

# Tarea computacional

## Aplicaciones numéricas sobre mecanismos de la casa

**Objetivo de la tarea:** Aplicar teoría de mecanismos sobre equipos disponibles en el departamento, acorde a resultados de aprendizaje RA1, RA2, RA3, RA4 y RA7 del [programa del curso](#).

### Instrucciones:

- El trabajo es individual.
- Los mecanismos a estudiar se encuentran en: FabLab, Laboratorio de Robótica y Taller Molina.
- Entregar un (1) documento colab (.ipynb) con el formato de nombre **NR\_3250\_NOMBRE\_APELLIDO.ipynb** (No se revisarán documentos sin el formato).
- Si utiliza modelos de generación de texto, debe incluir la(s) entrada(s) (*prompt*).
- Las preguntas se responden en el mismo documento colab.
- El archivo entregado debe correr sin errores
- Recuerde activar el entorno GPU para que el simulador funcione

### Recomendaciones:

- Declare claramente las funciones en python
- Comente y entienda su código
- Apoyese de librerías como NumPy, Matplotlib, SciPy, SymPy, etc.
- Guarde versiones del documento

P1) Sistema mecánico: en la Figura 1 se muestra el dibujo conceptual de un mecanismo de 9 links para amplificar la fuerza de cierre sobre un molde de inyección. La actuación del mecanismo se logra gracias a un actuador neumático de doble efecto. (2pts)

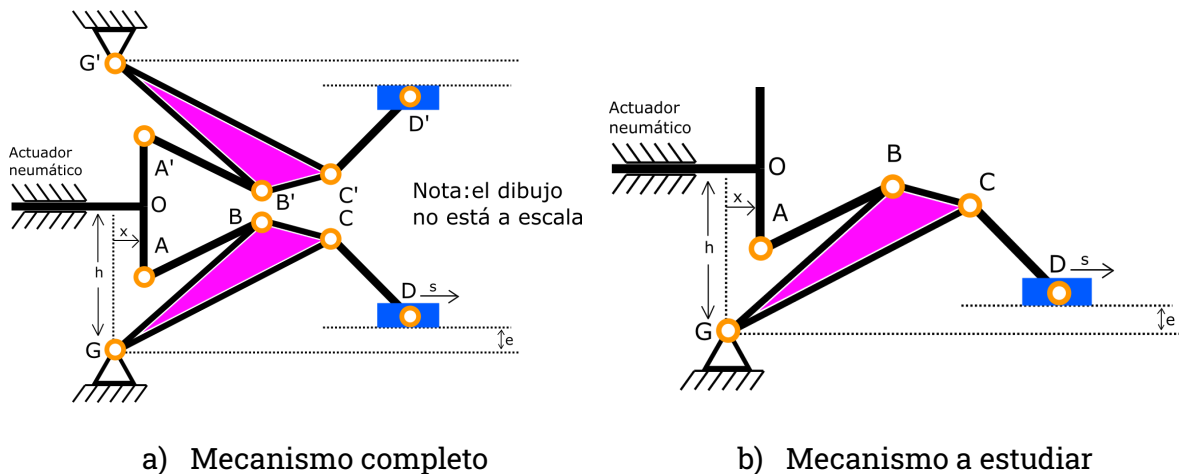


Figura 1: Prensa para molde de inyección.

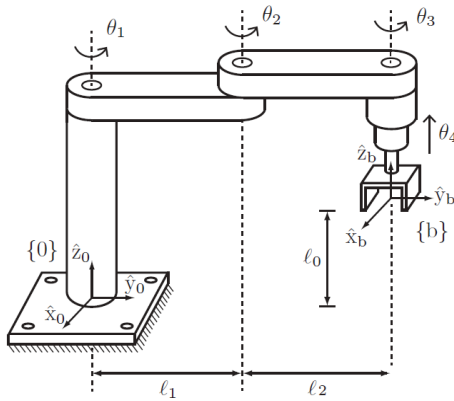
$OA=36\text{mm}$ ,  $AB=12\text{mm}$ ,  $BC=12\text{mm}$ ,  $GC=30\text{mm}$ ,  $BC \perp GC$ ,  $CD=37.5\text{mm}$ ,  $e=0$ ,  $h=60\text{mm}$

\* Equipo desarrollado para el curso ME5120, Otoño 2023.

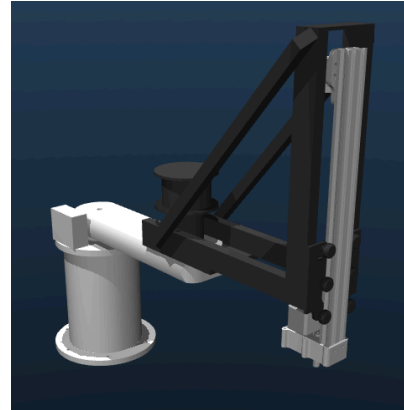
\*\*Se encuentra en Taller Molina.

- (1pt) El mecanismo a) debe entregar una fuerza máxima de cierre  $F_c = 100$  [kN]:
  - a. Encuentre el factor de amplificación máximo ( $k^*$ ) y la fuerza máxima que debe entregar el actuador ( $F_a$ ) con el método que prefiera.
  - b. Grafique el factor de amplificación  $k$  vs  $x$ .
  - c. Detalle cuáles son los efectos de las dimensiones  $e$  y  $h$ , tanto para la acción del actuador, como para la fuerza de cierre.
- (1pt) Modele el mecanismo b) con el método de Newton-Raphson. El rango para el actuador es variable actuada  $x \in [-10, 31]$  mm,  $s$  es variable desconocida.
  - d. Grafique el desplazamiento  $s$  vs  $x$ .
  - e. Identifique la zona de inestabilidad de solución para el mecanismo.
  - f. Suponiendo que la velocidad del actuador es cte,  $\dot{x} = 150$  mm/s:
    - i. Grafique la velocidad del punto D vs  $x$ .

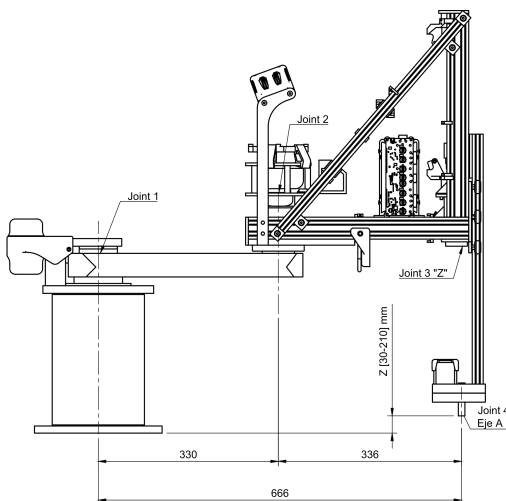
P2) Manipulador robótico: en la Figura 2 se muestra un manipulador tipo SCARA que se utiliza industrialmente para labores de pick & place. Se busca resolver el problema de cinemática inversa para el manipulador. Para el problema no se considera el joint 4 (Fig 2.c). Las variables actuadas son  $\theta_1$ ,  $\theta_2$  y  $z$ . (2pts)



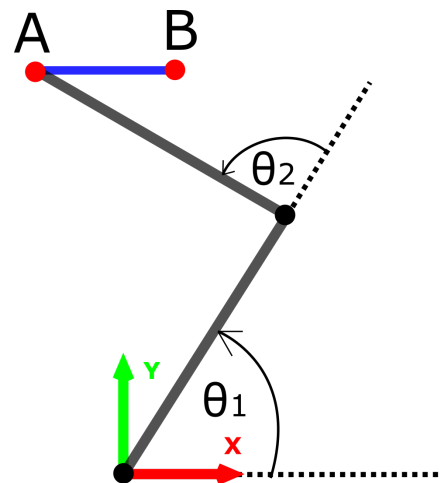
a) Dibujo conceptual\*\*\*



b) Modelo simulado



c) Medidas referenciales del manipulador (en mm)



d) Orientación del manipulador

Figura 2: Manipulador SCARA

\*Equipo desarrollado durante las memorias de título de Andrés Astudillo (DIMEC) y Felipe Guajardo (DIE). El fundamento del diseño mecánico está disponible en <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/178031>

\*\* Se encuentra en el FabLab.

\*\*\*Fuente: Modern Robotics: Mechanics, Planning, and Control (1st. ed.)

- (0.75pts) Modele el manipulador utilizando el método de Newton-Raphson para resolver una acción de *pick & place* entre A y B. La rutina sigue de la siguiente forma:
  - Parte en A (x -300,y 200, z 30) y sube a (x -300, y 200, z 210)
  - Entre A y B se mueve por una línea recta (manteniendo la altura z 210)
  - En B (x 100,y 200, z 210) baja a (x 100,y 200, z 30)
- (0.25pts) En un mismo gráfico muestre el comportamiento de  $\theta_1, \theta_2$  a través del movimiento en línea recta de A a B.
- (0.5pts) En muchos casos las soluciones deben aproximarse para mejorar el tiempo de respuesta del controlador de cada actuador, por lo que las líneas rectas no son exactas en un mecanismo de actuadores que rotan. Varíe la resolución para las soluciones  $\theta_1, \theta_2$  durante el movimiento en línea recta. Entregue en un mismo gráfico las posiciones "x" resultantes al evaluar  $\theta_1, \theta_2$  para 3 resoluciones distintas.
- (0.25pts) A partir del escenario anterior, entregue en un mismo gráfico los errores de posición vs las posiciones "x". Concluya cuál sería una resolución "suficiente".
- (0.25pts) Reemplace los valores de  $\theta_1, \theta_2$  y z en la simulación de MuJoCo para visualizar la rutina.

P3) Bípedo robot: en la Figura 3 se muestra al teropobot, el cual tiene la capacidad de desplazarse en dos patas. El problema de caminata bípeda es altamente complejo, que requiere control constante del equilibrio. Para este problema se simplifica el problema a 2D y una pata. Se tienen 4 joints que rotan: Hip pitch, Knee, Ankle y Metatarsophalangeal. A partir del movimiento de los 4 joints se busca realizar una pisada, entre A y B describiendo una línea recta, mientras se mantiene una altura constante. (2pts)

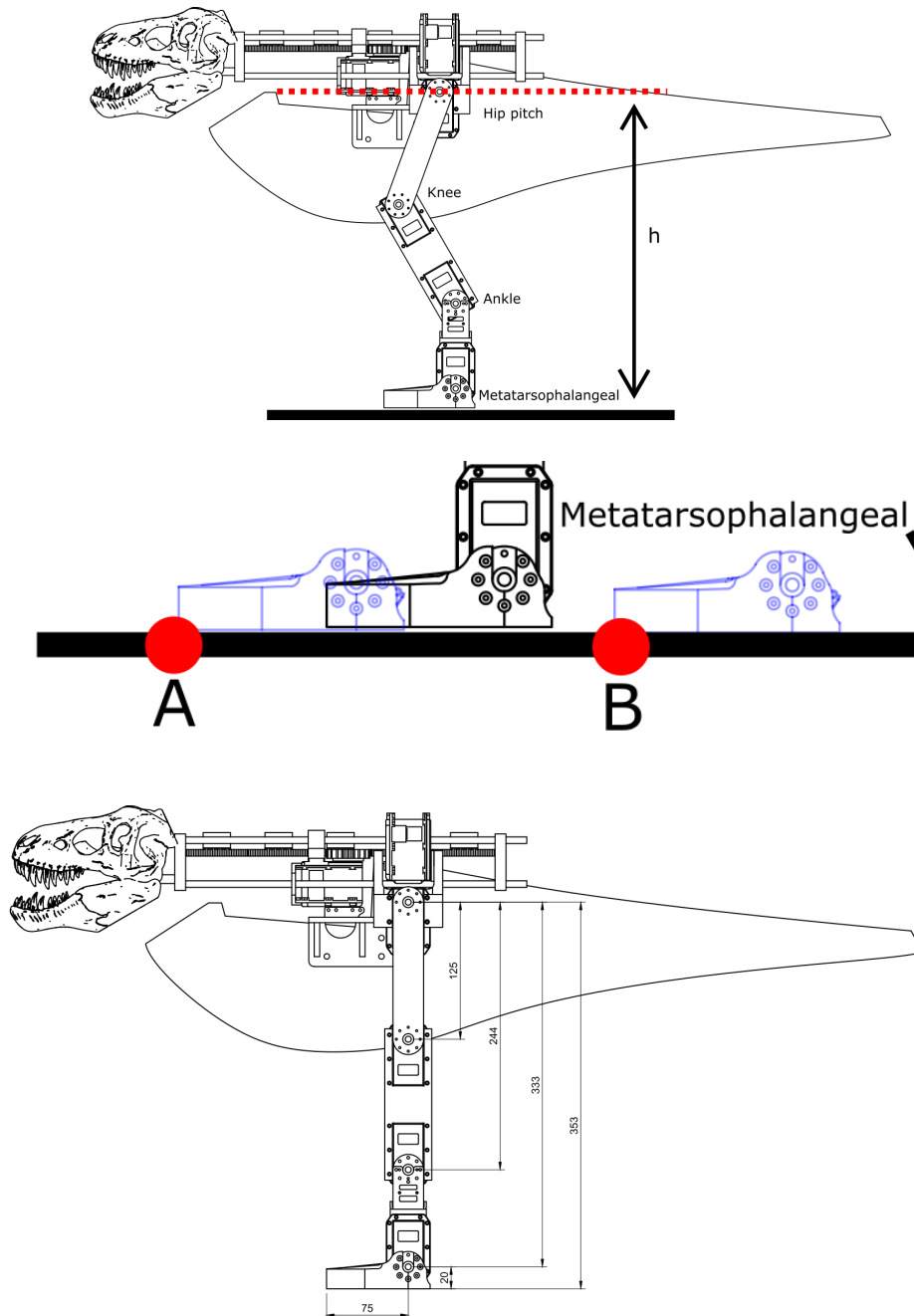


Figura 3: Vista lateral del teropobot

\*Equipo desarrollado durante el post-doctorado del doctor Bruno Grossi para la investigación de la hipótesis del *head bobbing* de un terópodo.

\*\* Se encuentra en el laboratorio de robótica.

- (0.75pts) Diseñe una pisada básica, definiendo los valores de A, B y h. Verifique que la geometría del teropobot alcanza a cumplir con las posiciones.
- (1pt) Modele la pata utilizando el método de Newton-Raphson para resolver los ángulos de los joints durante la caminata.
- (0.25pts) Reemplace los valores de los joints en la simulación de MuJoCo para visualizar la pisada.