

# Robótica Industrial Curso 2010/11

## Examen FINAL (26/05/2011)

Alumno: \_\_\_\_\_ Grupo: \_\_\_\_\_

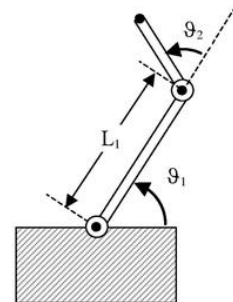
### CUESTIONES TEORICAS (2,5 ptos. Resta 1/3 por respuesta negativa)

- Identifica entre las siguientes, las razones por las que un robot manipulador puede necesitar más grados de libertad de los que son estrictamente necesarios para posicionar y orientar su extremo sin restricciones.
  - ☐ para poder aumentar el rango de las articulaciones
  - ☐ para aumentar el espacio de trabajo
  - ☐ para impedir colisiones con obstáculos en el interior del espacio de trabajo
  - ☐ todas las anteriores

- Para una articulación de traslación se cuenta con un mecanismo de cremallera de 10m de longitud formado por un motor, un reductor de 1:100 y un piñón de un radio de 10 cm. ¿Cuántas vueltas puede dar el motor de la articulación como máximo?

- ☐ 2024 vueltas
- ☐ 1820 vueltas
- ☐ 1592 vueltas
- ☐ 500 vueltas

- En la figura 1 se muestra un brazo plano de dos articulaciones con eslabones de longitud  $L_1$  y  $L_2$ . Los ángulos de las articulaciones pueden variar entre los límites  $0 \leq \theta_1 \leq 180$  y  $-90 \leq \theta_2 \leq 180$ . Realizar un esquema aproximado del espacio de trabajo alcanzable para este manipulador, para marcar la respuesta correcta:



- ☐ el área del espacio de trabajo es  $A=2\pi(L_1+L_2)^2$
- ☐ el área del espacio de trabajo es  $A=\pi(L_1+L_2)^2+2/3\pi L_2^2$
- ☐ el área del espacio de trabajo es menor que  $A=\pi L_1^2 - \pi L_2^2$
- ☐ ninguna de las anteriores

- Para el robot de la figura anterior la expresión de la cinemática diferencial inversa de forma analítica es:

- ☐ 
$$\begin{bmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \end{bmatrix} = \begin{pmatrix} L_1 C \theta_1 & L_2 C(\theta_1 + \theta_2) \\ -L_1 S \theta_1 & -L_2 S(\theta_1 + \theta_2) \end{pmatrix}$$

- ☐ 
$$\begin{bmatrix} \dot{x}' \\ \dot{y}' \end{bmatrix} = \begin{pmatrix} l_1 C \theta_1 & L_2 C(\theta_1 + \theta_2) \\ -l_1 S \theta_1 & -L_2 S(\theta_1 + \theta_2) \end{pmatrix}$$

- ☐ 
$$q'_1 = \arctan\left(\frac{y}{x}\right) - \arctan\left(\frac{l_2 \sin(q_2)}{l_1 + l_2 \cos(q_2)}\right) \quad q'_2 = \arccos\left(\frac{x^2 + y^2 - l_1^2 - l_2^2}{2l_1 l_2}\right)$$

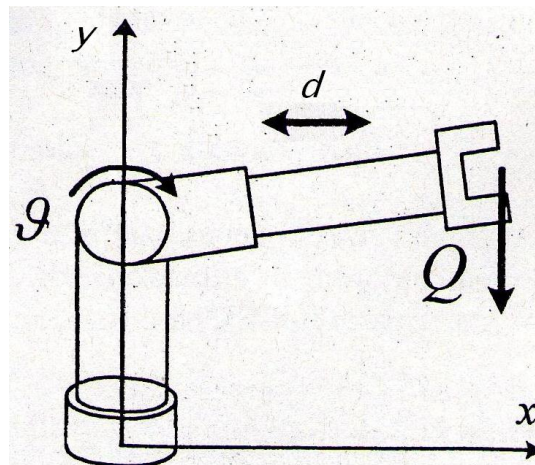
- ☐ ninguna de las anteriores

5. Para el robot de la anterior cuestión 3, en el que el rango de rotación de las articulaciones está limitado mecánicamente de manera que  $q_1 \in [-\pi/4, \pi/4]$  y  $q_2 \in [-\pi/4, -\pi/2]$ . Los puntos singulares del robot se alcanzan cuando:
- ☐ este robot no tiene puntos singulares
  - ☐ los ángulos sean tales que los dos eslabones 1 y 2 estén alineados
  - ☐  $q_2 = 0$  y  $q_1$  cualquiera
  - ☐  $q_1 = q_2$

### PROBLEMA 1 (2,5 pts)

Se tiene el robot de 2 g.d.l. de la figura cuya articulación de rotación tiene por posición 0 cuando el brazo está totalmente estirado hacia abajo y su rango de actuación es  $\theta: (0-180^\circ)$ . Está movida por un motor DC de par máximo 1,5Nm y velocidad angular de 1000rpm con encóder, el reductor es tipo piñón-corona, con relación de transformación 12:1 y rendimiento 92%.

La articulación de traslación tiene un rango de  $d: (70-120\text{cm})$  y está movida por la misma composición de motor-encóder que la primera con un engranaje piñón-cremallera de radio efectivo 5cm.



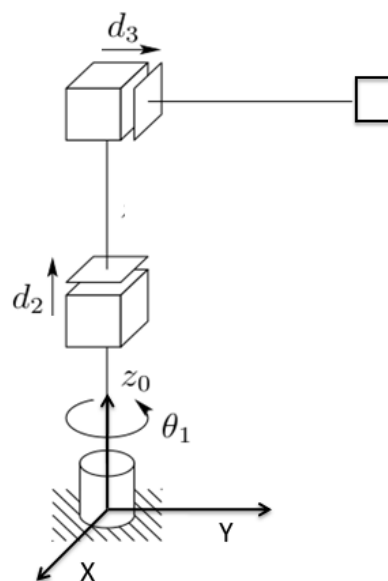
Se pide:

- Calcular el peso máximo a levantar en el extremo del robot.
- Aplicando el principio de superposición y teniendo en cuenta la composición de movimientos ¿Cuál será la velocidad lineal máxima de traslación del extremo del robot?
- Seleccionar la resolución de los encoders para obtener una precisión en el posicionamiento del extremo de 0,1mm.

### PROBLEMA 2 (2,5 pts)

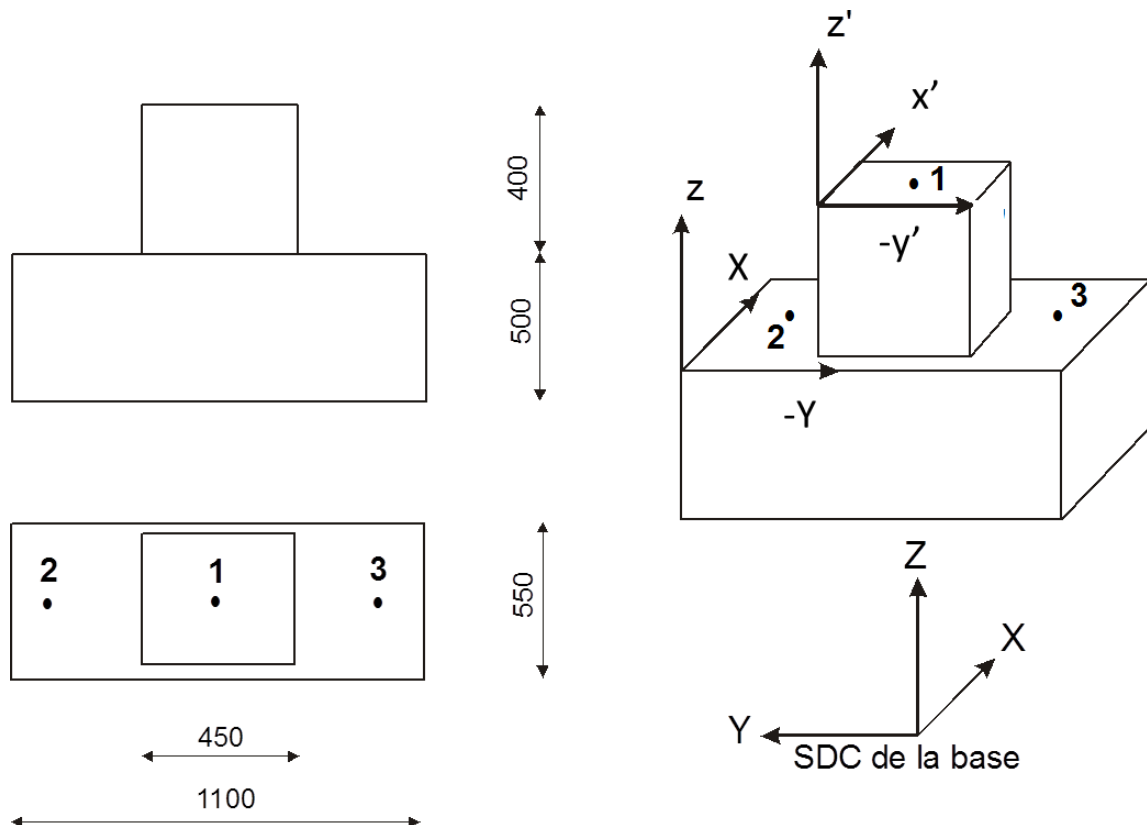
Se tiene el robot de 3 g.d.l. de la figura:

- Obtener la matriz de parámetros DH más sencilla
- Obtener la matriz homogénea que relaciona la posición y orientación del extremo con respecto a la base.
- Obtener la expresión que relaciona las velocidades del extremo según las velocidades articulares y particularizar para el vector de velocidades  $\dot{q}' = (10, 20, 20)$  expresado en [rpm, mm/s, mm/s]
- Suponiendo que se pretende recorrer una trayectoria en línea recta con  $x=a$ ,  $y=0$ ; calcular las velocidades a imprimir en cada eje, partiendo de la configuración  $(a, 0, 0)$ ;



### PROBLEMA 3 (2,5 pts.)

- Definir una herramienta pinza que permita capturar objetos a 150mm del extremo del robot. Incluir en la definición todos los parámetros precisos para su correcto funcionamiento en el controlador.
- Definir un dato de tipo objeto de trabajo *woutil* asociado al sistema de coordenadas  $X'Y'Z'$ , tomando como sistema de coordenadas del usuario el XYZ. Excepto la posición de reposo, todos los puntos deben referirse al objeto de trabajo *woutil* y ser programados textualmente.
- Crear un programa en RAPID para realizar la siguiente tarea: Partiendo de una posición de reposo, el robot coge una pieza en el punto 1. Transporta la pieza al punto 2, donde la deja 5 segundos en espera. Vuelve a cogerla y la deposita definitivamente en el punto 3, todo ello sin colisionar con el entorno. La pinza será la definida en el apartado anterior y se maneja a través de la salida digital *do1*.
- Sobre el programa anterior, incluir las instrucciones lógicas precisas en el programa para poder variar la secuencia de movimientos a los puntos de trabajo 1 2 y 3, en función de las lecturas de entradas (especificar que señales y su función). El programa debe también marcar con salidas la apertura y cierre de la pinza así como si el robot está ejecutando programa y las esperas.
- Mover la mesa en el eje X del SDC de la base, acercándola al robot 50 mm. Discutir los efectos en el programa y si es preciso corregir el objeto de trabajo *woutil*.



## ANEXO:

### CÁLCULO DE LOS PARÁMETROS DE DENAVIT-HARTENBERG:

El método para posicionar los triedros de referencia es el siguiente:

1. Elegir un sistema de coordenadas fijo  $(X_0, Y_0, Z_0)$  asociado a la base del robot, que en ocasiones vendrá dado como un dato conocido.
2. Localizar los ejes de cada articulación. El sistema de la base debe rotar o trasladarse según el eje  $Z_0$ , apareciendo la primera variable de rotación  $\theta_1$  o desplazamiento  $d_1$ . Los siguientes triedros deben situarse de forma que  $Z_i$  sea el eje sobre el que gire la articulación  $i+1$  un ángulo  $\theta_{i+1}$  o se traslade un desplazamiento  $d_{i+1}$ . El eje  $Z_n$  del extremo del robot se situará después.
3. Los sentidos positivos de giro o traslación de las articulaciones se pueden elegir arbitrariamente, desde un punto de vista formal, pero es conveniente que coincidan con el sentido de giro positivo de los motores del robot, para que los parámetros formales coincidan con los reales.
4. Para  $i$  de 1 a  $n-1$ , situar el origen del sistema  $i$  en la intersección del eje  $z_i$  con la línea normal común a  $z_{i-1}$  y  $z_i$ . Si ambos ejes se cortan situarlo en el punto de corte y si son paralelos situarlo al principio de la articulación  $i+1$ .
5. Una vez que tenemos fijados los ejes  $Z_{i-1}$  y  $Z_i$  se elige  $X_i$  en la normal común a ambos. La elección del sentido es arbitraria, pero conviene mantener "la que más se parezca" a  $X_{i-1}$ . Si son paralelos se elige sobre la línea normal que corta ambos ejes.
6. El eje  $Y_i$  debe completar el triedro a derechas.
7. Situar el último sistema en el extremo del robot de modo que  $Z_n$  coincida con la dirección de  $Z_{n-1}$  y  $X_n$  se elige como en el punto 5.

Una vez situados los sistemas de referencia de cada articulación se asignarán los parámetros de D-H. Se representarán en una tabla con tantas filas como grados de libertad tenga el brazo del robot, y donde en cada columna aparecerán los siguientes elementos:

- a)  $\alpha_i$ : ángulo de separación del eje  $Z_{i-1}$  y el eje  $Z_i$  sobre el plano perpendicular a  $X_i$ , utilizando la regla de la mano derecha, que definirá el signo.
- b)  $a_i$ : distancia más corta entre los ejes  $Z_{i-1}$  y  $Z_i$  a lo largo de  $X_i$  con el signo definido por el sentido de este último.
- c)  $\theta_i$ : ángulo que forman los ejes  $X_{i-1}$  y  $X_i$  sobre el plano perpendicular a  $Z_{i-1}$ , utilizando la regla de la mano derecha, que definirá el signo. En articulaciones giratorias se trata de la variable que define el ángulo girado por la articulación y se deja a cero.
- d)  $d_i$ : distancia a lo largo del eje  $Z_{i-1}$  desde el origen del sistema  $(i-1)$  hasta la intersección del eje  $Z_{i-1}$  con el eje  $X_i$ . En el caso de articulaciones prismáticas será la variable de desplazamiento.

### EJEMPLOS TIPOS DATOS RAPID

TASK PERS wobjdata

```
wobj1:=[FALSE,TRUE,"",[949.63,323.38,142.96],[1,0,0,0]],  
[[0,0,0],[1,0,0,0]]];
```