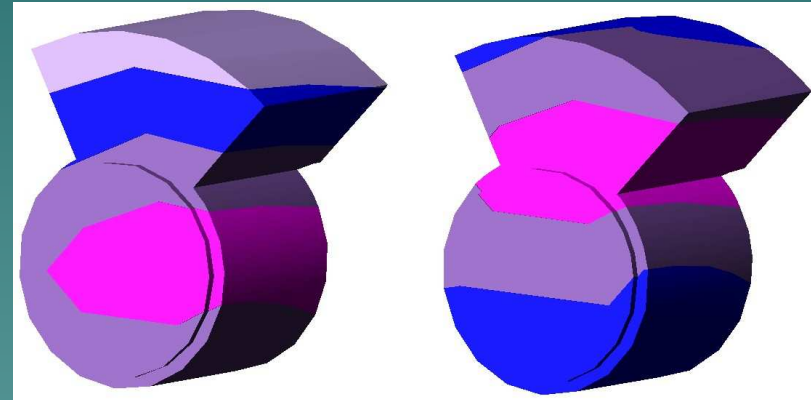
Vista del hombro y el AA. Portales en verde.

Diseño óptimo : Funcionalidad

Caso 1. AA situado haciendo coincidir el CG del AA-glenohumeral con la ZMM.

Objetivo: Obtener los valores de Manipulabilidad óptimos en AA-glenohumeral.

Resultados: μ_v -AA=0.8073.
 μ_v -AA-glenohumeral=0.8873.
 μ_v -AA-subacromial=0.7194.



Caso 2. AA situado en ZMM.

Objetivo : Obtener valores máximos de Manipulabilidad volumétrica en todo el AA.

Resultados: μ_v -AA=0.8506.
 μ_v -AA-glenohumeral=0.8291.
 μ_v -AA-subacromial=0.8749.

Bibliografía

- ◆ [Cav01] Cavusoglu, M. C., & Feygin, D. (2001). *Kinematics and dynamics of PHANToM(TM) model 1.5 haptic interface*. (Tech. Rep.). University of California at Berkeley, Electronics Research Laboratory Memo M01/15.
- ◆ [Cav02] Cavusoglu, M. C., & Feygin, D. and Tendick F. A Critical Study of the Mechanical and Electrical Properties of the PHANToM Haptic Interface and Improvements for High Performance Control. *Teleoperators and Virtual Environments*, 11(6):555--568, 2002.
- ◆ [Yos85] Yoshikawa, T.; Manipulability and redundancy control of robotic mechanisms, *Robotics and Automation*. Proceedings of IEEE International Conference on, Volume 2, Mar 1985 Page(s):1004 – 1009.
- ◆ [Yos90] Yoshikawa, T.; *Foundations of Robotics: Analysis and Control*. Cambridge, MA: MIT Press, 1990.