



UNIVERSIDAD DE JAÉN

Práctica 1 de Robótica

Introducción a la programación en TPE.

Departamento de Ingeniería Electrónica y Automática

Área de Ingeniería de Sistemas y Automática

1. Introducción.

En este breve manual se muestra:

- Una descripción de los elementos principales del robot LR Mate 100 IB de FANUC y del controlador R-J3iB.
- Una introducción a la programación en TPE.
- El guion de un programa simple de manipulación de piezas

2. LR Mate 100 IB.

El **LR Mate 100 IB** es un robot manipulador industrial de la empresa FANUC. Es utilizado para numerosos tipos de aplicaciones, entre las que caben destacar: carga y descarga de maquinaria, manipulación de materiales, soldado en horizontal, limpieza de componentes, ensamblado, etc. Se muestra en la Ilustración 1 y se caracteriza por:

- Configuración articular.
- Grados de libertad. 5.
- Carga útil: 5 Kgs.
- Espacio de trabajo: 620mm.
- Motores eléctricos servocontrolados.
- Repetibilidad $\pm 0.04\text{mm}$.
- Posicionamiento mediante encoders absoluto

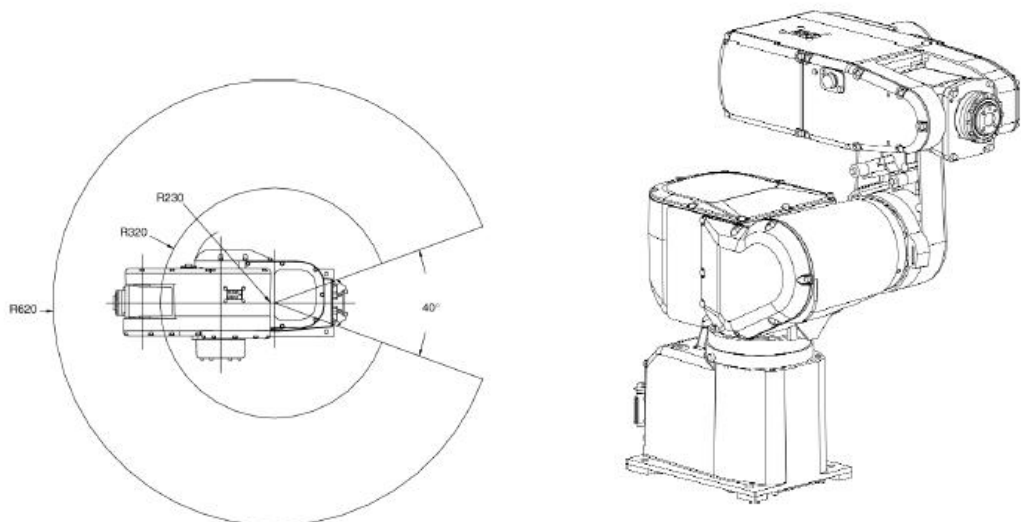


Ilustración 1. LR Mate 100 IB y espacio de trabajo



Ilustración 2 Controlador R-J3i tipo B

El controlador es el **R-J3i tipo B**. Es un controlador de pequeño tamaño, con entradas y salidas a 24 VDC. También da la posibilidad de comunicación a través de Ethernet. Se muestra en la Ilustración 2.

En esta práctica programaremos el LR Mate 100IB con la pistola de programación (TP) presentada en la Ilustración 3.

3. Movimiento del robot.

Para mover el robot es necesario presionar el interruptor **DEADMAN** situado en la parte posterior de la pistola de programación y girar el interruptor de habilitación / inhabilitación a la posición de **ON**. Si soltamos el DEADMAN con el interruptor en ON se produce un error de programación (led FAULT encendido). Para resetear el fallo bastaría con pulsar la tecla Reset del TP manteniendo pulsado el interruptor DEADMAN.

Es necesario seleccionar el sistema de coordenadas respecto al que nos vamos a mover, que se selecciona pulsando sobre la tecla COORD (con la tecla Shift liberada).

Podremos elegir mover el robot en el espacio de las articulaciones (JOINT) o en un sistema cartesiano.

- JOINT: para selección de movimiento manual eje a eje. Cada eje o articulación puede accionarse en forma individual, en sentido positivo o negativo. Se pueden mover dos o más ejes simultáneamente. Este movimiento se mide en grados.

- XYZ: para selección de movimiento de coordenadas cartesianas del robot. Existen cuatro tipos de coordenadas cartesianas (WORLD, USER, JOGFRM o TOOL):
 - WORLD: es un sistema de coordenadas cartesianas, tridimensional y universal que se encuentra en un punto conceptual, no físico, sobre cada unidad mecánica. Es origen para todo movimiento cartesiano, viene definido de fábrica y es fijo e inamovible. Este sistema se denomina WCS y no es accesible desde la consola.

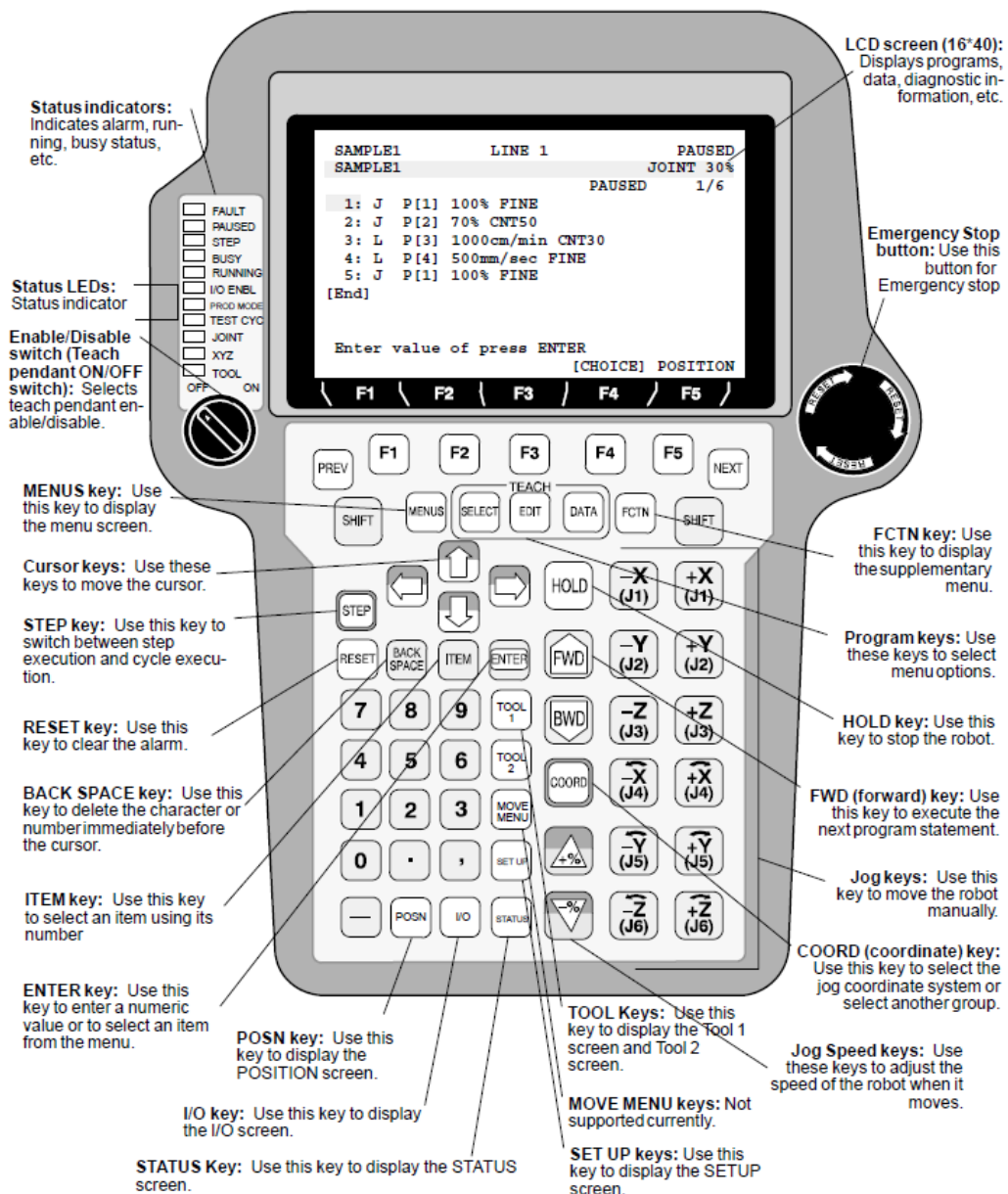


Ilustración 3. Teach Pendant

- **USER:** es un sistema de coordenadas cartesianas, cuyo origen viene definido por el usuario. Se disponen de 9 sistemas de coordenadas USER programables (para este modelo de controlador R-J3i tipo B). Por defecto, el primero coincide con WCS. Trabajar con varios sistemas USER es muy útil cuando se programa en casa del integrador, se desmonta la célula y se monta nuevamente en casa del cliente (ver Ilustración 4). También es útil cuando se quiere realizar el mismo conjunto de trayectorias en dos espacios de trabajo diferentes. El sistema se denomina UCS.
- **TOOL:** es un sistema basado en la herramienta, y con origen en la misma. Es definible por el usuario. En general, el eje z será en la dirección de actuación de la herramienta (si es una garra, perpendicular al eje de la misma), aunque puede ser distinto según conveniencia. El sistema se denomina TCS.

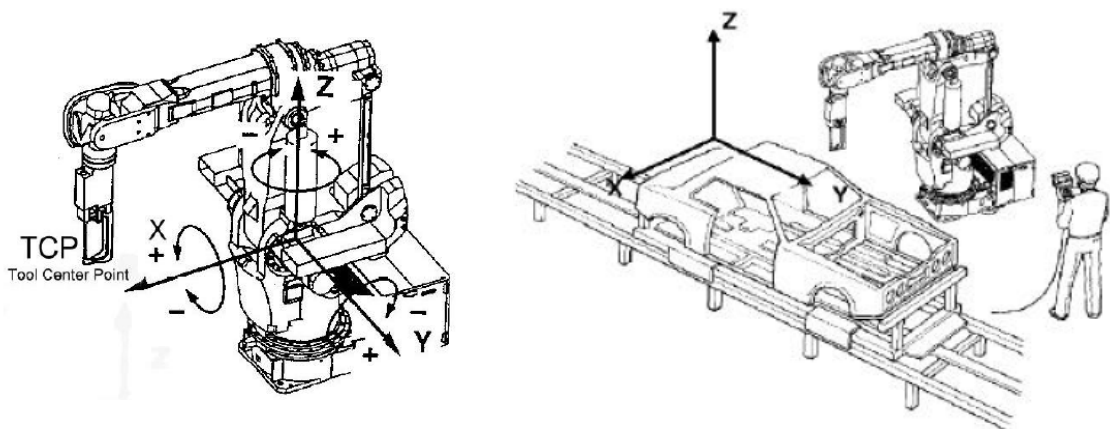


Ilustración 4. Sistemas de coordenadas XYZ WORLD y JOGFRM

Para la selección de la velocidad de movimiento se pulsarán las teclas de la Ilustración 5. A continuación, para mover el robot bastaría con presionar y sostener la tecla **SHIFT** y mantener pulsada la tecla que corresponda al sentido en el cual se desea mover el robot. Para detener el movimiento, soltar la tecla de movimiento o SHIFT. Realizar movimientos empleando el sistema JOINT, USER y TOOL.

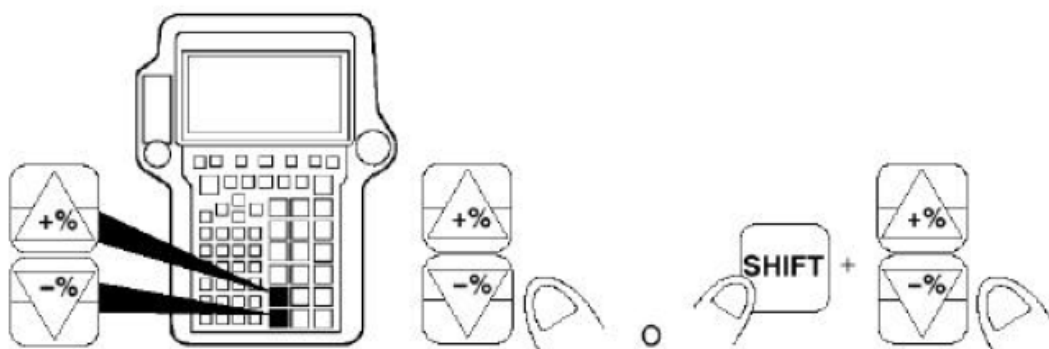


Ilustración 5. Teclas de selección de velocidad

Para visualizar las coordenadas articulares o cartesianas de una posición, acceder a **Menu** → **Position** o bien pulsando el boton POSN (ver Figura 3), debajo del punto decimal. Seleccionar representación en el espacio de articulaciones y representación cartesiana.

Un robot industrial no suele venir provisto de ninguna herramienta en su muñeca, y se adquiere por separado en función de la utilidad que se le vaya a dar. En nuestro caso, se le incorporó una garra de accionamiento neumático.

Para activar o desactivar la garra, se ha de acceder a **Menu** → **I/O** → **Robot** → **RO[1]**, o bien directamente pulsando el boton I/O (ver Figura 3), debajo de la coma decimal.

4. Menús de programación

Existen tres menús principales de programación (dentro del grupo TEACH). Es posible acceder de uno a otro sin perder las operaciones realizadas en cada uno. Estos menús son:

- **DATA:** en este menú se encuentran los registros de posición o variables que yan sido definidos. Pueden modificarse o borrarse los existentes o bien crear unos nuevos.
- **SELECT:** permite acceder al listado de programas para su creación o modificación

- **EDIT**: permite entrar en el modo de edición dentro de un programa, para la programación del código.

En general, la tecla **PREV** se emplea como tecla de Escape.

5. Creación o modificación de Registros de Posición

Pulsando sobre **DATA** se accede al listado de registros de posición o de registros variables. Pulsando F1, TYPE puede seleccionarse Registros Escalares o de Posición.

En relación a los registros de posición, para asignar una posición es preciso situar el cursor sobre la posición que se quiere asignar o modificar. Puede realizarse la asignación de dos formas:

- Guiando el extremo del robot hasta la posición deseada y pulsando **SHIFT+RECORD**.
- Pulsando **POSITION** y asignando manualmente los valores de las distintas componentes. Esta opción será muy útil para los registros de posición empleados como *offset*. Sin embargo, en robots de menos de 6 DOF, la asignación o modificación manual de valores para definir una posición puede dar lugar (de hecho será lo habitual) a que una determinada postura (posición + orientación) no pueda conseguirse con ese número de DOFs, por lo que la posición puede no ser alcanzada o alcanzada incorrectamente.

Una vez realizadas todas las asignaciones, el usuario puede moverse hasta ellas tecleando **MOVETO**.

Seleccionar menú DATA y, mediante TYPE, escoger Registros de Posición.

Mover el robot a una posición y guardar dicha posición en PR[1]. A continuación, mover a otra posición y guardar en PR[2]. Mover de una posición a otra utilizando MOVETO.

6. Creación y ejecución de un programa.

Para crear un programa es necesario disponer el conmutador **TP** en posición **ON**.

A continuación, pulsar **SELECT → F2: CREATE**

```
                                JOINT 10 %
1 Words
2 Upper Case
3 Lower Case
4 Options          --Insert--
Select
--- Create Teach Pendant Program ---
Program Name [ ]
                                -- End --
Enter program name
ABCDEF GHIJKL MNOPQR STUVWX YZ @*.
```

A continuación pueden incluirse detalles relativos al programa o comenzar a editarlo.

→ F2 : DETAIL

```
FANUC LINE 0
Program detail JOINT 10 %
                                1/6
Creation Date: 16-Feb-2000
Modification Date: 16-Feb-2000
Copy Source: [ ]
Positions: FALSE Size: 104 Byte

1 Program name: [FANUC ]
2 Sub Type: [None ]
3 Comment: [ ]
4 Group Mask: [1,*,*,*]
5 Write protect: [OFF ]

END PREV NEXT
```

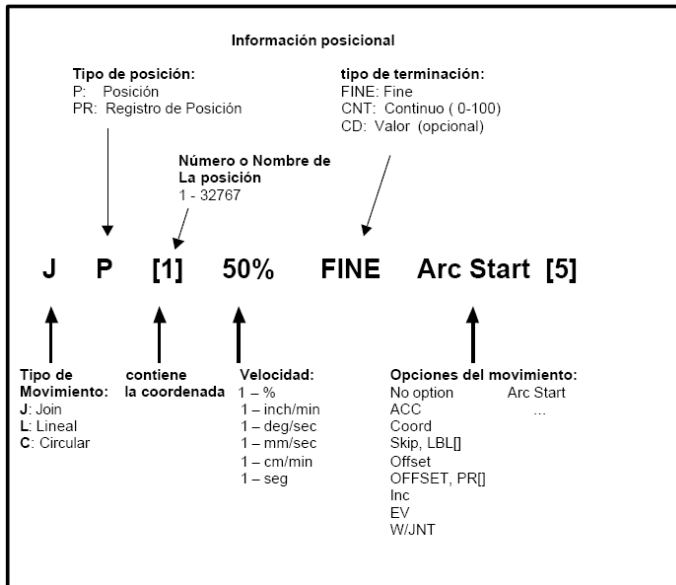
→ F3 : EDIT

```
FANUC LINE 0
FANUC JOINT 10 %
                                1/1
[End]

POINT TOUCHUP>
```

Para editar el programa hay que incluir las líneas correspondientes a su código insertándolas de forma consecutiva. Cada línea se compondrá de una operación de movimiento o de otro tipo de instrucción (incluidas etiquetas, comentarios, llamadas a subrutinas o a subprogramas).

Para insertar una instrucción de movimiento se pulsa **F1: POINT**, con lo que se accede a un menú donde se selecciona el tipo de operación de movimiento. Moviendo el cursor a cada campo puede elegirse la opción deseada. En este sentido, la estructura de las operaciones de movimiento es de la forma:



En el menú donde se encuentra la opción F1:POINT también se encuentra la opción **F5: TOUCHUP** que permite la asignación de registros de posición en forma interactiva. Esta opción no se empleará por el momento.

Existe otro menú al que se accede pulsando la tecla **NEXT** (puede volverse al menú anterior con **PREV**).

En este menú es posible insertar el resto de instrucciones con la tecla **F1: INST**. La mayoría de las instrucciones de un programa serán de este tipo: asignaciones de registros o de sus componentes, saltos, comentarios, acciones sobre la garra...

También es posible acceder al menú de comandos de edición pulsando **F5: EDCMC**. Los comandos disponibles se explican en el Anexo A.

EJECUCIÓN DE UN PROGRAMA.

Manual o paso-a-paso:

El ciclo puede ser testeado en modo paso a paso mediante la tecla **STEP**. El modo de ejecución paso a paso es advertido mediante un led en la parte izquierda de la consola. **SHIFT + FWD** ejecuta el programa en sentido hacia adelante. **SHIFT + BWD** ejecuta el programa en sentido hacia atrás.

Automático:

Para ejecución completa, volver a pulsar **STEP**. El led STEP debe apagarse. A continuación pulsar **SHIFT + FWD** y mantener pulsada la tecla SHIFT.

7. Creación y modificación de una posición.

Si queremos modificar una posición ya asignada dentro de un programa, podemos realizar alguno de estos procedimientos:

1.- Posicionar el robot a la nueva posición y poner el cursor sobre el número de la línea a modificar. Después pulsar, **SHIFT + F5 : TOUCHUP**

```
FANUC                               LINE 0
FANUC                               JOINT 10 %
                                     3/6
1: J P[1] 100% FINE
2: J P[2] 100% FINE
3: J P[3] 100% FINE
4: J P[4] 100% FINE
5: J P[1] 100% FINE
[End]

Position has been recorded to P[3].
POINT                                TOUCHUP>
```

2.- Situar el cursor sobre el punto a modificar y teclear **F5 : POSITION → F5: [REPRE]**

→ Joint

```
Position Detail                      JOINT 10 %
P[3]  DE:1  DT:1
J1  21.505 deg  J4  9.322 deg
J2  -48.755 deg  J5  20.388 deg
J3  -12.381 deg  J6  -74.872 deg
FANUC
                                     3/6
1:J P[1] 100% FINE
2:J P[2] 100% FINE
3:J P[3] 100% FINE
4:J P[4] 100% FINE
5:J P[1] 100% FINE
[End]
Enter value
                                     DONE [REPRE]
```

→ Cartesianas

```
Position Detail                      JOINT 10 %
P[3]  DE:1  DT:1  CONF:N 0 0 0
X  734.030 mm  W  179.995 deg
Y  1356.688 mm  P  .001 deg
Z  751.781 mm  R  -7.425 deg
FANUC
                                     3/6
1: J P[1] 100% FINE
2: J P[2] 100% FINE
3: J P[3] 100% FINE
4: J P[4] 100% FINE
5: J P[1] 100% FINE
[End]
Enter value
                                     CONFIG DONE [REPRE]
```

Esto permite modificar las coordenadas manualmente. Tenga en cuenta que las nuevas coordenadas cartesianas introducidas pueden no corresponder a un juego válido de coordenadas articulares (el robot no puede adoptar esa postura). Esto es especialmente frecuente cuando se modifica algún ángulo en un robot de menos de 6 grados de libertad. Para finalizar, pulsar **F4- DONE**.

ANEXO A. EDITOR DE COMANDOS

A este editor se accede mediante la tecla F5:EDCMD

F5 : [EDCMD]

```
FANUC          LINE 1          ABORTED
FANUC          JOINT 10 %
1/6
1:J P[1] 100% FINE
2:J P[2] 100% FINE
3:J P[3] 100% FINE | 1 Insert |
4:J P[4] 100% FINE | 2 Delete |
5:J P[1] 100% FINE | 3 Copy |
[End]              | 4 Find |
                  | 5 Replace |
                  | 6 Renumber |
                  | 7 Comment |
                  | 8 Undo |
                  -----+
[ INST ]          |EDCMD|>
```

Existen las siguientes opciones

INSERT (INSERTAR).

```
12: J P[5] 100% FINE
13: L P[6] 2000mm/s FINE
```

Para insertar una línea (o varias), p.ej. entre las líneas 12 y 13, colocar el cursor sobre el número de la línea 13 (como se ve a continuación) y seleccionar INSERT. Escribir la cantidad de líneas a introducir y validar con la tecla ENTER.

```
12: J P[5] 100% FINE
13:
14: L P[6] 2000mm/s FINE
```

DELETE (BORRAR).

```
21: J P[5] 100% FINE
22: L P[6] 100mm/s FINE
23: L P[7] 100mm/s FINE
24: L P[8] 100mm/s FINE
```

Para borrar, por ejemplo, las líneas 22 y 23, colocar el cursor sobre la línea 22 y seleccionar DELETE. Seleccionar el bloque a borrar con las teclas del cursor.

```
21: J P[5] 100% FINE
22: L P[6] 100mm/s FINE
23: L P[7] 100mm/s FINE
24: L P[8] 100mm/s FINE
```

A continuación pulsar F4 : YES

COPY (COPIAR)

Para copiar, seleccionar COPY y desplazar el cursor sobre la primera línea del bloque a copiar.

```
21 : J P[5] 100% FINE  
22 : L P[6] 100mm/s FINE  
23 : L P[7] 100mm/s FINE
```

Pulsar sobre F2 : COPY para fijar la línea de inicio del bloque a copiar, después desplazar el cursor hasta la última línea del bloque a copiar (en nuestro ejemplo, sólo la línea 22 se copia, por tanto el cursor no se mueve).

```
21 : J P[5] 100% FINE  
22 : L P[6] 100mm/s FINE  
23 : L P[7] 100mm/s FINE
```

Pulsar F2 : COPY, para copiar en memoria.

Desplazar el cursor a la línea deseada (siempre pegamos por encima de la línea donde tenemos el cursor); después pulsar F5 : PASTE.

Se proponen varios tipos de pegado. En caso de duda, elegir cualquiera de los dos primeros.

FIND (ENCONTRAR).

La función FIND es una función de búsqueda de instrucción. Para terminar la búsqueda, seleccionar F5 : EXIT

REPLACE (REEMPLAZAR)

La función REPLACE permite reemplazar una instrucción o modificar las instrucciones de movimiento.

RENUMBER (RENUMERAR)

Permite renumerar las posiciones en orden creciente.

F5 : [EDCMD] → RENUMBER → validar con F4: YES, o anular con F5: NO

COMMENT (COMENTARIO)

Hace que en el programa aparezcan y desaparezcan los nemónicos relacionados con los registros escalares y de posición, así como con las entradas y salidas.

También se gestiona a través de la variable: **\$MNDSP_CMNT = 1**

UNDO (DESHACER)

Anula la última acción.

8. Para recordar

Para ejecutar un movimiento es preciso accionar el pulsador **DEADMAN** y la tecla **SHIFT**. El conmutador giratorio debe estar en **ON**, y las setas liberadas.

Para anular el estado de **FAULT** ocasionado al soltar el pulsador **DEADMAN**, activar dicho pulsador y la tecla **RESET**.

Para seleccionar entre movimiento en el espacio de articulaciones o en el cartesiano, emplear **JOINT** o **USER**.

Para activar o desactivar la garra, acceder a **Menu → I/O → Robot → RO[1]**, o bien pulsando el boton I/O (ver Figura 3), debajo de la coma decimal.

Para visualizar las coordenadas articulares o cartesianas de una posición, acceder a **Menu → Position** o bien pulsando el boton POSN (ver Figura 3), debajo del punto decimal.

PREV se emplea como tecla de Escape

Existen tres menús principales: SELECT, EDIT, DATA

SELECT: proporciona el directorio de programas y subrutinas

DATA: proporciona el listado de registros de posición y registros de variables

EDIT: accede al menú de edición.

Dentro de EDIT, hay dos menús a los que se llega con las teclas **PREV** y **NEXT**. Los comandos disponibles son:

POINT: para instrucciones de movimiento

TOUCHUP: permite la asignación de posiciones

INST: para otro tipo de instrucciones

EDCMD: editor de comandos

Dentro del menú EDIT es posible ejecutar los programas con las teclas **FWD** y **BWD**.

9. A realizar por el alumno durante la práctica

Pulsar la tecla **MENU** y a continuación buscar la opción **POSITION**. A este menú también puede accederse pulsando el botón POSN (ver Figura 3), debajo del punto decimal. Mover el robot y comprobar que los valores tanto de las coordenadas cartesianas como articulares van cambiando. Intentar buscar el origen de coordenadas cartesianas, con $J5 = -90^\circ$.

Los movimientos de traslación según los ejes cartesianos están claros para los sistemas UCS (User coordinate system). Si presionamos sobre X+ o X-, se moverá siguiendo esos ejes, y en la ventana POSITION veremos que únicamente varía la componente X. Lo mismo para Y y Z.

Si giramos la garra de manera que no esté perpendicular ni paralela al eje X, y a continuación seleccionamos TCS, veremos que al movernos según X o Y, se trasladará paralela o perpendicularmente a la garra, ya que se mueve según unos ejes fijos en la herramienta.

En cuanto a las orientaciones, éstas pueden ser más complicadas, especialmente en robots de menos de 6 grados de libertad. En el caso del robot de 5 DOF del laboratorio, los movimientos de orientación en un sistema UCS son similares a los de TCS (lo cual se aleja de las explicaciones teóricas). En dicho caso, los movimientos según un giro respecto de X (según el botón de la teach pendant) hará cabecear la muñeca, y un giro según Y (de la teach pendant) rotará la herramienta.

Además, si giramos según estos ejes, los valores de las orientaciones P W R no siguen un patrón claro. En realidad, corresponden a giros como los de la figura 6, donde el eje x estaría en la prolongación del antebrazo, el eje z estaría hacia arriba y el eje y hacia la izquierda.

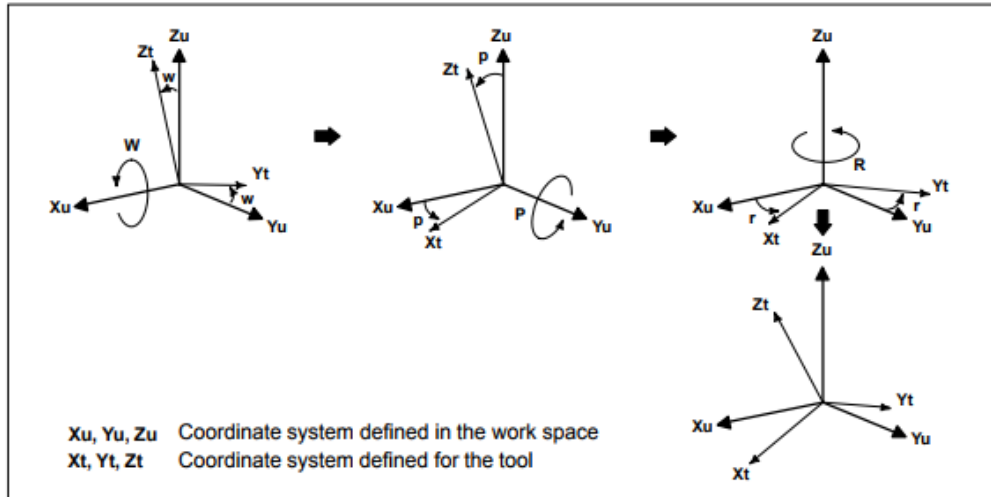


Ilustración 6. Giros para conseguir una orientación en un robot de 6 DOF

10. Realizar el siguiente programa

OBJETIVO

Traspasar los objetos que se encuentran apilados a partir de la posición de alimentación a la posición de dejada, alineándolos uno tras otro. Puede verse un video del resultado en PLATEA (Vid1), aunque en ese vídeo el proceso es el inverso.

Los objetos se encuentran inicialmente apilados en altura, y debe desapilarlos para dejarlos alineados en una dirección que no corresponde con los ejes X o Y del sistema USER. Sin embargo, una vez que la garra está bien orientada para dejar la pieza, sí puede suponerse que las piezas están orientadas a lo largo de un eje en el sistema basado en la herramienta TOOL. Es decir, cuando la garra esté soltando una pieza, las otras dos estarán alineadas según el eje y del TCS (comprobar que efectivamente es en esa dirección).

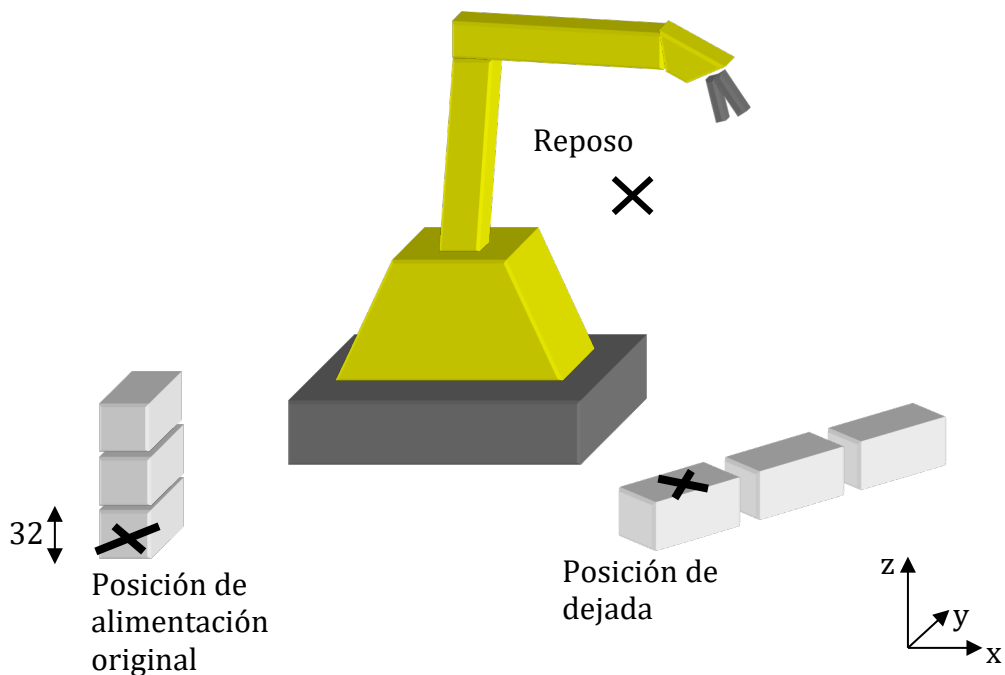
En consecuencia, para desplazarse por las distintas piezas, puede realizarse un offset en el movimiento según el sistema TCS. Para conseguir sumar este offset según el sistema TCS, basta con añadir TOOL_OFFSET PR[n] al final de la

instrucción de movimiento. El alumno debe moverse según el sistema TCS en dirección Y+ o Y-. Deberá situar la fila de piezas de alimentación según esa dirección y sentido.

Este offset puede añadirse al OFFSET en z que se utiliza para el acercamiento o alejamiento.

En resumen, se utilizarán dos formas de situar varias piezas en relación a una inicial: modificando una componente sobre una posición modificable en tiempo de ejecución; y modificando un offset de herramienta que se añade a la posición inicial.

El lado de los objetos cuadrados es 33 mm, y se separarán 1 mm, por lo que entre centros la separación es de 34 mm. Estos valores se asignarán a los registros R[82:Altura] y R[83: Separacion] respectivamente.



A REALIZAR ANTES DE LA PRÁCTICA

Anotar en qué tipo de menú (POINT, INST, EDCMD o TOUCHUP) puede encontrarse cada una de las instrucciones (desde la línea 2 hasta la 31) del programa que se presenta al final de este guion. Si el menú es INST, indicar

también el submenú. Un árbol con el menú INST puede encontrarse en la página https://mecatrond.es/FANUC/TPE_esp.htm.

Analizar el flujograma y el código de la última página e indicar con flechas qué líneas corresponden a cada tarea del flujograma.

Enviar por e-mail (agaspar@ujaen.es) dichas anotaciones (un e-mail por grupo).

DURANTE LA PRÁCTICA

Reservar, y asignar en su caso, los siguientes registros escalares y de posición

MENU DATA:

PR[81: Reposo] Aprendida
PR[82: Alim_original] Aprendida
PR[83: Offset_TCS] Offset según TCS $x = 0, y = 0, z = 0, p = 0, w = 0, r = 0$
PR[84: Dejada] Aprendida
PR[85: Alimnt] Definida y asignada
PR[86: Offset_z] Offset en Z $x = 0, y = 0, z = 50, p = 0, w = 0, r = 0$

R[81: NPiezas]
R[82: Altura]. Se asignará 33
R[83: Separacion] . Se asignará 34

Acceder al menú DATA y realizar en el orden indicado las siguientes operaciones:

- Mover la garra a una posición en que la garra se encuentre unos 3 mm separada de la superficie, y perpendicular a ella. Pulsar el boton POSN (ver Ilustración 3. Teach Pendant), debajo del punto decimal, y comprobar que el giro w en coordenadas USER no es próximo a -180° ni a 180° . El valor de r deberá estar alejado de 0, 180 o -180 .
- Guardar como PR[82: Aliment_original]. Esta será la posición inferior a partir de la cual se desapilarán las tres piezas cuadradas.
- De la ventana POSN, anotar el valor de Z en coordenadas USER.
- Dejar una pieza centrada en la garra y cerrarla.
- Desplazar horizontalmente la garra hasta otra posición que será la de dejada. Guardarla en PR[84]. Si movemos accidentalmente en vertical la

garra, basta con asegurar que en la posición de alimentación, la componente Z sea la misma que la que se copió en el paso b).

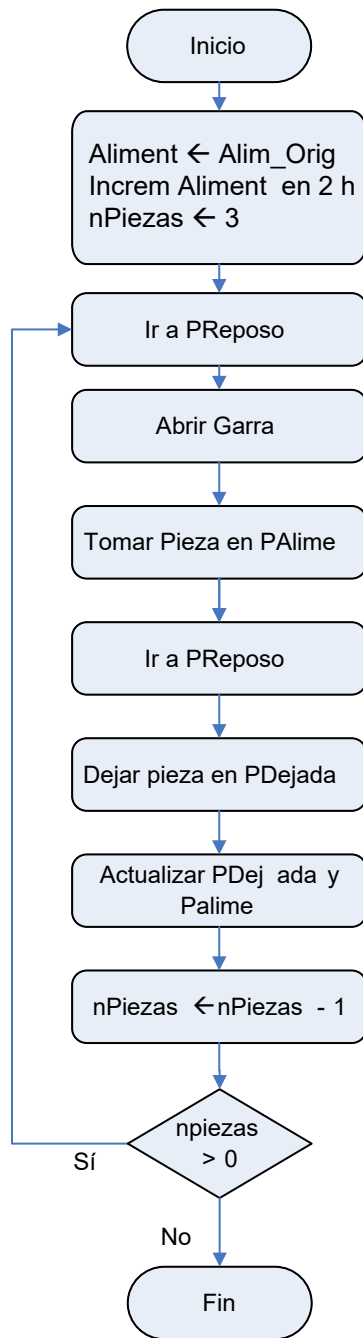
- f) Abrir la garra y situar otras dos piezas cuadradas alineadas con la primera.
- g) A continuación se buscará el punto de reposo, que es una posición elevada intermedia (aproximadamente) entre las posiciones de alimentación y dejada. Guardar en PR[81].
- h) Quitando las piezas cuadradas para evitar impactos, mover a las posiciones PR[81], PR[84], PR[81] y PR[82].

Es posible que existan problemas al movernos desde un registro de posición a otro. Esto puede ocurrir si se mueve la articulación J4 de modo que el ángulo w en coordenadas cartesianas (ver el menú POSN) es en un caso próximo a -180° y en el otro es próximo a 180° . En este caso es posible que pase de configuración FUT a NUT o viceversa. Cuando esto ocurre, la operación MoveTo suele ocasionar errores, aunque no siempre se producen al ejecutar el programa. En cualquier caso, para minimizar esta posibilidad, se hará uso de la articulación J4 para que la configuración sea siempre NUT o siempre FUT.

Introducir el siguiente programa. Durante la programación, puede soltarse el pulsador de hombre muerto. Igualmente, si se presiona la tecla Shift se habilitarán algunas instrucciones, pero al mismo tiempo, puede que se deshabiliten otras. Nota: no es necesario escribir ni los dos puntos ni los nemónicos o etiquetas que aparecen a la derecha de 81, 82, etc. Aparecerán solos si se ha escogido la opción Comment en EDCMD.

Es importante respetar las líneas en blanco a fin de clarificar el código. Para facilitar la comprobación, mantener los mismos números de línea que los que aparecen en el guion. Al ejecutarlo la primera vez, utilizar el modo STEP.

No introducir los comentarios. Reemplazarlos simplemente por líneas vacías.



Si al dejar la pieza no la deja alineada, sino delante o detrás, cambiar en la línea 29 (83,1→83,2).

Valorar el cambiar de signo R[83]

Comprobar que los offset 83 y 86 tienen sus componentes a 0, o bien todas menos una.

PROGRAM:

```

1. ! Inicializa las posiciones y variables
2. PR[85: Alimnt] = PR[82: Alim_Orig]
3. PR[83,1: Offset_TCS] = 0
4. PR[83,2: Offset_TCS] = 0
5. R[81: NPiezas] = 3
6. R[82: Altura] = 33
7. R[83: Separacion] = 34
8. PR [85,3: Alimnt] = PR[85,3: Alimnt] +
  R[82 :Altura] + R[82 :Altura]
9. Offset Condition PR[86]
10. Tool_Offset Condition PR[83]
11. ! Bucle principal
12. LBL[1: Bucle]
13. J PR[81: Reposo] 100% CNT 50
14. RO[1] = ON
15.
16. J PR[85: Alimnt] 100% CNT 10 OFFSET
17. L PR[85: Alimnt] 50 mm/sec FINE
18. RO[1] = OFF
19. L PR[85: Alimnt] 50 mm/sec CNT 10
  OFFSET
20.
21. J PR[81: Reposo] 100% CNT 50
22.
23. J PR[84: Dejada] 100% CNT 10 OFFSET
  TOOL_OFFSET
24. L PR[84: Dejada] 50 mm/sec FINE
  TOOL_OFFSET
25. RO[1] = ON
26. L PR[84: Dejada] 50 mm/sec CNT 10
  OFFSET TOOL_OFFSET
27.
28. PR [85,3: Alimnt] = PR[85,3: Alimnt] -
  R[82 :Altura]
29. PR[83,1: Offset_TCS] = PR[83,1:
  Offset_TCS] + R[83: Separacion]
30. R[81: NPiezas] = R[81: NPiezas] - 1
31. IF R[81:NPiezas] > 0 JMP LBL[1:Bucle]
32. END
  
```