

# Control y Robótica en Medicina. Curso 2016-2017

## Práctica P2

29 de noviembre de 2016

**Fecha límite de entrega: 20 de enero de 2017 - 23:59**

En esta práctica se va a trabajar con el robot de un grado de libertad del laboratorio que se muestra en la Figura 1.

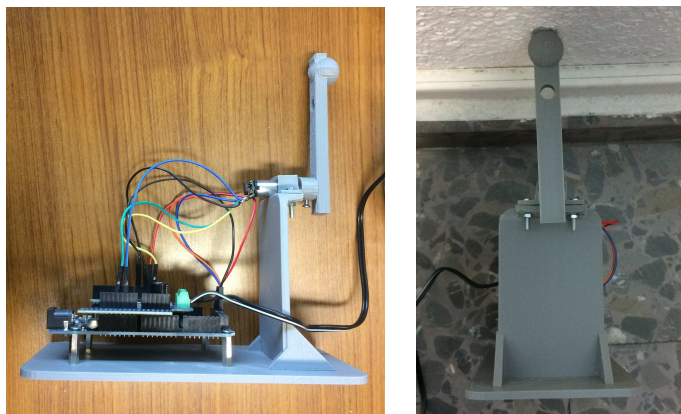


Figura 1: Imagen del robot del laboratorio

Para la realización de la práctica, se representarán los ejes de referencia inerciales tal y como se muestran en la Figura 2. El robot consta de un motor DC con un encoder al que se le ha unido una barra vertical a modo de péndulo, con las dimensiones y características que se muestran en la Tabla 1.

Parámetro	Descripción	Valor
$v_{max}$	Tensión máxima del motor	12 V
$r$	Reductora del motor	1:30
$\eta$	Rendimiento de la reductora	1.0
$R_m$	Resistencia del motor	16 Ohm
$k_m$	Constante de par del motor	2.06174 mNm/A
$m$	Masa de la barra vertical	37 g
$l_c$	Distancia desde el eje motor hasta el centro de masas	5.5 cm

Tabla 1: Dimensiones y características del robot del laboratorio

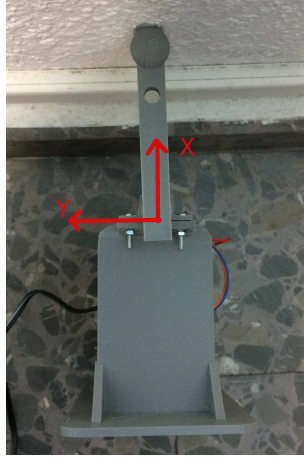


Figura 2: Representación del sistema de coordenadas del robot

La práctica se calificará evaluando una memoria escrita, el código correspondiente a la implementación del laboratorio y el funcionamiento del robot en el laboratorio. La memoria debe contener los apartados que se enumeran a continuación, todos ellos referidos al robot del laboratorio. Todos los apartados serán desarrollados en la electrónica del laboratorio, y se deberán obtener datos del funcionamiento del robot para presentar gráficas en la memoria que sustenten las explicaciones y las percepciones hápticas. Se valorarán las explicaciones realizadas en torno al comportamiento háptico del robot, tales como las relativas a estabilidad y transparencia.

En todos los apartados el robot comenzará con la barra en posición vertical (tal y como se muestra en la Figura 2). Se define  $\theta$  como el desplazamiento angular de la barra vertical con respecto al eje inercial  $x$ , por lo que  $\theta(t=0) = 0$ . Para todos los experimentos, se define el espacio de trabajo  $\theta \in (-\infty, \infty)$ , por lo que a efectos del entorno virtual tendremos, por ejemplo, que  $\theta(t_1) = 0 \neq \theta_2(t_2) = 2\pi$  o  $\theta(t_1) = -\pi/2 \neq \theta(t_2) = 3\pi/2$ .

1. **Diseño de un controlador para compensar el par gravitatorio (40 %)**. Utilizando los valores de la Tabla 1.
  - a) **Diseño de un controlador sin control lineal de velocidad (25 %)**
  - b) **Diseño de un controlador con control lineal de velocidad (25 %)**
  - c) **Diseño de un controlador con control lineal de velocidad y errores en el valor de la masa (50 %)**  
 En este último apartado se modificará el valor de la masa ( $m$ ), proporcionado en la Tabla 1, por  $m/2$ . Se diseñará el controlador donde la constante derivativa compense el error del valor de la masa.
2. **Diseño de sistemas hápticos (55 %)**. En este apartado se emulará la existencia de una pared, modelada como un muelle de torsión con fricción viscosa. Dicha pared dispondrá de diferentes valores de rigidez que proporcionarán diferentes percepciones hápticas.
  - a) **Diseñar un sistema háptico con un muelle de torsión sin fricción viscosa y sin compensación del par gravitatorio (20 %)** Ubicar la pared en la posición  $\theta \leq -\pi/2$ , siendo  $\theta$  la posición angular. Obtener diferentes valores de la constante de torsión que permitan percibir la pared como un elemento “blando”, “duro” y “muy duro”. Realizar los experimentos con la barra vertical de  $m = 37\text{ g}$  y eliminando el peso extra de la misma, que implica un valor de  $m = 10\text{ g}$ .
  - b) **Diseñar un sistema háptico con fricción viscosa sin compensación del par gravitatorio (20 %)** En esta ocasión no existirá ninguna pared en el entorno virtual, sino que únicamente se modelará un entorno con cierta viscosidad en todo el espacio de trabajo. Obtener diferentes valores de la constante de fricción viscosa que permitan percibir un entorno “poco viscoso” o “muy viscoso”.

Realizar los experimentos con la barra vertical de  $m = 37\text{ g}$  y eliminando el peso extra de la misma, que implica un valor de  $m = 10\text{ g}$ .

- c) **Diseñar un sistema háptico con un muelle de torsión con fricción viscosa y sin compensación del par gravitatorio (20 %)** Ubicar la pared en la posición  $\theta \leq -\pi/2$ , siendo  $\theta$  la posición angular. Obtener diferentes valores de la constantes de torsión y fricción viscosa que permitan percibir la pared como un elemento “blando”, “duro” y “muy duro”. Realizar los experimentos con la barra vertical de  $m = 37\text{ g}$  y eliminando el peso extra de la misma, que implica un valor de  $m = 10\text{ g}$ .
- d) **Diseñar un sistema háptico con un muelle de torsión con fricción viscosa y compensación del par gravitatorio (20 %)** Ubicar la pared en la posición  $\theta \leq -\pi$ , siendo  $\theta$  la posición angular. Obtener diferentes valores de la constantes de torsión y fricción viscosa que permitan percibir la pared como un elemento “blando”, “duro” y “muy duro”. Realizar los experimentos con la barra vertical de  $m = 37\text{ g}$  y eliminando el peso extra de la misma, que implica un valor de  $m = 10\text{ g}$ .
- e) **Diseñar un sistema háptico que se ancle al objeto (20 %)** Se substituirá la pared por un objeto modelado como un muelle de torsión en la posición  $\theta = -\pi/2$ , siendo  $\theta$  la posición angular. Una vez que se ha entrado en contacto con el objeto, se simulará que éste ha sido agarrado. Observar las diferencias con el apartado anterior cuando se suelta la barra vertical en diferentes posiciones del espacio de trabajo. Realizar los experimentos con la barra vertical de  $m = 37\text{ g}$  y eliminando el peso extra de la misma, que implica un valor de  $m = 10\text{ g}$ .

### 3. Conclusiones (5 %).

### 4. Bibliografía

**Entrega.** Se entregará un fichero comprimido (preferiblemente .tar.gz) que incluya la memoria de la práctica (en formato .pdf) junto con los ficheros del código de la implementación en el laboratorio a través de la plataforma Moodle de la asignatura.

Los ficheros deberán mantener la siguiente nomenclatura:

- El **fichero comprimido** donde se incluye la memoria y el código tendrá por nombre: “**GXX-P2.tar.gz**”, donde XX representa el número del grupo.
- El **fichero de la memoria** tendrá por nombre: “**GXX-P2.pdf**”, donde XX representa el número del grupo.
- El **fichero o ficheros del código** del laboratorio tendrá por nombre: El fichero principal tendrá el nombre “**GXX-P2.ino**”, donde XX representa el número del grupo, así como todos los ficheros adicionales necesarios para replicar la práctica.

La **extensión de la memoria** debe ser la mínima posible, en el sentido de que las explicaciones deben ser breves, no redundantes, claras y concisas, y las figuras del tamaño mínimo que permitan su interpretación y correcta lectura. Se valorará la presentación de gráficas que soporten las explicaciones, así como la descripción y comparativa de las diferentes percepciones hápticas de los diferentes apartados.