

# PRÁCTICA TRANSVERSAL

La práctica transversal consta de cuatro partes:

- Parte I: Análisis cinemático del robot.
- Parte II: Análisis dinámico del robot.
- Parte III: Simulación de un proceso industrial.
- Parte IV: Presentación de los aspectos más relevantes ante la clase.

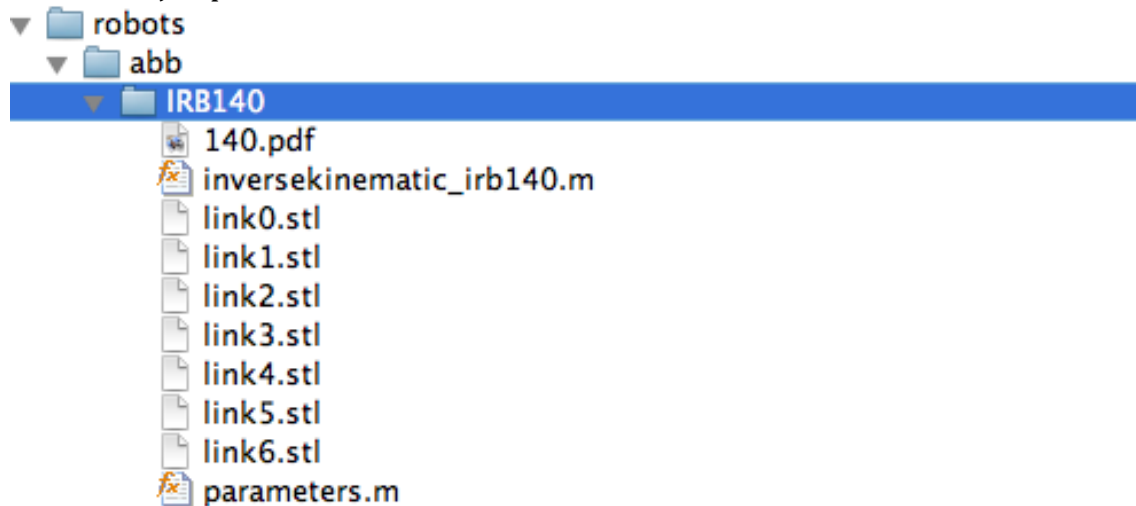
En cada parte se indican los ficheros a enviar. Envíese a [arturo.gil@umh.es](mailto:arturo.gil@umh.es) en un fichero zip.

## PARTE I: CINEMÁTICA

### 1) Directorio con el siguiente contenido:

- 1.1) Fichero de parámetros parameters.m, con los parámetros cinemáticos del robot (tabla de D-H). El fichero debe contener también una ayuda descriptiva
- 1.2) Ficheros gráficos stl de los eslabones del robot.
- 1.3) Función para el cálculo de la cinemática inversa. El nombre de la función y su ayuda deberán adaptarse al robot en concreto.
- 1.4) Fichero pdf del fabricante con los datos principales del robot.

Como ejemplo, se muestra el contenido del robot ABB IRB140:



El directorio deberá nombrarse correctamente según el robot realizado.

- 2) Fichero de prueba en el que se indicarán los datos del grupo: Nombre, DNI y robot elegido. Se adjunta un ejemplo del fichero que deberá utilizarse. Nótese que el nombre del fichero debe coincidir con el DNI del primero de los autores del trabajo que actuará como portavoz/representante.

Ejemplo: Nombre\_fichero **grupo\_abb6620.m**

```
%indicad vuestro robot, según el nombre que le hayáis dado a las carpetas
robot=load_robot('abb', 'IRB6620');

%Anotad vuestros DNI, según se indica. No borreis las comillas
robot.authors_dni={'45594059';
                  '74324335';
                  '67665545'};

%Anotad vuestros nombres, como texto, no borréis las comillas ' '
robot.authors_names={'Manuel Lúpez Hernández';
                    'Arturo Gil Aparicio';
                    'Rosalía de Castro Hernández'};

%especificad el número de soluciones de la cinemática inversa para vuestro robot.
robot.n_solutions=8;
```

**Únicamente se deberá enviar una copia al email indicado. La copia le enviará el representante del grupo.**

**Se recomienda que probéis el fichero para comprobar su funcionamiento desde la línea de comandos de Matlab. Por ejemplo:**

```
>> grupo_abb6620
>> test_kinematics_demo
```

## PARTE II: APLICACIÓN

En esta segunda parte se plantea que realices una práctica utilizando el robot que has elegido y modelado cinemáticamente.

Se plantean varios proyectos. Elige uno de ellos. Dentro de cada proyecto se definen diferentes tareas y subproyectos con diferentes niveles de dificultad. Selecciona la tarea que desees. Ten en cuenta, no obstante, que la nota final asociada a la parte II se calcula como:

$\text{nota\_parte\_II} = \text{nota\_aplicación} \times \text{índice\_de\_dificultad}$ .

Presenta en esta parte un script de Matlab demo.m que simule tu solución.

### A) Sistema robótico de "impresión" 2D+1/2

El robot dispone de un útil electromagnético en su extremo. El útil hace circular corriente en la superficie de la pieza y produce una alteración de esta. En consecuencia, podemos decir que el útil es capaz de escribir sobre superficies metálicas. Se supone que estas superficies se encuentran dentro del espacio de trabajo del robot. Es necesario que el útil se sitúe en todo momento perpendicular a la normal de la superficie del objeto.

Dispones de un conjunto de fuentes hershey. Carga las fuentes. `load('hershey')` observarás un conjunto de puntos de cada letra. Entra en la carpeta "data" con `cd data` desde Matlab. A continuación, observa y ejecuta el código siguiente (Robotics Vision and Control, Peter Corke, Springer 2017).

```
load hershey

% accede a cada letra B
B = hershey{'B'};

%Se muestran por pantalla las coordenadas y se marca con NaN cada uno de
%los segmentos de la letra. Son los trazos que pueden dibujarse sin
%levantar el lapiz de la superficie
B.stroke

%obten coordenadas "unitarias" x, y
x=B.stroke(1,:);
y=B.stroke(2,:);

%plotea mostrando las coordenadas de los puntos en coordenadas unitarias
figure, plot(x, y, '*')

% Con las lineas siguientes obtenemos una trayectoria que permite levantar
% el lapiz cuando se finaliza cada trazo
path = [ 0.25*B.stroke; zeros(1,size(B.stroke,2))];
k = find(isnan(path(1,:)));
path(:,k) = path(:,k-1);
path(3,k) = 0.2;

% plotea el camino
plot3(path(1,:),path(2,:), path(3,:))
```

Observa que el camino, en este caso, está dibujando una letra sobre el plano XY del robot cerca del origen (0,0,0) de la base del robot.

Con todo lo anterior, elige una de las siguientes tareas:

- A.1) El robot debe ser capaz de imprimir sobre cualquier **superficie plana** a diferentes escalas y orientaciones. Se debe especificar: a) la escala b) El texto c) posición y orientación del origen donde escribir.
  - Escribe, por ejemplo: AM I A ROBOT?
  - Índice de dificultad: 0.7
- A.2) El robot debe ser capaz de imprimir sobre cualquier **superficie esférica** a diferentes escalas y orientaciones. Se debe especificar: a) la escala b) El texto c) posición y orientación del origen donde escribir.
  - Escribe, por ejemplo: AM I A ROBOT?
  - Índice de dificultad: 1.0
- A.3) El robot debe ser capaz de imprimir sobre cualquier **superficie cilíndrica** a diferentes escalas y orientaciones. Se debe especificar: a) la escala b) El texto c) posición y orientación del origen donde escribir.
  - Escribe, por ejemplo: AM I A ROBOT?
  - Índice de dificultad: 0.75

## B) Sistema Gatling anti-misiles

La ametralladora Gatling fue la primera arma de fuego de repetición que tuvo éxito, combinando la fiabilidad con una alta cadencia de disparos y la facilidad de recarga en un solo dispositivo. Fue diseñada por el Inventor estadounidense Richard Jordan Gatling en 1861 y patentada el 9 de mayo de 1862. Actualmente, el término sistema Gatling normalmente se refiere a las armas con un sistema de cañones rotativos similar ([https://es.wikipedia.org/wiki/Ametralladora\\_Gatling](https://es.wikipedia.org/wiki/Ametralladora_Gatling)).

Considere que el robot cuenta con una ametralladora Gatling montada en su extremo y es parte en un sistema armamentístico con contramedidas sobre para misiles tierra-tierra de medio alcance. Asuma que el robot está instalado sobre un barco y debe impactar con balas del calibre 20 mm.

Presunciones:

- Asuma que el robot puede disparar con una frecuencia de 4500 disparos por minuto. Dispone de un total de 1550 balas en el cargador
- Asuma que es capaz de percibir la posición y orientación del misil cuando se encuentra a 10000m y de que es capaz de calcular su trayectoria de impacto con precisión.
- Asuma un alcance máximo de los disparos de la ametralladora Gatling de 650 m.
- Velocidad del misil: 500 m/s

- Velocidad de salida del proyectil: 1035 m/s
- Asuma unas velocidades articulares máximas del robot de  $\dot{q}=3$  rad/s. Considere los efectos inerciales del robot despreciables y muévalo únicamente planificando una trayectoria cinemática.



#### Tareas (única):

- Deberá simular la trayectoria 3D del misil como función del tiempo. Realice las presunciones que considere oportunas sobre esta trayectoria.
- Deberá simular la trayectoria de la munición a disparar por la Gatling (Robot), considerando esta trayectoria parabólica y considerando que existe rozamiento debido al aire.
- Deberá encontrar unas coordenadas articulares del robot de tal manera que los disparos de la Gatling impacten dentro del máximo alcance efectivo de dicha munición y, preferiblemente, antes de que el misil impacte con el barco.
- Simule el sistema y proporcione animaciones y pruebas de los impactos obtenidos.

Índice de dificultad: 1.0

#### Referencias:

<https://fas.org/man/dod-101/sys/ship/weaps/mk-15.htm>

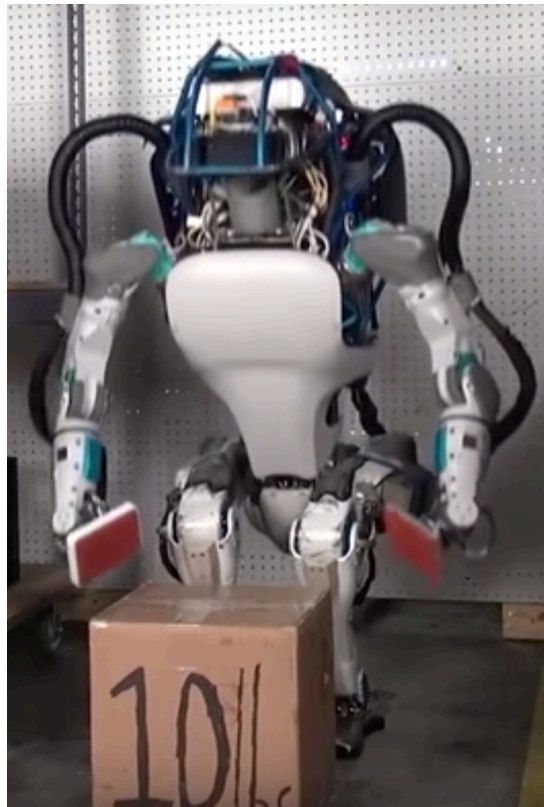
### C) Sistema ambidextro de manipulación robótica

Considere que ha sido contratado recientemente por la empresa Boston Dynamics para participar en el diseño del robot Atlas, en concreto en el proyecto de manipulación de objetos. Dicho robot cuenta con dos brazos de 6 GDL pegados a un torso. Considere que las extremidades inferiores del robot no se mueven y que los brazos están equipados con dos superficies rugosas que le permiten asir cajas (vea el robot en funcionamiento en <https://www.youtube.com/watch?v=V8877IOMP5Y>, minuto 1).

Considere que dispone de las dimensiones del robot y que puede comandar en posición y velocidad los dos brazos.

Tareas:

- Planifique una trayectoria (para cada brazo) que permita coger una caja del suelo y colocarla sobre una mesa. Asuma que los contactos con la caja son perfectos y que el sistema de control del brazo será capaz de compensar las pequeñas irregularidades de la caja.
- Simule el sistema y proporcione animaciones y pruebas de los impactos obtenidos. Represente la trayectoria de cada brazo en el espacio de la tarea. Represente también las trayectorias articulares. Considere diferentes posiciones iniciales y finales de la caja.



Índice de dificultad: 1.0

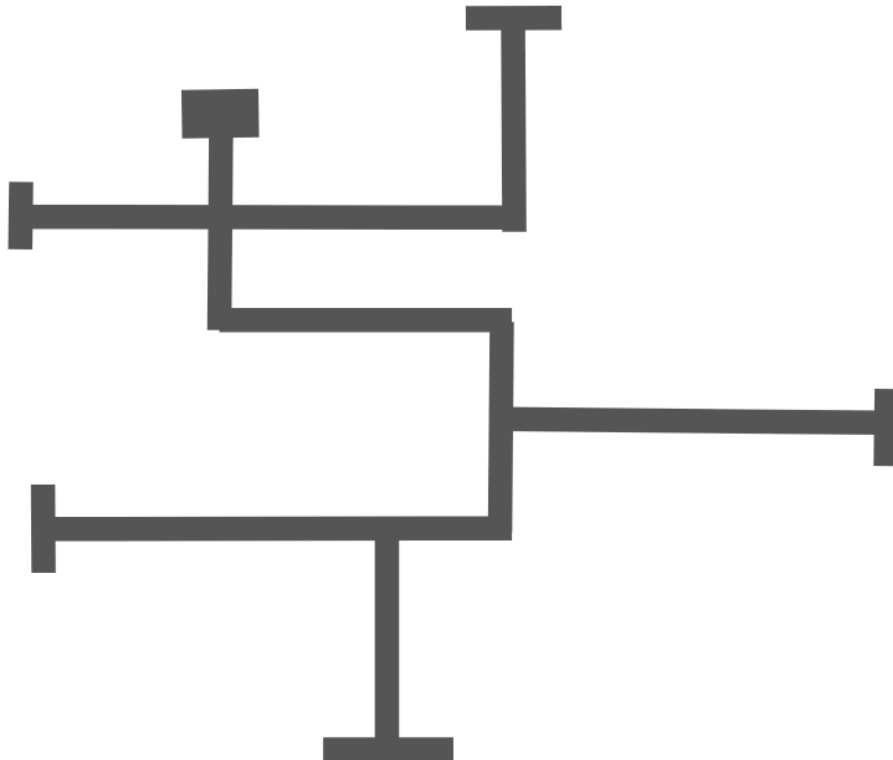
## D) Robot móvil en un laberinto

Considere que dispone de un robot móvil capaz de seguir líneas marcadas en el suelo. Las líneas del suelo forman un laberinto y el robot debe ser capaz de salir de él desde cualquier punto. Observa el vídeo en [https://www.youtube.com/watch?v=EiD1LNPm\\_24](https://www.youtube.com/watch?v=EiD1LNPm_24). Considera una solución similar a la mostrada en el vídeo pero teniendo en cuenta que el robot percibe perfectamente el entorno sin necesidad de contar con sensores.

Presunciones:

El robot no conoce el laberinto en su totalidad. Solamente es capaz de observar parte de él (en un radio de 2 m alrededor de él). De esta manera es capaz de observar intersecciones, giros... etc. No obstante el robot tiene una mente *positrónica* perfecta que le permite recordar todo el mapa que ha recorrido hasta el momento.

El mapa tendrá una forma irregular similar a la siguiente imagen. Contará con, al menos 50 intersecciones.



Tareas:

D.1) Existe una regla que permite salir de los laberintos girando siempre en la puerta más cercana a la mano derecha (izquierda) del robot (la mano derecha/izquierda del robot siempre toca la pared).

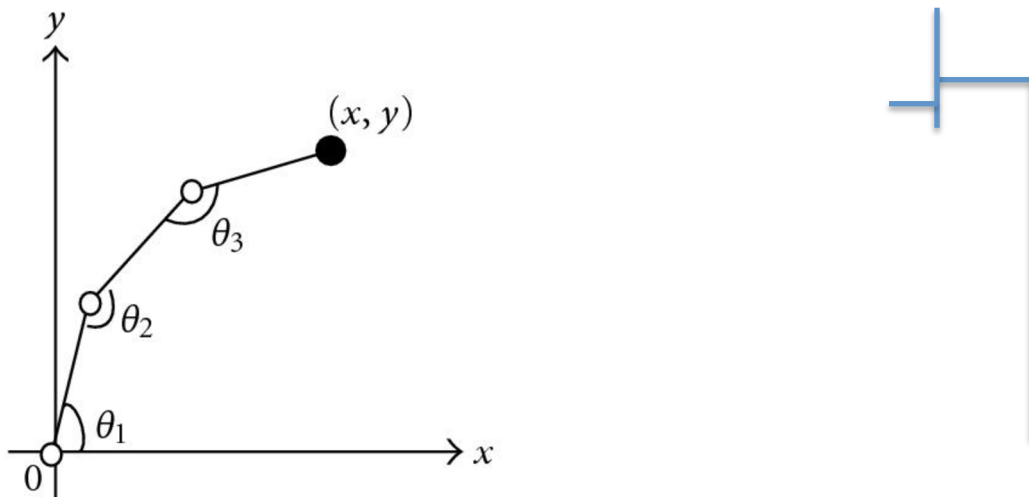
Índice de dificultad: 0.7

D.2) El robot debe de ser capaz de explorar el laberinto en su totalidad. En el momento en el que se le dé la orden, el robot encontrará el camino más corto hacia la salida más cercana.

Índice de dificultad: 1.0

## E) Robot jugador de baloncesto

Cuentas con un robot plano de 3GDL. El robot debe ser capaz de lanzar una pelota a una distancia variable entre 3 y 20 m. El robot debe ser capaz de encestar la pelota en una canasta situada a esa distancia. Considera que no existe rozamiento con el aire. El esquema se presenta en la siguiente imagen.



Suposiciones:

Considera que el robot cuenta con un sistema para asir la pelota y soltarla en el momento que desee. En ese momento el vector velocidad será tangente a la trayectoria del extremo. Usa tus conocimientos sobre la Jacobiana de este robot para hallar el vector velocidad en cada momento. Igualmente, ten en cuenta que puedes utilizar la Jacobiana inversa.

El robot tiene dimensiones  $l_1=l_2=l_3=1\text{m}$ . Las velocidades máximas de cada articulación son  $1\text{ rad/s}$ . Utiliza unas dimensiones de la canasta estándares.

Tareas:

E.1) Calcula una trayectoria del brazo que permita recoger la pelota de la posición marcada  $(-3, 0, 0)$  y lanzarla a diferentes distancias... anotando siempre.

Índice de dificultad: 0.9



E.2) Calcula una trayectoria del brazo que permita lanzar la pelota a la mayor distancia posible.

Índice de dificultad: 1.0

### **F) Propón tú qué quieres simular o resolver!**

Coméntalo con alguno de los profesores. Plantea el problema y resuélvelo tú mismo!

## **PARTE IV: PRESENTALO A TUS COMPAÑEROS**

Tienes 15 min para presentar lo que has hecho a tus compañeros. Aspectos cinemáticos del robot ¿Cómo has resuelto la cinemática inversa?. Céntrate, principalmente en la parte II de tu proyecto. Presenta un vídeo de la simulación del proceso. Expón los aspectos más destacables del trabajo. ¿Cuáles son las suposiciones principales que has hecho? ¿Cómo son las soluciones que has encontrado al problema? Presenta y justifica el proceso que has simulado. Son 15 minutos --> la regla de oro dice que tenéis 15 slides para resumirlo todo.