

Denavit y Hartenberg

Para aprobar y regularizar la materia, en cada trabajo práctico debe tener aprobado los ejercicios marcados como **obligatorios**. Se recomienda realizar todos los ejercicios para lograr un mayor entendimiento de los conceptos teóricos volcados en las clases, además le servirán también para la elaboración del trabajo final integrador. Se atenderán consultas de todos los ejercicios por igual.

Ejercicio TF (obligatorio): El ejercicio consiste en la confección de dos scripts de Matlab (archivos ejecutables).

- 1) Cree un archivo “robot.m” donde definirá el robot seleccionado para el TF. Este archivo será ejecutado posteriormente en los demás ejercicios relacionados con el TF, de manera de trabajar siempre con la misma definición. El script debe tener, como mínimo, las siguientes funcionalidades:

- a. Incluir al *path* de Matlab el toolbox RTB, salvo que esté incluido por defecto. La inclusión de un determinado directorio al *path* se puede hacer con:

```
addpath(genpath(folderName))
```

- b. Declarar una matriz “dh” con los parámetros DH del robot, ordenados por fila como: tita, d, a, alfa, sigma.
- c. Crear un objeto “SerialLink” en una variable “R” y setear los siguientes parámetros (si no tiene definido sus valores, asumir genéricos temporalmente):
 - i. name
 - ii. qlim
 - iii. offset
 - iv. base
 - v. tool

Nota: es recomendable tener completamente en claro qué representa cada parámetro, ya que son conceptos básicos de suma utilidad a lo largo del cursado. Consulte ante cualquier duda.

- d. El script también debe tener una variable “workspace” para futuras operaciones de ploteo, donde deberá definir las dimensiones del espacio tridimensional donde se harán las animaciones y ploteos 3D. Este arreglo se debe definir en metros y con el siguiente orden:

```
[-limX, +limX, -limY, +limY, -limZ, +limZ]
```

- e. **Opcional:** incluya la línea `clear, clc, close all;` al inicio para iniciar con el *Workspace* limpio (variables en memoria), la *Command Window* limpia, y todas las *Figures* cerradas, respectivamente.

Opcional: para verificar el correcto funcionamiento del script, cree otro aparte, de prueba, y llame el script anterior en la primera línea. Luego, haga uso de las funciones “plot” y “teach” del toolbox, métodos de la clase SerialLink, y por lo tanto del objeto “R” que debe estar en la memoria. Verifique visualmente el robot obtenido y corrija si es necesario. Use la variable “workspace” al plotear.

- 2) El segundo script consiste en una herramienta muy útil para trabajos prácticos futuros, específicamente para la resolución de la cinemática inversa, problema complejo que se abordará próximamente. Este script solo realizará un plot del robot, y adicionalmente de uno o varios sistemas de referencias asociados a la definición de parámetros de DH. Específicamente el script debe tener:
- Llamado del archivo "robot.m" del punto anterior, para tener definido el objeto "R" en la memoria.
 - Definición de un vector de posiciones articulares que se desee analizar.
 - Definición de un vector de booleanos en donde se indique qué sistemas de referencia se desean visualizar. Ejemplo: si tenemos un robot de 3gdl y el vector es "sistemas = [1, 1, 1, 1]", entonces se deben graficar los sistemas {0}, {1}, {2}, y {3}; si fuera "sistemas = [0, 0, 1, 1]", solo se graficarán los últimos 2 sistemas.
 - Ploteo del robot en la posición definida en b. Se recomienda reducir la escala de los elementos gráficos del plot mediante la propiedad "scale", también reducir los diámetros de las articulaciones con "jointdiam", y quitar el suelo con "notiles".
 - Por último, en un bucle recorra todos los sistemas posibles del robot, y gráfíquelos de acuerdo al vector definido en c. Recuerde usar "hold on" antes del bucle, y ayudarse con la función "trplot" para los sistemas. En esta función puede indicar el nombre del sistema, colores, tamaños, entre otros.
- Nota:** considere parámetros "base" y "tool" del objeto "R" distintos de la matriz identidad, por más que de momento no aplique a su trabajo.

Justificación del diseño del robot

Para hacer el diseño del robot, es decir elegir los parámetros geométricos, el proceso constó de 3 etapas:

1) Selección de las articulaciones:

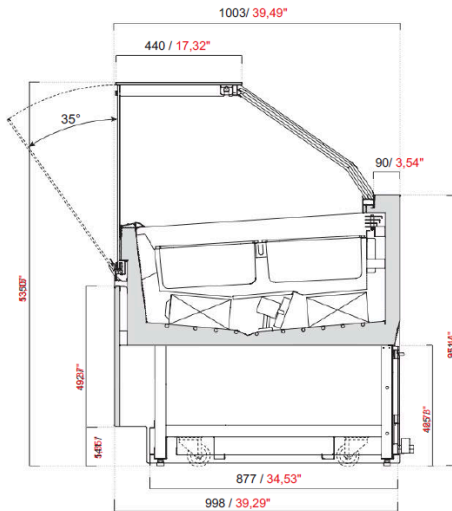
Lo primero que hubo que decidir fue cómo organizar las articulaciones del robot de 6 grados de libertad. La distribución elegida finalmente fue tener 3 ejes perpendiculares cercanos a la base del robot, con poca distancia entre ellos (una suerte de hombro), un 4to eje paralelo al anterior a mitad de camino entre la base y el extremo, y dos ejes perpendiculares, tanto como con el 4to como entre sí, cercanos al efector final (similar a una muñeca).

Los robots comerciales de 6 DOF suelen tener una distribución inversa a esta, con 2 cercanos a la base y 3 hacia el final en la muñeca, este diseño se considero, pero finalmente se prefirió colocar los 3 en la base y 2 en la muñeca por dos razones:

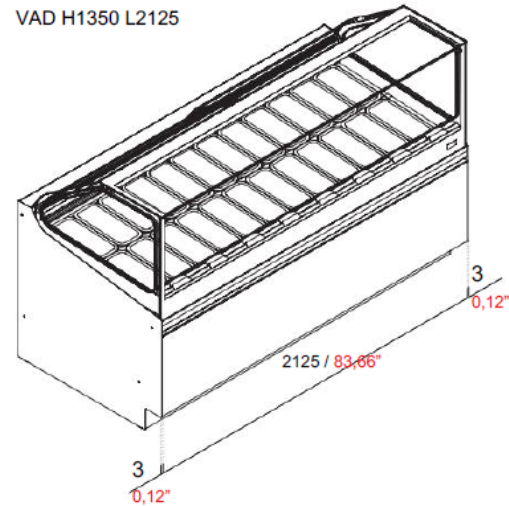
- Mientras que la mayoría de brazos robots comerciales usados para producción no están expuestos al público general, este si va a estarlo. Por esto mismo es importante que el los movimientos que realice no solo sean solamente funcionales, sino también estéticamente atractivos y lo más humanizados posible. Para conseguir esto, se buscó imitar el movimiento de un brazo humano realizando la tarea.
El brazo humano cuenta con 7 grados de libertad: 3 en el hombro, 1 en el codo y 3 en la muñeca. Analizando la técnica usada por una persona para servir helado, notamos que se hacía más uso de los 3 grados de libertad del hombro que de los de la muñeca. Por esto se optó por perder uno de los grados de libertad de la muñeca (el considerado el menos natural entre los 3)
- Las vitrinas de helado siempre cuentan una apertura deslizante horizontal, la cual el robot va a abrir y cerrar en su funcionamiento, y deberá introducir el brazo por una ranura de

unos 40 cm de alto, por ello se consideró importante que el robot pueda poner el brazo en una posición horizontal con naturalidad, para mover bien la puerta en la corredera y introducirse para servir helado.

VAD H 1350



VAD H1350 L2125

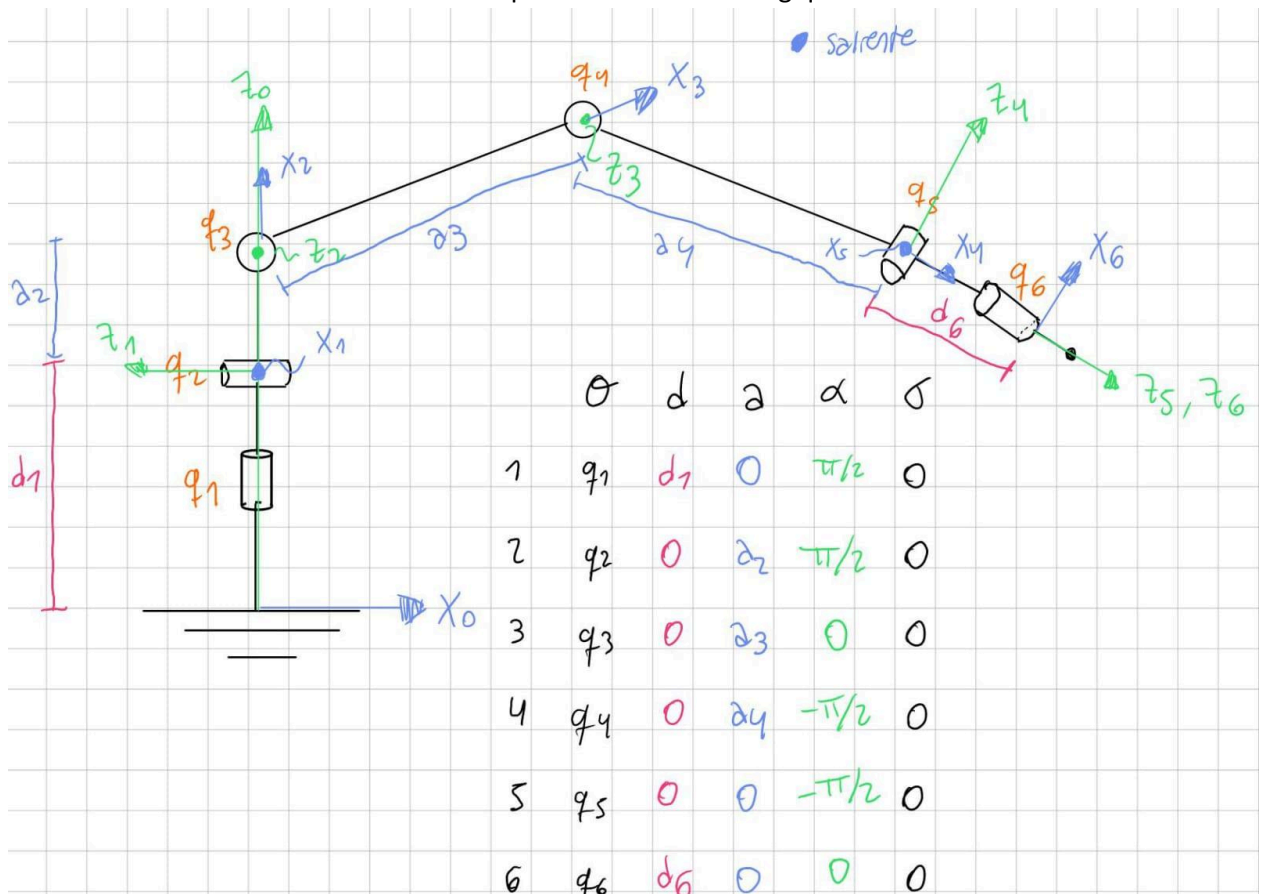


2) Determinación de las distancias:

Una vez determinadas las articulaciones, resta determinar las distancias entre las mismas. Siguiendo la misma idea, se buscó que fuese lo más antropomórfico posible, por lo que las 3 primeras articulaciones van a estar bastante juntas, así como las 2 últimas, la mayor distancia va a estar entre la 3ra y 4ta y la 4ta y 5ta articulación.

Las distancias entre las articulación de base y muñeca se eligieron considerando la separación física necesaria dada por el tamaño de los motores.

De esta forma el análisis del robot por Denavit Hartenberg queda:



Donde:

$d1 = 150 \text{ mm}$

$d6 = 50 \text{ mm}$

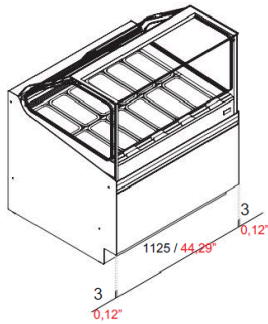
$a2 = 100 \text{ mm}$

$a3 = 500 \text{ mm}$

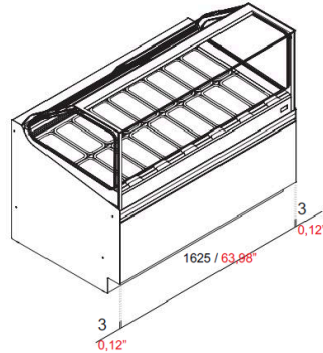
$a4 = 500 \text{ mm}$

Se optó por estas considerando las vitrinas estándar de la industria.

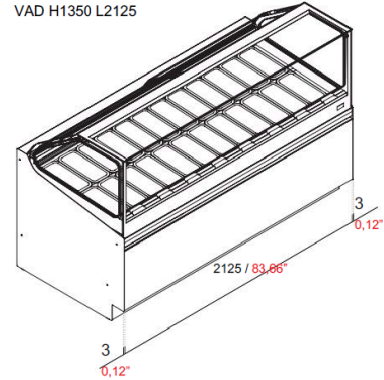
VAD H1350 L1125



VAD H1350 L1625



VAD H1350 L2125



Para garantizar que el robot pueda acceder a cualquiera de las bandejas en la vitrina, se evaluó su capacidad para alcanzar las vasquetas en la vitrina de menor tamaño.

Aún así, en la industria, la vitrina VAD H1350 L2125 es la más comúnmente utilizada. Dado que esta vitrina tiene el doble de vasquetas que la L1125, se consideró que en caso de fabricar un robot para el modelo, sería más práctico instalarlo sobre rieles. De esta manera, poder moverse entre las dos posiciones necesarias para alcanzar todos los sabores.

Cabe mencionar que, para el análisis del robot fijo, se asume que estamos trabajando con una vitrina L1125, evitando el problema del diseño sobre rieles.

3) Límites de movimiento de los motores:

Se consideraron inicialmente servomotores con 180° de rango, los mismos podrían llegar a necesitar ser modificados en el futuro.

4) Configuración de la Base

La altura de la base del robot, **hBase**, se define para posicionar al robot adecuadamente sobre el plano de trabajo, asegurando que sus movimientos sean funcionales dentro de la vitrina de helados. Este parámetro permite que el robot opere desde una altura que facilite el acceso a las bandejas. La misma sigue la altura típica de las vitrinas de helado. El robot iría acoplado a una base atornillada al piso, con la altura ya mencionada.

5) Configuración la Herramienta del Robot

Por otro lado, **dEspatula** corresponde a la longitud de la herramienta final (la espátula). Este valor se configura para que el efector final pueda alcanzar correctamente los recipientes de helado. Para la misma se adoptó el tamaño típico de una espátula profesional comúnmente usada en las heladerías, para que el robot realice las tareas de servicio con precisión y eficiencia. Previamente bien definido para propiamente considerarlo en el diseño del brazo robótico, sus movimientos y alcances.

Espátula para helados

Cód: 1oSGoo



Espátula clásica para helados en varios colores. Con cuchara de acero inoxidable y mango de plástico ergonómico, personalizable a petición con escritos y logotipos.

Longitud total: 26 cm
Longitud del mango: 13 cm

Tamaño del artículo: 26 cm
Tamaño del mango: 13 cm - Tamaño de la cuchara: 10 x 5,8 cm
Piezas empaquetadas: 1 pc

Color:

Color: Acero pulido mango Transparente	▼
--	---



Código de artículo seleccionado: 1oSGoo