

Programación de robots 1

KUKA System Software 8

Documentación para la formación



Edición: 16.12.2011

Versión: P1KSS8 Roboterprogrammierung 1 V1 es



© Copyright 2011

KUKA Roboter GmbH
Zugspitzstraße 140
D-86165 Augsburg
Alemania

La reproducción de esta documentación – o parte de ella – o su facilitación a terceros solamente está permitida con expresa autorización del KUKA Roboter GmbH.

Además del volumen descrito en esta documentación, pueden existir funciones en condiciones de funcionamiento. El usuario no adquiere el derecho sobre estas funciones en la entrega de un aparato nuevo, ni en casos de servicio.

Hemos controlado el contenido del presente escrito en cuanto a la concordancia con la descripción del hardware y el software. Aún así, no pueden excluirse totalmente todas las divergencias, de modo tal, que no aceptamos responsabilidades respecto a la concordancia total. Pero el contenido de estos escritos es controlado periódicamente, y en casos de divergencia, éstas son enmendadas y presentadas correctamente en la edición siguiente.

Reservados los derechos a modificaciones técnicas que no tengan influencia en el funcionamiento.

Traducción de la documentación original

KIM-PS5-DOC

Publicación:	Pub COLLEGE P1KSS8 Roboterprogrammierung 1 (PDF-COL) es
Estructura de libro:	P1KSS8 Roboterprogrammierung 1 V5.2
Versión:	P1KSS8 Roboterprogrammierung 1 V1 es

Indice

1 Estructura y función de un sistema de robot KUKA	5
1.1 Introducción a la robótica	5
1.2 Mecánica de un robot KUKA	5
1.3 Unidad de control del robot (V)KR C4	8
1.4 El KUKA smartPAD	9
1.5 Resumen smartPAD	10
1.6 Programación de robots	11
1.7 Seguridad del robot	13
2 Mover un robot	17
2.1 Leer e interpretar los mensajes de la unidad de control del robot	17
2.2 Seleccionar y ajustar el modo de servicio	18
2.3 Mover ejes del robot individualmente	21
2.4 Sistemas de coordenadas en relación con los robots	25
2.5 Mover el robot en el sistema de coordenadas universales	26
2.6 Mover el robot en el sistema de coordenadas de herramienta	31
2.7 Mover el robot en el sistema de coordenadas de base	35
2.8 Ejercicio: Operación y desplazamiento manual	40
2.9 Procesos manuales con una herramienta fija	42
2.10 Ejercicio: Procesos manuales con herramienta fija	43
3 Puesta en servicio del robot	45
3.1 Principio de ajuste	45
3.2 Ajustar el robot	48
3.3 Ejercicio: Ajuste de robots	52
3.4 Cargas sobre el robot	54
3.5 Datos de carga la herramienta	54
3.6 Datos de carga adicional en el robot	55
3.7 Medición de una herramienta	57
3.8 Ejercicio: Medición de herramienta clavija	66
3.9 Ejercicio: Medición de herramienta garra, método de 2 puntos	69
3.10 Medición de una base	71
3.11 Consulta de la posición actual del robot	75
3.12 Ejercicio: Medición de base en mesa, método de 3 puntos	77
3.13 Medición de una herramienta fija	79
3.14 Medición de una pieza guiada por robot	81
3.15 Ejercicio: Medir herramienta externa y pieza guiada por robot	82
3.16 Desenchufar el smartPAD	86
4 Ejecutar los programas del robot	89
4.1 Realizar el desplazamiento de inicialización	89
4.2 Seleccionar e iniciar programas del robot	90
4.3 Ejercicio: ejecutar programas del robot	96
5 Uso de archivos de programas	97
5.1 Crear módulos de programa	97
5.2 Editar módulos de programa	98
5.3 Archivar y restaurar programas de robot	99

5.4	Registrar los cambios de programa y de estado con el listado LOG	100
6	Crear y modificar movimientos programados	105
6.1	Creación de nuevas instrucciones de movimiento	105
6.2	Creación de movimientos con optimización del tiempo de ciclo (movimiento del eje)	106
6.3	Ejercicio: Programa en el aire - Tratamiento de programa y movimientos PTP	112
6.4	Crear movimientos de trayectoria	115
6.5	Modificación de las instrucciones de movimiento	123
6.6	Ejercicio: Desplazamiento de trayectoria y posicionamiento aproximado	126
6.7	Programación de movimiento con TCP externo	129
6.8	Ejercicio: Programación de movimientos con el TCP externo	129
7	Usar funciones lógicas en el programa del robot	131
7.1	Introducción a la programación lógica	131
7.2	Programación de funciones de espera	132
7.3	Programación de funciones de conmutación simples	136
7.4	Programación de funciones de conmutación de trayectoria	138
7.5	Ejercicio: Instrucciones lógicas y funciones de conmutación	144
8	Uso de variables	147
8.1	Indicación y modificación de valores de variables	147
8.2	Consultar los estados del robot	149
8.3	Ejercicio: Visualización de variables del sistema	150
9	Utilizar paquetes tecnológicos	151
9.1	Manejo de las garras con KUKA.GripperTech	151
9.2	Programación de garra con KUKA.GripperTech	151
9.3	Configuración de KUKA.GripperTech	154
9.4	Ejercicio: Programación de la garra - placa	156
9.5	Ejercicio: Programación de la garra, clavija	158
10	Programar con éxito en KRL	161
10.1	Estructura y composición de programas de robot	161
10.2	Estructurar programas de robot	166
10.3	Concatenación de programas del robot	169
10.4	Ejercicio: Programación en el KRL	171
11	Trabajar con un control superior	175
11.1	Preparación para el inicio de programa del PLC	175
11.2	Adaptar el enlace PLC (Cell.src)	176
Indice	179

1 Estructura y función de un sistema de robot KUKA

1.1 Introducción a la robótica

¿Qué es un robot?

El vocablo *robot* procede de la palabra eslava *robota*, que significa *trabajo duro*.

La definición oficial del robot industrial es la siguiente: "Un robot es un manipulador controlado por un software que se puede programar libremente."

El robot también comprende una unidad de control y una unidad de operación, además los cables de conexión y el software.



Fig. 1-1: Robot industrial

- 1 Control (armario de control (V)KR C4)
- 2 Manipulador (mecánica del robot)
- 3 Unidad manual de programación y de operación (KUKA smartPAD)

Todo aquello fuera de los límites del propio robot recibe el nombre de *Periféricos*:

- Herramientas (efector/herramienta)
- Dispositivo de protección
- Cintas transportadoras
- Sensores
- etc.

1.2 Mecánica de un robot KUKA

¿Qué es un manipulador?

El manipulador es la mecánica del robot propiamente dicha. Consta de un número de elementos (ejes) móviles encadenados entre sí. También recibe el nombre de cadena cinemática.

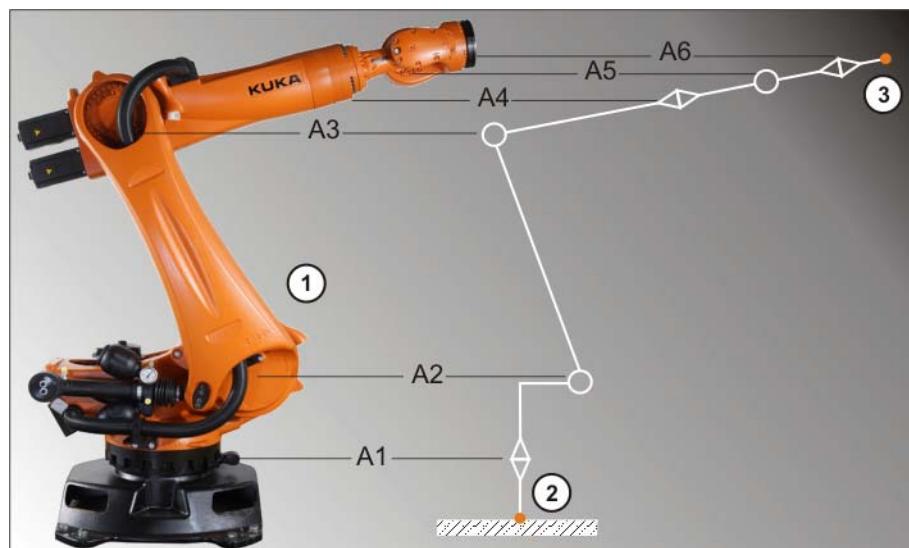


Fig. 1-2: Manipulador

- 1 Manipulador (mecánica del robot)
- 2 Inicio de la cadena cinemática: Pie del robot (ROBROOT)
- 3 Final libre de la cadena cinemática: Brida (FLANGE)
- A1 Ejes del robot (del 1 al 6)
- ...
- A6

El movimiento de los distintos ejes es ejecutado por la regulación selectiva de los servomotores. Éstos están unidos a los distintos componentes del manipulador por medio de reductores.



Fig. 1-3: Resumen de los componentes mecánicos del robot

- | | |
|------------------------|-----------------------|
| 1 Base | 4 Brazo de oscilación |
| 2 Columna giratoria | 5 Brazo |
| 3 Compensación de peso | 6 Manual |

Los componentes mecánicos del robot están fabricados en su mayor parte con aluminio y fundición de acero. En casos aislados se utilizan también componentes de fibras de carbono.

Los ejes están numerados de abajo (pie del robot) a arriba (brida del robot).

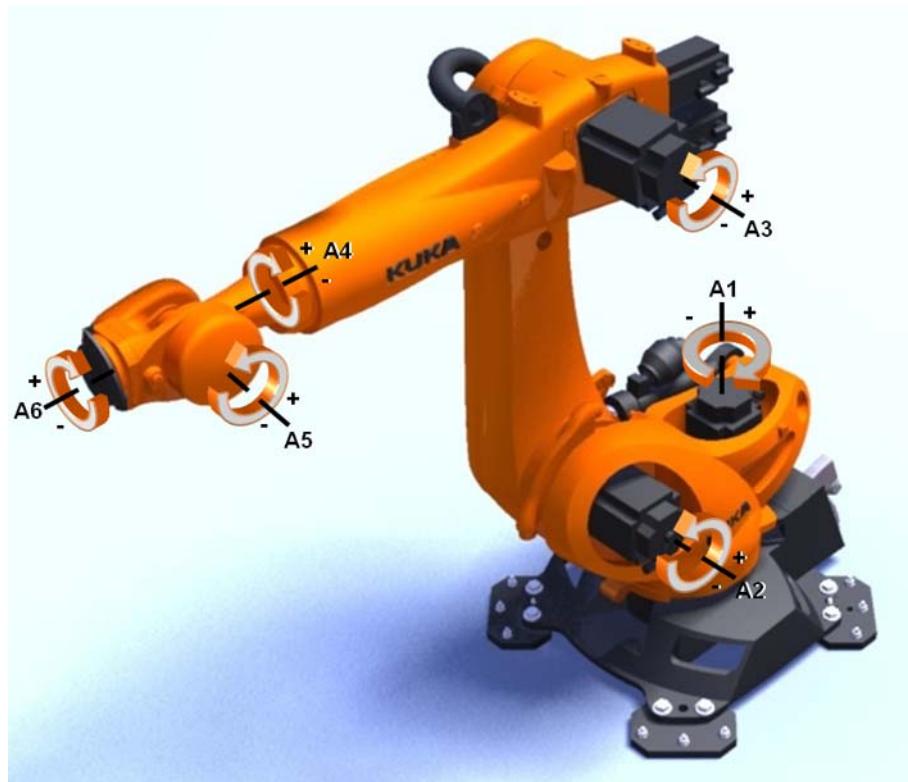


Fig. 1-4: Grado de libertad del KUKA Roboter

Extracto de los datos técnicos de los manipuladores en los productos KUKA

- **Número de ejes:** de 4 (robot SCARA y paralelogramo) a 6 (robot de brazo articulado vertical estándar)
- **Alcance:** de 0,35 m (KR 5 scara) a 3,9 m (KR 120 R3900 ultra K)
- **Peso propio:** de 20 kg a 4700 kg.
- **Exactitud:** repetibilidad de 0,015 mm a 0,2 mm.

Los rangos de movimiento de los ejes A1 hasta A3 y el eje de la muñeca A5 del robot se encuentran limitados por medio de topes finales mecánicos con amortiguadores.

Eje 1	Eje 2	Eje 3

En los ejes adicionales pueden encontrarse montados otros topes mecánicos.

PELIGRO

Si un robot o un eje adicional choca contra un obstáculo o bien un amortiguador en el tope mecánico o bien la limitación del campo de trabajo, puede ocasionar daños al sistema del robot. Antes de poner en marcha de nuevo el sistema del robot es obligatorio consultar con KUKA Roboter GmbH. Debe reemplazarse inmediatamente el amortiguador afectado por uno nuevo antes de reanudar la operación del robot. Si un robot (el eje adicional) choca contra un amortiguador con una velocidad mayor de 250 mm/s, debe cambiarse el robot (el eje adicional) o bien efectuarse una repuesta en marcha por KUKA Roboter GmbH.

1.3 Unidad de control del robot (V)KR C4

¿Quién ejecuta el movimiento? La mecánica del robot se mueve por medio de servomotores regulados por la unidad de control (V)KR C4.



Fig. 1-5: Armario de control (V)KR C4

Características del control (V)KR C4)

- Unidad de control del robot (cálculo de trayectoria): Regulación de los seis ejes de robot y uno o dos ejes externos.



Fig. 1-6: (V)KR C4 Regulación de ejes

- Control de proceso: Soft PLC integrado según IEC61131

- Control de seguridad
- Control de movimiento
- Opciones de comunicación por medio de sistemas de BUS (p. ej. ProfiNet, Ethernet IP, Interbus):
 - Unidades de control con memoria programable (PLC)
 - Otras unidades de control
 - Sensores y actuadores
- Opciones de comunicación por red:
 - Ordenador principal
 - Otras unidades de control



Fig. 1-7: Opciones de comunicación (V)KR C4

1.4 El KUKA smartPAD

¿Cómo se opera con un robot KUKA?

Un robot KUKA se hace controla con una consola de operación: el KUKA smartPAD.



Fig. 1-8

Características del KUKA smartPAD:

- Pantalla táctil (interfaz de usuario táctil) para operar con la mano o el lápiz que llega integrado

- Display de gran formato y dimensiones
- Tecla de menú KUKA
- Ocho teclas de desplazamiento
- Teclas para la operación de los paquetes tecnológicos
- Teclas para ejecutar el programa (paro/atrás/adelante)
- Tecla para mostrar el teclado
- Conmutador de llave para cambiar el modo de servicio
- Pulsador de parada de emergencia
- Space Mouse
- Se puede desenchufar
- Conexión USB

1.5 Resumen smartPAD



Fig. 1-9

Pos.	Descripción
1	Botón para desenchufar el smartPAD
2	Interruptor de llave para acceder al gestor de conexiones. El conmutador únicamente se puede cambiar cuando está insertada la llave. El gestor de conexiones permite cambiar el modo de servicio.
3	Pulsador de PARADA DE EMERGENCIA. Para detener el robot en situaciones de peligro. El pulsador de PARADA DE EMERGENCIA se bloquea cuando se acciona.
4	Space Mouse. Para el desplazamiento manual del robot.
5	Teclas de desplazamiento. Para el desplazamiento manual del robot.
6	Tecla para ajustar el override de programa.
7	Tecla para ajustar el override manual.
8	Tecla del menú principal. Muestra las opciones de menú en el smartHMI.
9	Teclas tecnológicas. Las teclas tecnológicas sirven principalmente para ajustar los parámetros de paquetes tecnológicos. Su función exacta depende del paquete tecnológico instalado.
10	Tecla de arranque. Con la tecla de arranque se inicia un programa.
11	Tecla de arranque hacia atrás. Con la tecla de arranque hacia atrás se inicia un programa en sentido inverso. El programa se ejecuta paso a paso.
12	Tecla STOP. Con la tecla de STOP se detiene un programa en ejecución.
13	Tecla del teclado Muestra el teclado. Generalmente no es necesario mostrar el teclado porque el smartHMI detecta cuando es necesario introducir datos con el teclado y lo abre automáticamente.

1.6 Programación de robots

Con la programación del robot se consigue que los movimientos y procesos se ejecuten y repitan automáticamente. Para ello el control necesita gran cantidad de información:

- Posición del robot = posición de la herramienta en el espacio
- Tipo de movimiento
- Velocidad / aceleración
- Informaciones de señales para condiciones de espera, ramificaciones, dependencias,...

¿En qué idioma habla el control?

El idioma de programación es el **KRL - KUKA Robot Language**.

Programa de ejemplo:

```

PTP P1 Vel=100% PDAT1
PTP P2 CONT Vel=100% PDAT2
WAIT FOR IN 10 'Part in Position'
PTP P3 Vel=100% PDAT3

```

¿Cómo se programa un robot KUKA?

Para programar un robot KUKA pueden utilizarse varios métodos de programación:

- **Programación online** con el proceso de aprendizaje.



Fig. 1-10: Programación de robots con el KUKA smartPAD

- **Programación offline**

- **Programación gráfica interactiva:** Simulación del proceso del robot

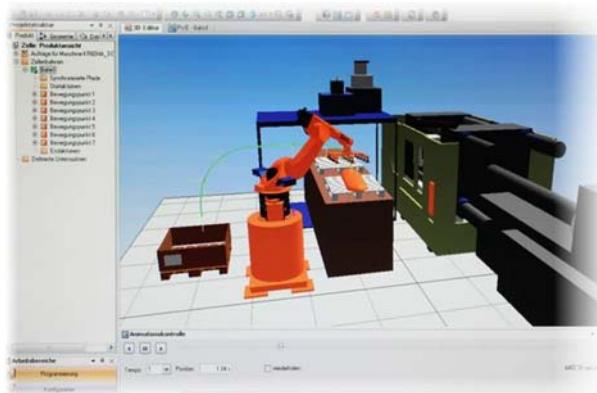


Fig. 1-11: Simulación con KUKA WorkVisual

- **Programación textual:** Programación con ayuda de la superficie del smartPAD en un PC de control superpuesto (también para diagnósticos; la adaptación online se efectúa automáticamente con los programas en marcha).

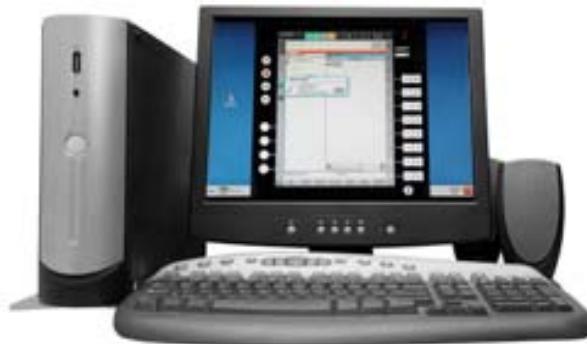


Fig. 1-12: Programación de robots con KUKA OfficeLite

1.7 Seguridad del robot

Un sistema robótico siempre debe contar con las características de seguridad pertinentes. Están los sistemas de seguridad separadores (vallas, puertas, etc.), pulsadores de parada de emergencia, pulsadores de hombre muerto, limitaciones de zonas de ejes, entre otros.

Ejemplo: Celda de formación College

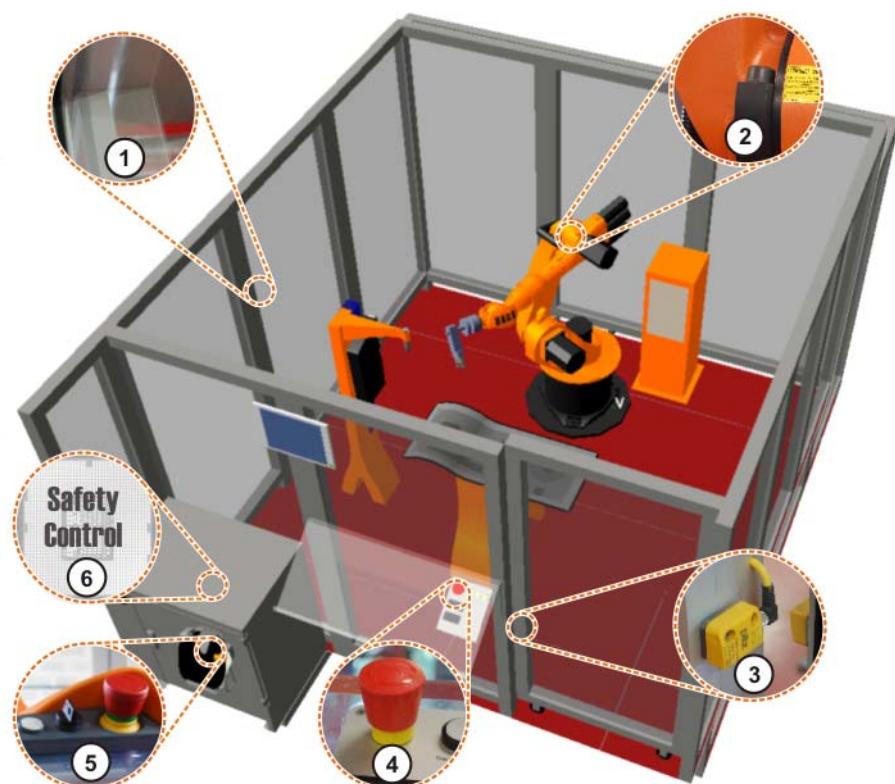


Fig. 1-13: Célula de capacitación

- 1 Valla de protección
- 2 Topes finales mecánicos o limitaciones de los campos de los ejes 1, 2 y 3
- 3 Puerta de protección con contacto para el control de la función del cierre
- 4 Pulsador de parada de emergencia (externo)
- 5 Pulsadores de parada de emergencia, interruptores de confirmación, interruptores con llave para abrir el gestor de conexiones
- 6 Control de seguridad (V)KR C4 integrado

PELIGRO

El sistema de robot puede causar daños personales o materiales si los dispositivos de seguridad no están en servicio. En caso de que se hayan desmontado o desactivado los dispositivos de seguridad, no se debe operar el sistema de robot.

Dispositivo de parada de emergencia

El dispositivo de PARADA DE EMERGENCIA del robot industrial es el pulsador de PARADA DE EMERGENCIA de la KCP. El pulsador debe pulsarse en situaciones de peligro o en caso de emergencia.

Reacciones del robot industrial al pulsarse el pulsador de PARADA DE EMERGENCIA:

- El manipulador y los ejes adicionales (opcionales) se detienen con una parada de seguridad 1.

Para poder reanudar el servicio, debe desenclavarse el pulsador de PARADA DE EMERGENCIA por medio de un giro y, a continuación, confirmar el mensaje de error.

ADVERTENCIA

Las herramientas y otras dispositivos unidos al manipulador que puedan suponer algún peligro deben estar conectados desde la instalación al circuito de PARADA DE EMERGENCIA.

Si no se respeta esta advertencia, como consecuencia pueden ocurrir importantes daños materiales, lesiones graves e incluso la muerte.

Como mínimo debe haber instalado un dispositivo externo de PARADA DE EMERGENCIA. Esto garantiza que se puede contar con un dispositivo de PARADA DE EMERGENCIA aún estando la KCP conectada.

Parada de emergencia externa

En todas las estaciones de operación que puedan accionar un movimiento del robot o crear una situación susceptible de ser peligrosa, se debe disponer de dispositivos de PARADA DE EMERGENCIA. El integrador de sistemas debe velar por ello.

Como mínimo debe haber instalado un dispositivo externo de PARADA DE EMERGENCIA. Esto garantiza que se puede contar con un dispositivo de PARADA DE EMERGENCIA aún estando la KCP conectada.

Los dispositivos externos de PARADA DE EMERGENCIA se conectan por medio de las interfaces del cliente. Los dispositivos externos de PARADA DE EMERGENCIA no se incluyen en el contenido de entrega del robot industrial.

Protección del usuario

La señal "Protección del usuario" sirve para interbloquear dispositivos de protección distintos, p. ej. puertas de protección. Sin esta señal no es posible el servicio automático. Si se pierde la señal durante el servicio automático (p. ej. se abre una puerta de protección), el manipulador se realiza una parada de seguridad 1.

Para los modos de servicio de test Manual velocidad reducida (T1) y Manual velocidad alta (T2), la protección del operario no se encuentra activada.

⚠ ADVERTENCIA

Tras una pérdida de señal el modo automático no se puede reanudar por sí solo cerrando el dispositivo de seguridad, sino que primero debe confirmarse. El integrador de sistemas debe encargarse de ello. El objetivo de este paso es evitar una reanudación del modo automático no intencionada hallándose personas dentro de la zona de peligro como, por ej., en caso de una puerta de protección cerrada equivocadamente.

- La confirmación se debe implementar de forma que primero se pueda comprobar realmente la zona de peligro. No está permitida ninguna confirmación que no permita esta comprobación (p. ej., confirmación que se produce automáticamente después de cerrar el dispositivo de seguridad).
- Si no se respeta esta medida, pueden ocurrir importantes daños materiales, lesiones graves e incluso la muerte.

Parada de servicio segura

La parada de servicio segura también se puede accionar a través de una entrada de la interfaz de cliente. El estado se mantiene mientras la señal externa permanezca en FALSE. Cuando la señal externa cambie a TRUE, se puede volver a desplazar el manipulador. No es necesario ninguna confirmación.

Parada de seguridad externa 1 y parada de seguridad externa 2

La parada de seguridad 1 y la parada de seguridad 2 se pueden accionar a través de una entrada de la interfaz de cliente. El estado se mantiene mientras la señal externa permanezca en FALSE. Cuando la señal externa cambie a TRUE, se puede volver a desplazar el manipulador. No es necesario ninguna confirmación.

2 Mover un robot

2.1 Leer e interpretar los mensajes de la unidad de control del robot

Resumen de mensajes



Fig. 2-1: Ventana y contador de mensajes

- 1 Ventana de mensajes: aparece en pantalla el mensaje actual.
- 2 Contador de mensajes: cantidad de mensajes clasificados por tipo.

La unidad de control se comunica con el usuario a través de la ventana de mensajes. Se dispone de cinco tipos de mensajes distintos:

Resumen de tipos de mensaje:

Símbolo	Tipo
	Mensaje de confirmación <ul style="list-style-type: none"> ■ Para mostrar los estados en los que se requiera la confirmación por parte del operador para que el programa siga ejecutándose (p. ej., "Conf. PARADA DE EMERGENCIA"). ■ Un mensaje de confirmación siempre provoca que el robot pare o no arranque.
	Mensaje de estado <ul style="list-style-type: none"> ■ Los mensajes de estado informan de los estados actuales del control (p. ej., "parada de emergencia"). ■ Los mensajes prestados no se pueden confirmar mientras el estado está pendiente.
	Mensaje de observación <ul style="list-style-type: none"> ■ Los mensajes de observación aportan información para la correcta operación del robot (p. ej., "Se requiere la tecla de arranque"). ■ Los mensajes de observación se puede confirmar. No obstante, no se deben confirmar porque no detienen el control.
	Mensaje de espera <ul style="list-style-type: none"> ■ Los mensajes de espera indican el suceso al que está esperando el control (estado, señal o tiempo). ■ Los mensajes de espera se pueden cancelar manualmente pulsando el botón "Simular".



La instrucción "Simular" sólo se debe usar si no hay posibilidad alguna de colisión u otro peligro.

	Mensaje de diálogo
	<ul style="list-style-type: none"> ■ Los mensajes de diálogo se usan como comunicación o consulta directa con el operador. ■ Aparece una ventana con botones con las distintas opciones disponibles como respuesta.

	Con "OK" puede confirmarse un mensaje (que pueda confirmarse). Con "Todo OK" pueden confirmarse todos los mensajes (que puedan confirmarse).
---	--

Efecto de los mensajes

Los mensajes influyen sobre la funcionalidad del robot. Un mensaje de confirmación siempre provoca que el robot pare o no arranque. Entonces el mensaje se debe confirmar para que se pueda mover el robot.

El comando "OK" (confirmar) exige al operador que reaccione activamente ante el mensaje.

	Consejos para actuar ante los mensajes:
	<ul style="list-style-type: none"> ■ Leer el mensaje detenidamente. ■ Primero leer los mensajes más antiguos. El mensaje nuevo podría ser una consecuencia de un mensaje anterior. ■ No pulsar simplemente "Todo OK". ■ En especial después de haber efectuado el arranque: Revisar los mensajes. Para ello, hacer que se muestren todos los mensajes (pulsando sobre la ventana de mensajes se expande la lista).

Tratamiento de los mensajes

Los mensajes siempre aparecen con fecha y hora para poder saber el punto exacto de la incidencia.



Fig. 2-2: Confirmar mensajes

Procedimiento para examinar y confirmar mensajes.

1. Tocar la ventana de mensajes (1) para ampliar la lista de mensajes.
2. Confirmar:
 - Confirmar cada mensaje pulsando "OK" (2).
 - Alternativa: Confirmar todos los mensajes pulsando "Todo OK" (3).
3. Volviendo a tocar el mensaje situado más arriba o tocando sobre la "X" del extremo izquierdo de la pantalla se vuelve cerrar la lista de mensajes.

2.2 Seleccionar y ajustar el modo de servicio

Modo de servicio de un robot KUKA

- T1 (Manual velocidad reducida)
 - Para el modo de test, programación y programación por aprendizaje
 - Velocidad en el modo de programación máx. 250 mm/s
 - Velocidad en el modo manual máx. 250 mm/s
- T2 (Manual velocidad alta)
 - Para servicio de test
 - Velocidad en el modo de programación según la velocidad programada.

- Modo de servicio manual: no posible
- AUT (Automático)
 - Para robots industriales sin unidad de control superior
 - Velocidad en el modo de programación según la velocidad programada.
 - Modo de servicio manual: no posible
- AUT EXT (Automático Externo)
 - Para robots industriales con unidad de control superior (PLC)
 - Velocidad en el modo de programación según la velocidad programada.
 - Modo de servicio manual: no posible

Advertencias de seguridad de los modos de servicio

Servicio manual T1 y T2

El servicio manual sirve para realizar los trabajos de ajuste. Se consideran trabajos de ajuste todos los trabajos que deban llevarse a cabo en el robot para poder ser operado en servicio automático. Entre ellos:

- Aprendizaje / programación
- Ejecutar programa en modo tecleado (comprobación / verificación)

Los programas nuevos o modificados siempre se deben probar primero en el modo de servicio Manual Velocidad reducida (T1).

En el modo de servicio Manual Velocidad reducida (T1):

- La protección del operario (puerta de protección) está inactiva.
 - Si se puede evitar, no debe hallarse ninguna otra persona dentro de la zona delimitada por los dispositivos de seguridad.
- Si es imprescindible que varias personas permanezcan dentro de la zona delimitada por los dispositivos de seguridad, se debe tener en cuenta lo siguiente:
- Todas las personas deben tener un contacto visual sin obstáculos sobre el sistema de robot.
 - Debe existir contacto visual entre todas las personas implicadas.
- El operario debe situarse en una posición desde la cual pueda visualizar la zona de peligro para así poder evitar posibles peligros.

En el modo de servicio Manual Velocidad alta (T2):

- La protección del operario (puerta de protección) está inactiva.
- Este modo de servicio sólo puede utilizarse cuando se requiere la aplicación de un test con velocidad más elevada que la del servicio Manual de velocidad reducida.
- Este modo de servicio no permite el aprendizaje.
- El operario debe asegurarse antes de iniciar el test que los dispositivo de conformación están en condiciones de funcionamiento.
- El operario debe colocarse fuera de la zona de peligro.
- No debe haber ninguna otra persona dentro de la zona delimitada por los dispositivos de seguridad.

Modos de servicio Automático y Automático externo

- Todos los dispositivos de seguridad y protección deben estar debidamente montados y en condiciones de funcionamiento.
- Todas las personas deben estar fuera de la zona delimitada por el dispositivo de protección.

Procedimiento

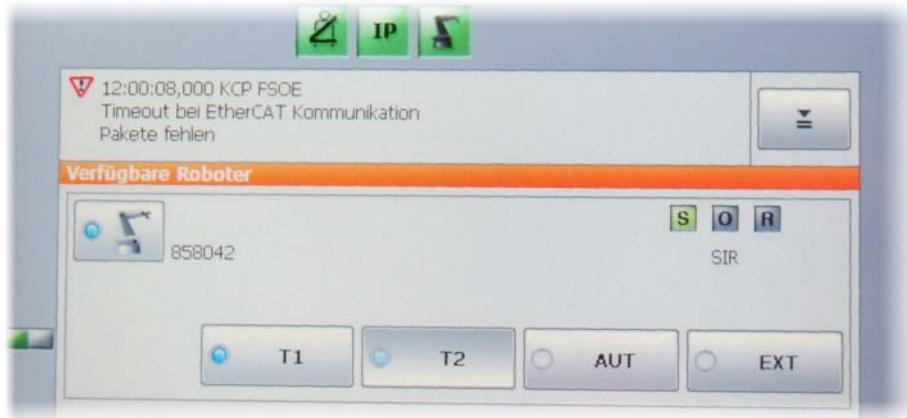


Si durante el servicio se cambia el modo de servicio, los accionamientos son inmediatamente desconectados. El robot industrial se para con una parada de seguridad 2

1. Mover el interruptor del KCP para el gestor de conexiones. Se visualiza el gestor de conexiones.



2. Seleccionar el modo de servicio.



3. Volver a colocar el interruptor para el gestor de conexiones en su posición original.

El modo de servicio seleccionado se muestra en la barra de estado del smartPAD.



2.3 Mover ejes del robot individualmente

Descripción:

Movimiento específico del eje



Fig. 2-3: Grado de libertad del KUKA Roboter

Movimiento de los ejes del robot

- Cada eje individualmente en dirección positiva y negativa
- Para ello se utilizan las teclas de desplazamiento o el Space Mouse del KUKA smartPAD.
- La velocidad puede cambiarse (override manual: HOV)
- Los procesos manuales sólo se pueden efectuar en el modo de servicio T1.
- Debe estar pulsado el interruptor de confirmación.

Principio

Al pulsar el interruptor de confirmación se activan los accionamientos. En el momento en que se acciona una tecla de desplazamiento o el Space Mouse, se inicia la regulación los ejes del robot y se ejecuta el movimiento deseado.

Se puede elegir entre un movimiento continuo o un movimiento incremental. En la barra de estado se deberá seleccionar el valor del incremento.

Los siguientes mensajes ejercen influencia sobre el servicio manual:

Mensaje	Causa	Ayuda
"Comandos activos bloqueados"	Ha aparecido un mensaje (de detención) o un estado que provoca el bloqueo de los comandos activos (p. ej., se ha pulsado la parada de emergencia o los accionamientos todavía no están listos).	Desbloquear la parada de emergencia y/o confirmar los mensajes de la ventana de mensajes. Al pulsar el interruptor de confirmación se activan de inmediato los accionamientos.
"Interruptor de final de carrera de software -A5"	El interruptor de final de carrera de software del eje mostrado (p. ej. A5) se ha aproximado en la dirección indicada (+ o -).	Desplazar el eje indicado en la dirección contraria.

Advertencias de seguridad para movimientos manuales específicos de los ejes

Modo de servicio

El modo manual del robot sólo está permitido en el modo de servicio T1 (manual velocidad reducida). En el modo T1, la velocidad de desplazamiento manual es de 250 mm/s como máximo. El modo de servicio se ajusta por medio del gestor de conexiones.

Pulsador de hombre muerto

Para poder desplazar en robot se debe accionar un pulsador de hombre muerto. En el smartPAD se encuentran instalados tres pulsadores de hombre muerto. Los pulsadores de hombre muerto tienen tres posiciones:

- No pulsado
- Posición intermedia
- Pulsado a fondo (posición de pánico)

Interruptores de final de carrera de software

El movimiento del robot, incluso el los movimientos manuales específicos de los ejes, está limitado por los valores máximos positivo y negativo del interruptor de final de carrera de software.

ATENCIÓN

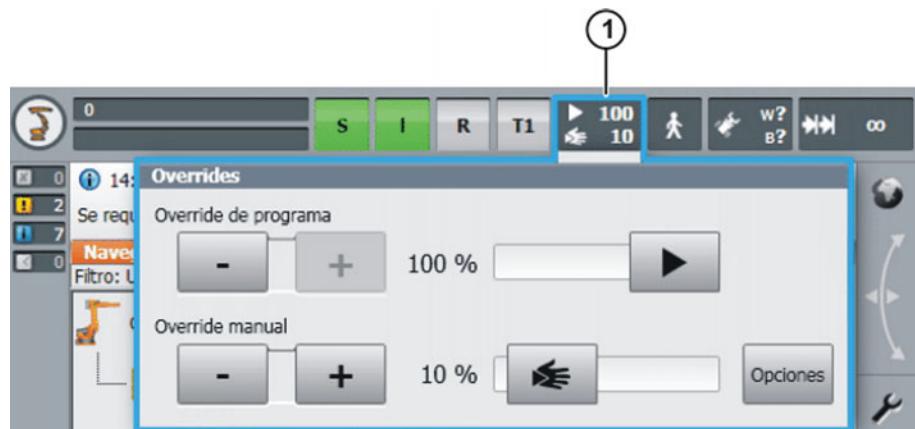
Si en la ventana de mensajes aparece "Realizar ajuste", significa que también se pueden traspasar estos límites. En este caso se debe tener en cuenta que el sistema del robot puede sufrir daños.

Procedimiento: Realizar movimiento específico del eje

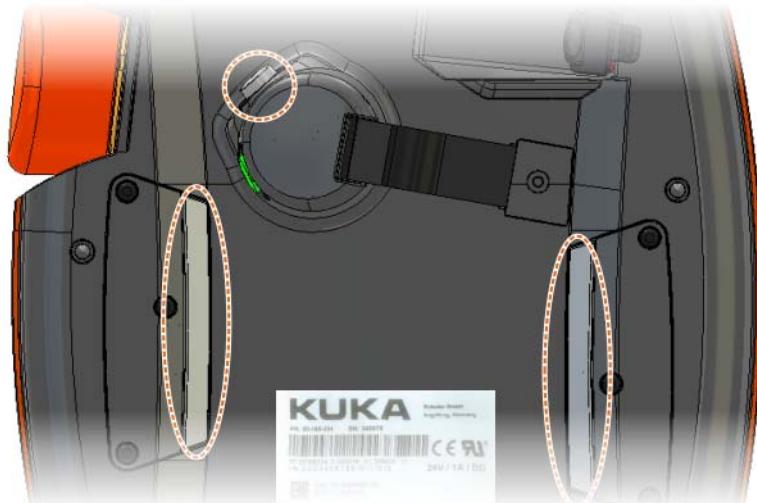
1. Como alternativa a las teclas de desplazamientos, seleccionar **Ejes**.



2. Ajustar el override manual.



3. Pulsar y mantener pulsado el interruptor de confirmación en la posición intermedia.



Junto a las teclas de desplazamiento se muestran los ejes A1 a A6.

4. Pulsar la tecla de desplazamiento positiva o negativa para mover un eje en dirección positiva o negativa.



Mover el robot sin el control en casos de emergencia



Fig. 2-4: Dispositivo de liberación

Descripción

El dispositivo de liberación permite mover el robot mecánicamente en caso de accidente o avería. El dispositivo de liberación puede utilizarse para los motores de accionamiento de los ejes principales, y en algunos casos dependiendo de la variante del robot, también para los accionamientos de la muñeca. **Sólo** se debe utilizar en situaciones excepcionales y casos de emergencia como, p. ej., para liberar personas. Si se utiliza un dispositivo de liberación, luego se deben cambiar los motores afectados.



Advertencia

Durante el servicio, los motores alcanzan temperaturas que pueden causar quemaduras a la piel. Debe evitarse cualquier contacto. Deben aplicarse medidas de protección adecuadas como, p. ej., llevar guantes.

Procedimiento

1. Desconectar la unidad de control del robot y asegurarla contra una reconnection indebida (p. ej., con un candado).
2. Quitar la tapa protectora en el motor.
3. Posicionar el dispositivo de liberación en el motor correspondiente y mover el eje en la dirección deseada.

Opcionalmente se puede adquirir una identificación de las direcciones sobre los motores por medio de flechas. Para ello debe vencerse la resistencia mecánica del freno del motor y, si es necesario, también las posibles cargas sobre los ejes.

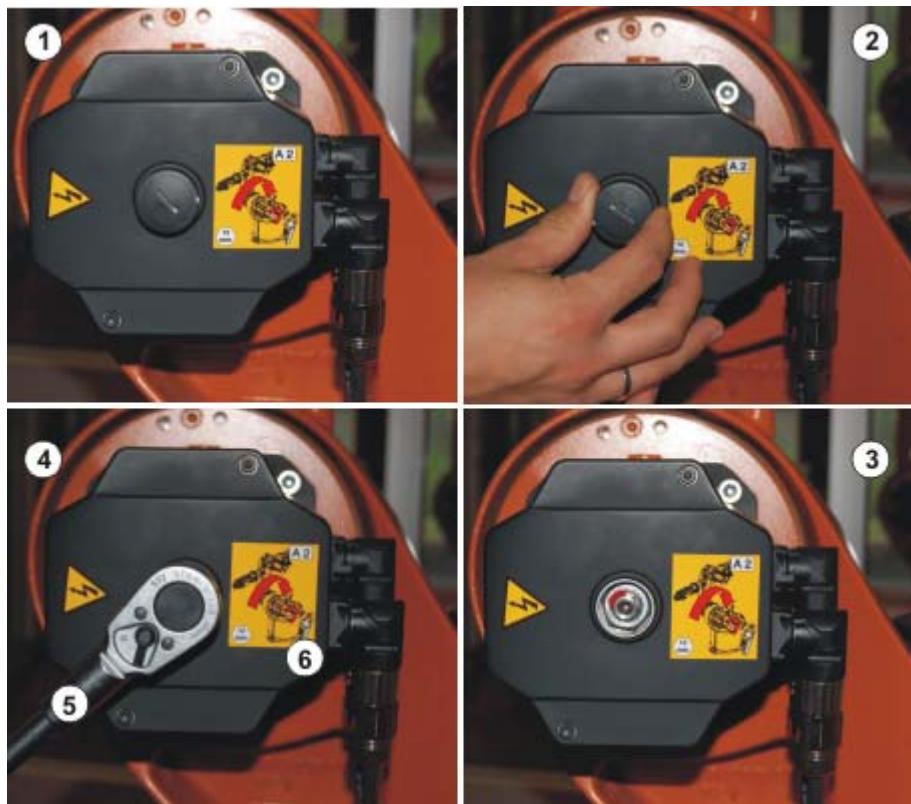


Fig. 2-5: Procedimiento con el dispositivo de liberación

Pos.	Descripción
1	Motor A2 con tapa cerrada
2	Abrir la tapa protectora del motor A2.
3	Motor A2 con tapa retirada
4	Colocar el dispositivo de liberación sobre el motor A2
5	Dispositivo de liberación
6	Placa (opcional) con descripción de la dirección de giro



¡Advertencia!

Al desplazar un eje con la unidad de liberación, el freno del motor puede sufrir daños. Pueden producirse daños personales y materiales. Después de utilizar el dispositivo de liberación, el motor afectado debe ser recambiado.



Informaciones adicionales se encuentran en el manual de servicio y de montaje del robot.

2.4 Sistemas de coordenadas en relación con los robots

A la hora de programar, poner en servicio y operar con robots industriales, los sistemas de coordenadas juegan un papel importante. En la unidad de control del robot se encuentran definidos los siguientes sistemas de coordenadas:

- WORLD | Sistema de coordenadas universales
- ROBROOT | Sistema de coordenadas en el pie del robot
- BASE | Sistema de coordenadas de base
- FLANGE | Sistema de coordenadas de brida
- TOOL | Sistema de coordenadas de herramienta

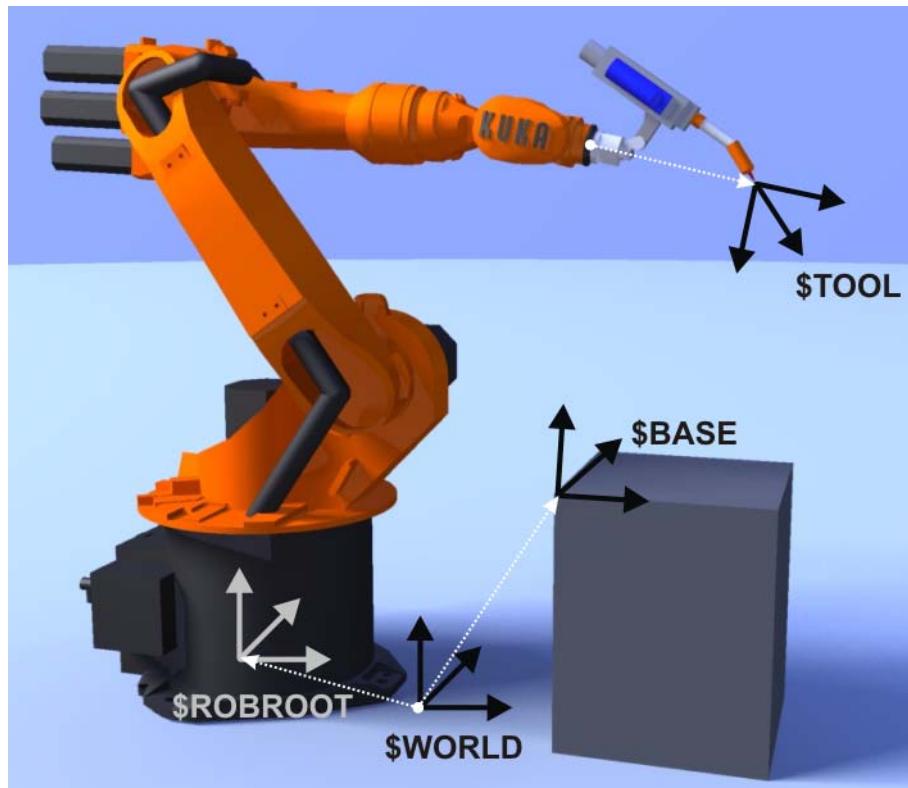


Fig. 2-6: Sistemas de coordenadas en el robot KUKA

Name	Localidad	Uso	Particularidad
WORLD	A definir libremente	Origen de ROBROOT y BASE	En la mayoría de los casos se encuentra en el pie del robot.
ROBROOT	Fijo en el pie del robot	Origen del robot	Describe la posición del robot con relación a WORLD.
BASE	A definir libremente	Pieza, dispositivos	Describe la posición de la base con relación a WORLD.
FLANGE	Fijo en la brida del robot	Origen de TOOL	El origen se encuentra en el centro de la brida del robot.
TOOL	A definir libremente	Herramientas	El origen del sistema de coordenadas TOOL recibe el nombre de "TCP". (TCP = Tool Center Point)

2.5 Mover el robot en el sistema de coordenadas universales

Movimiento del sistema de coordenadas universales

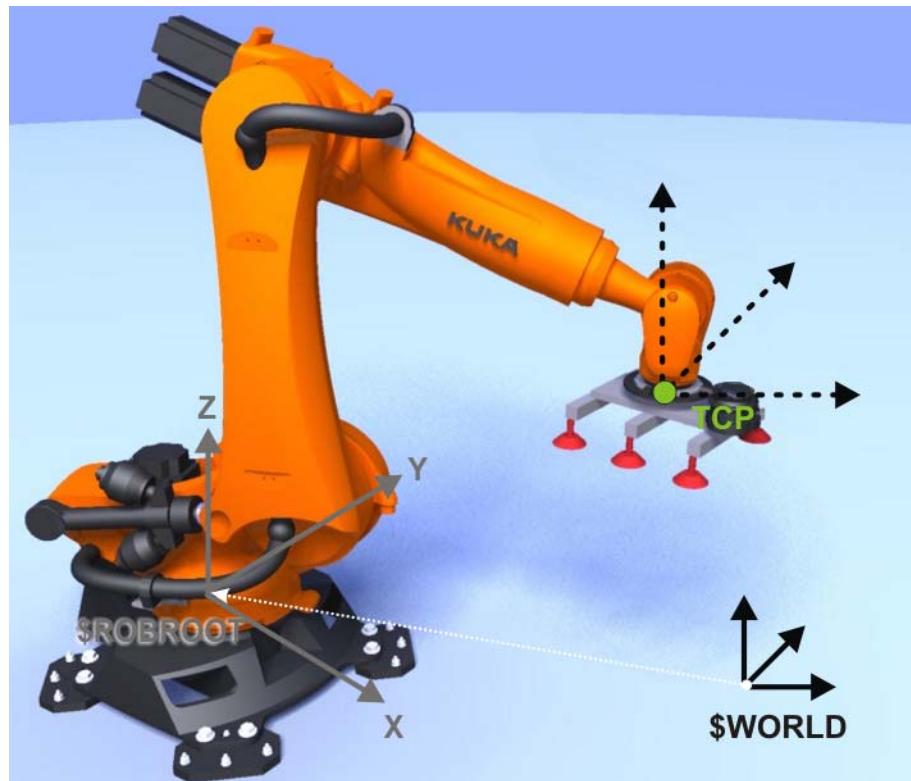


Fig. 2-7: Principio del proceso manual del sistema de coordenadas de herramienta

- La herramienta del robot puede moverse de acuerdo con las direcciones del sistema de coordenadas universales.
- **Todos** los ejes del robot se mueven.
- Para ello se utilizan las teclas de desplazamiento o el Space Mouse del KUKA smartPAD.
- En el ajuste estándar el sistema de coordenadas universales descansa sobre el pie del robot (Robroot).
- La velocidad puede cambiarse (override manual: HOV)
- Los procesos manuales sólo se pueden efectuar en el modo de servicio T1.
- Debe estar pulsado el interruptor de confirmación.

Space Mouse

- El Space Mouse permite mover de forma intuitiva el robot y resulta la elección ideal para los procesos manuales en el sistema de coordenadas universales.
- La posición del puntero y el grado de libertad se pueden cambiar.

Principio del proceso manual en el sistema de coordenadas universales

Un robot se puede mover de dos maneras distintas en un sistema de coordenadas:

- Traslatoria (rectilínea) a lo largo de la dirección de orientación del sistema de coordenadas: X, Y, Z
- Rotacional (giratoria / viratoria) en la dirección de orientación del sistema de coordenadas: ángulos A, B y C.

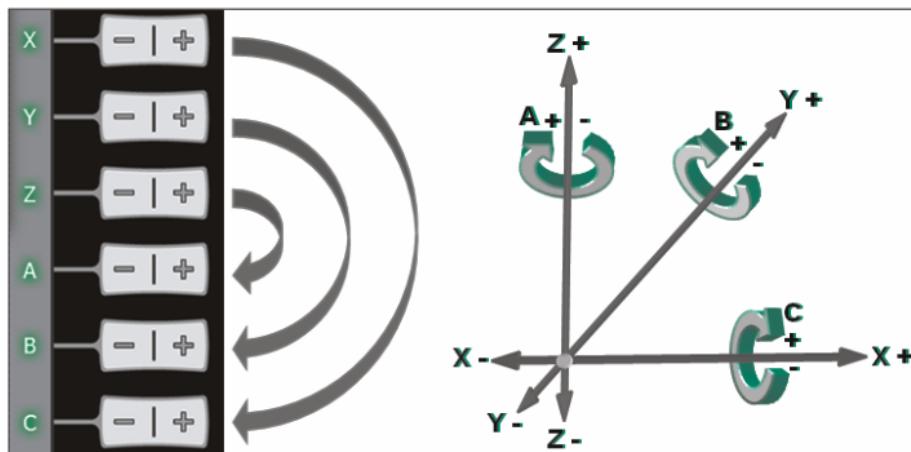


Fig. 2-8: Sistema de coordenadas cartesiano

En un instrucción de avance (por ejemplo, al pulsar una tecla de desplazamiento) el control primero calcula un recorrido. El punto de inicio del recorrido es el punto de referencia de la herramienta (TCP). La dirección del recorrido lo fija el sistema de coordenadas universales. El control entonces regula todos los ejes de modo que la herramienta se conduce por este recorrido (traslación) o se gira (rotación) en este recorrido.

Ventajas de usar el sistema de coordenadas universales:

- El movimiento del robot siempre es predecible.
- Los movimientos siempre son únicos ya que el origen y la dirección de las coordenadas siempre se conocen de antemano.
- El sistema de coordenadas de la herramienta siempre se puede utilizar con el robot ajustado.
- El Space Mouse permite un manejo intuitivo del equipo.

Uso de Space-Mouse

- Todos los tipos de movimiento se pueden realizar con el Space Mouse:
- Translatorio: pulsando y arrastrando el Space Mouse

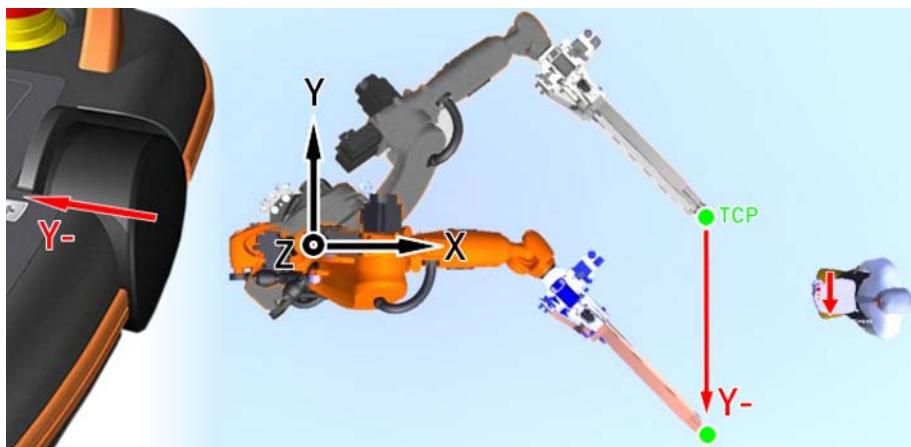


Fig. 2-9: Ejemplo: Movimiento a la izquierda

- Rotacional: girando y virando el Space Mouse

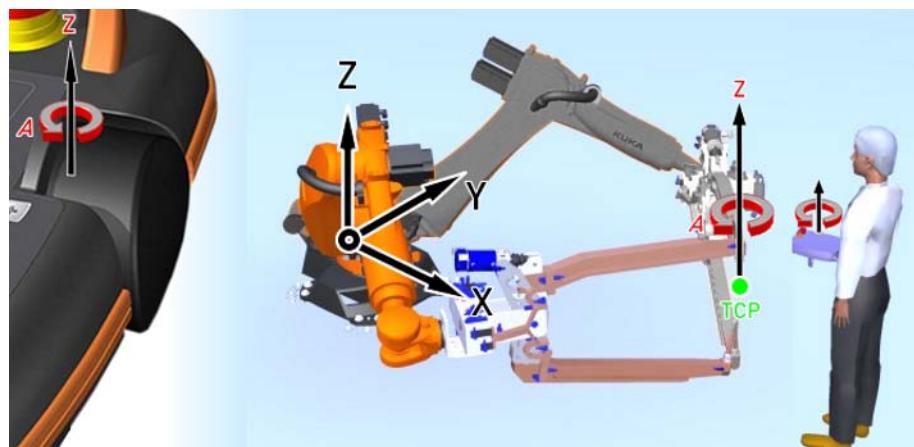


Fig. 2-10: Ejemplo: Movimiento rotacional en Z: Ángulo A

- En función de la posición hombre-robot, se puede adaptar la posición del Space Mouse.

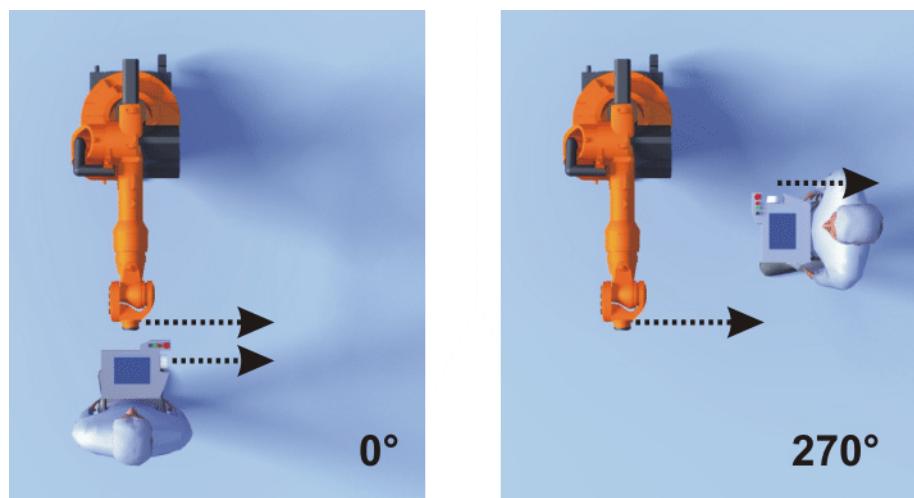


Fig. 2-11: Space Mouse: 0° y 270°

Ejecutar un movimiento translatorio (Mundo)

- Ajustar la posición KCP desplazando el regulador (1)



2. Como alternativa al Space Mouse, seleccionar **Mundo**.



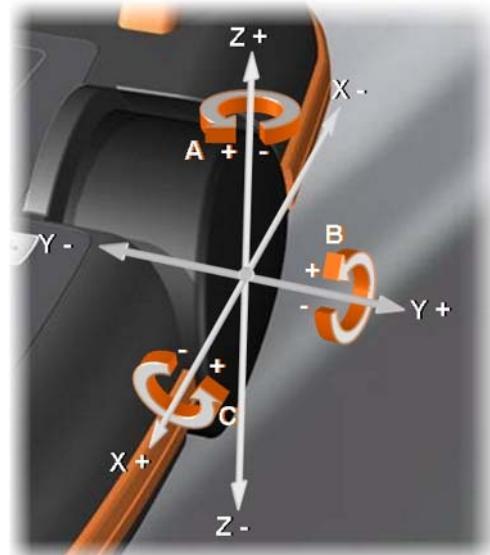
3. Ajustar el override manual.



4. Pulsar y mantener pulsado el interruptor de confirmación en la posición intermedia.



5. Con el Space Mouse mover el robot en la dirección correspondiente.



6. Como alternativa también se pueden utilizar las teclas de desplazamiento:



2.6 Mover el robot en el sistema de coordenadas de herramienta

Movimientos manuales en el sistema de coordenadas de herramienta

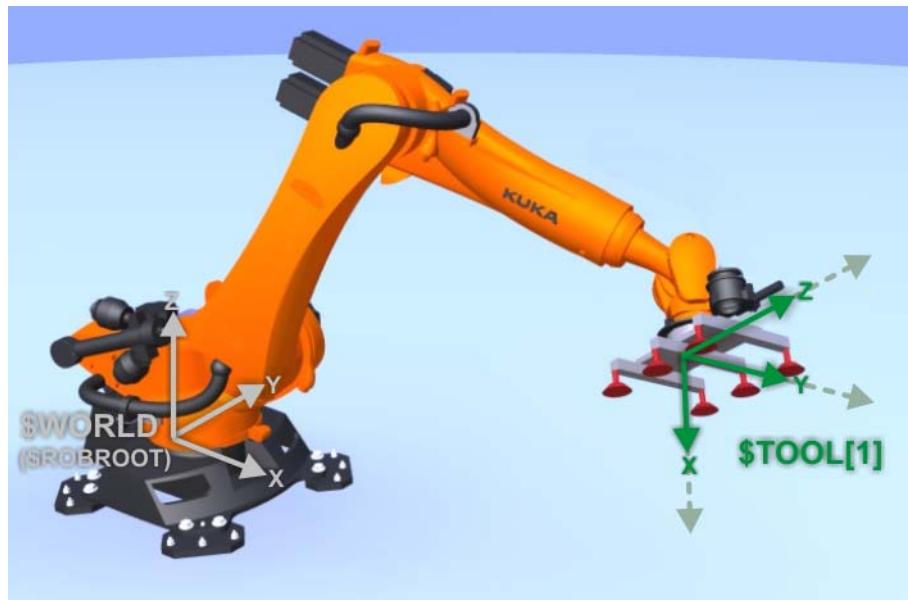


Fig. 2-12: Sistema de coordenadas de herramienta de robot

- En los movimientos manuales dentro del sistema de coordenadas de herramienta, es posible desplazar el robot en las direcciones de las coordenadas de una herramienta previamente medida.
Por lo tanto, el sistema de coordenadas no es fijo (comp. sistema de coordenadas universales/base), sino que lo dirige el propio robot.
Todos los ejes del robot necesarios se mueven. El mismo sistema decide los ejes que deben moverse dependiendo del movimiento.
El origen del sistema de coordenadas de herramienta se denomina **TCP** y se corresponde con el punto de trabajo de la herramienta.
- Para ello se utilizan las teclas de desplazamiento o el Space Mouse del KUKA smartPAD.
- Hay disponibles 16 sistemas de coordenadas de herramienta distintos.
- La velocidad puede cambiarse (override manual: HOV)
- Los procesos manuales sólo se pueden efectuar en el modo de servicio T1.
- Debe estar pulsado el interruptor de confirmación.



Principio del proceso manual de herramienta

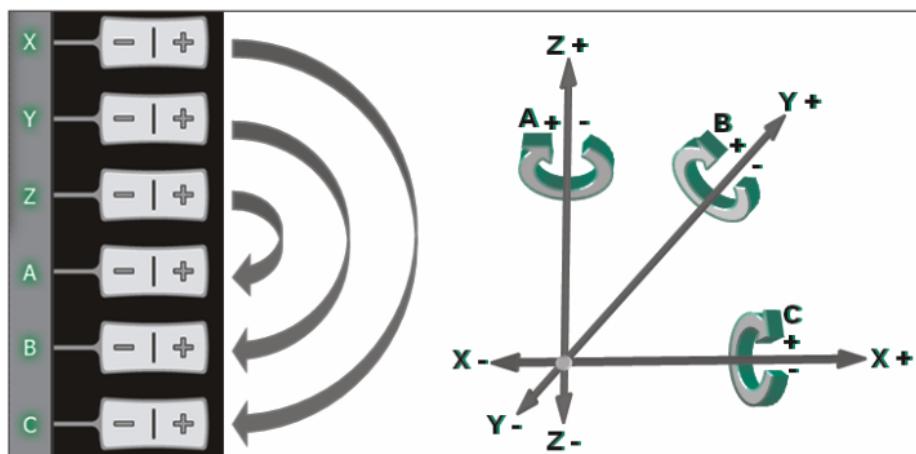


Fig. 2-13: Sistema de coordenadas cartesiano

Un robot se puede mover de dos maneras distintas en un sistema de coordenadas:

- Traslatoria (rectilínea) a lo largo de la dirección de orientación del sistema de coordenadas: X, Y, Z
- Rotacional (giratoria / viratoria) en la dirección de orientación del sistema de coordenadas: ángulos A, B y C.

Ventajas de usar el sistema de coordenadas de herramienta:

- El movimiento del robot siempre es predecible mientras se conozca el sistema de coordenadas de herramienta.
- Cabe la posibilidad de desplazar en la dirección de avance de la herramienta o de orientarse con relación al TCP.

Por *dirección de avance de la herramienta* se entiende la dirección de trabajo y proceso de la herramienta: la dirección de salida del pegamento en una boquilla, la dirección de agarre de las garras de un componente, etc.

Procedimiento

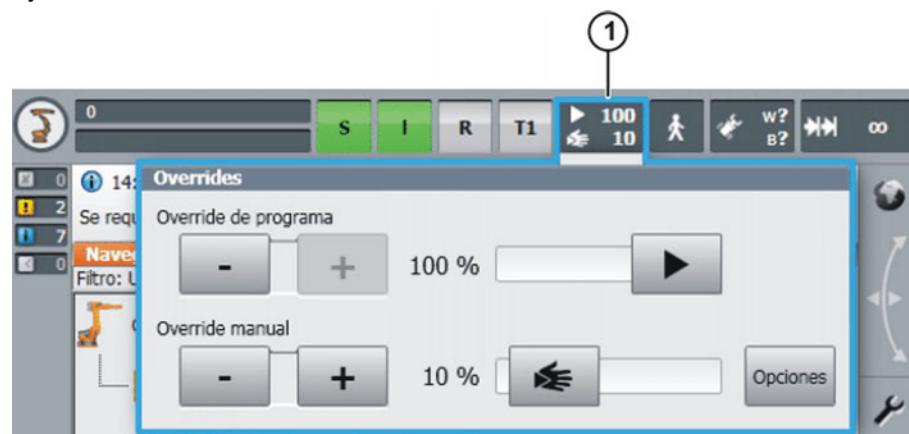
1. Seleccionar **herramienta** como el sistema de coordenadas a utilizar.



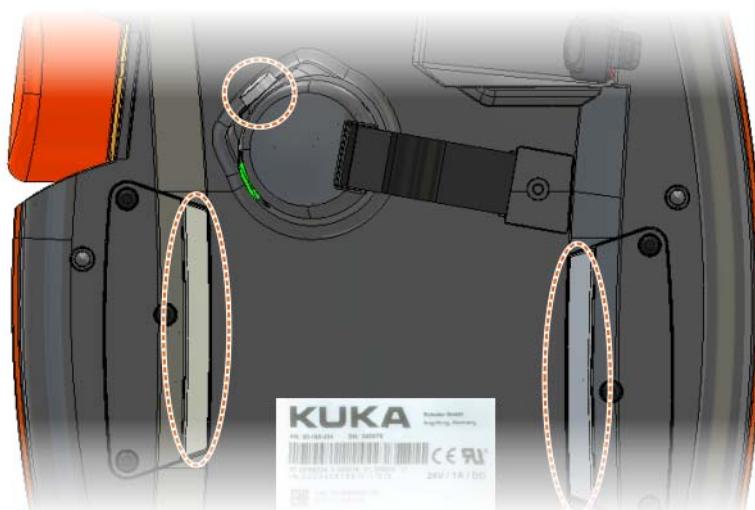
2. Seleccionar número de herramienta



3. Ajustar el override manual.



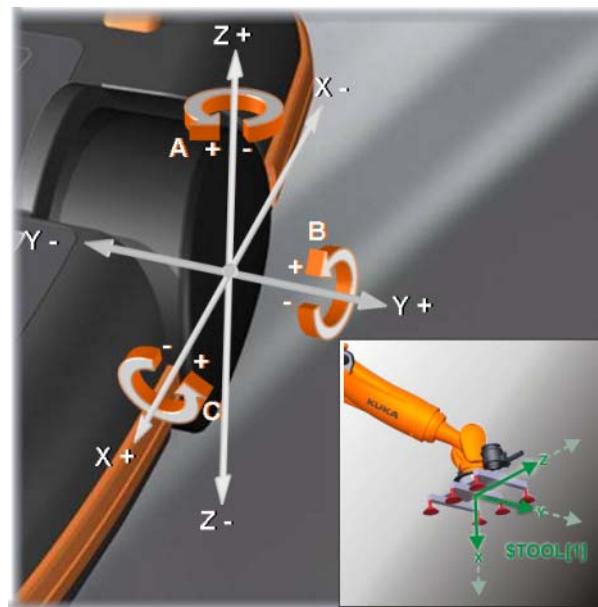
4. Pulsar y mantener pulsado el interruptor de confirmación en la posición intermedia.



5. Mover el robot con las teclas de desplazamiento.



6. Alternativa: Con el Space Mouse mover el robot en la dirección correspondiente.



2.7 Mover el robot en el sistema de coordenadas de base

Movimiento en el sistema de coordenadas de base

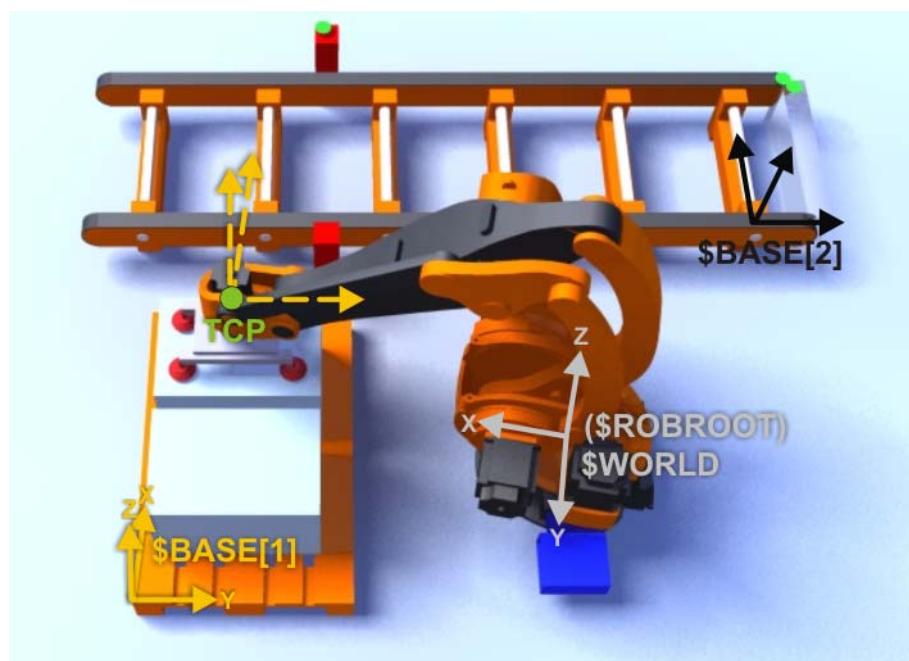


Fig. 2-14: Procesos manuales en el sistema de coordenadas de base

Descripción de base

- La herramienta del robot puede moverse de acuerdo con las direcciones del sistema de coordenadas de base. Los sistemas de coordenadas de base se pueden medir individualmente y a menudo están orientados a lo largo de los cantos de la pieza, los alojamientos de la pieza o los palets. Por ello los procesos manuales son muy cómodos.
Todos los ejes del robot necesarios se mueven. El mismo sistema decide los ejes que deben moverse dependiendo del movimiento.
- Para ello se utilizan las teclas de desplazamiento o el Space Mouse del KUKA smartPAD.
- Hay 32 sistemas de coordenadas de base disponibles.
- La velocidad puede cambiarse (override manual: HOV)
- Los procesos manuales sólo se pueden efectuar en el modo de servicio T1.
- Debe estar pulsado el interruptor de confirmación.

Principio del proceso manual de base

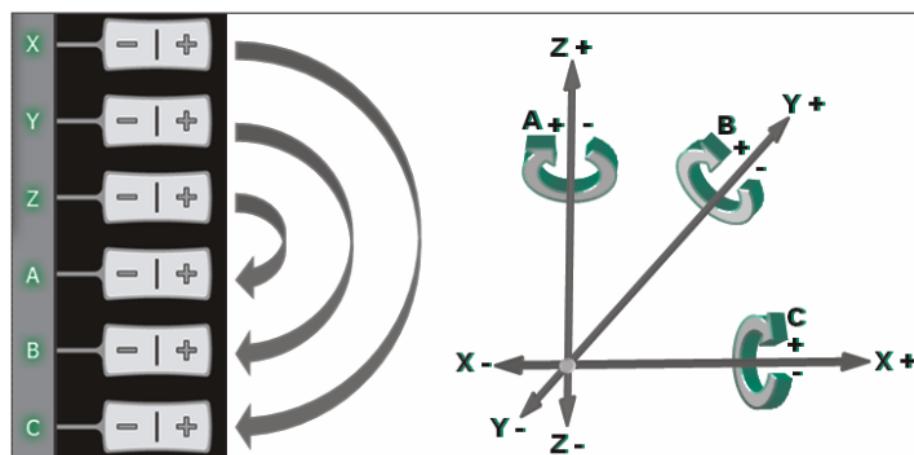


Fig. 2-15: Sistema de coordenadas cartesiano

Un robot se puede mover de dos maneras distintas en un sistema de coordenadas:

- Traslatoria (rectilínea) a lo largo de la dirección de orientación del sistema de coordenadas: X, Y, Z
- Rotacional (giratoria / viratoria) en la dirección de orientación del sistema de coordenadas: ángulos A, B y C.

En un instrucción de avance (por ejemplo, al pulsar una tecla de desplazamiento) el control primero calcula un recorrido. El punto de inicio del recorrido es el punto de referencia de la herramienta (TCP). La dirección del recorrido lo fija el sistema de coordenadas universales. El control entonces regula todos los ejes de modo que la herramienta se conduce por este recorrido (traslación) o se gira (rotación) en este recorrido.

Ventajas de usar el sistema de coordenadas de base:

- El movimiento del robot siempre es predecible mientras se conozca el sistema de coordenadas de base.
- En este caso el Space Mouse también permite un manejo intuitivo del equipo. Como requisito es necesario que el operador esté colocado correctamente con respecto al robot o al sistema de coordenadas de base.

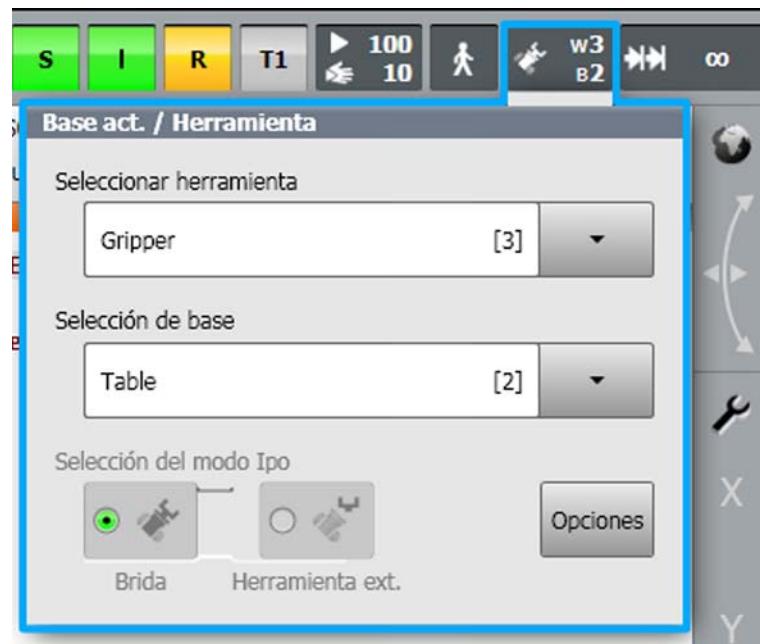
AVISO Si, además, se ajusta sistema de coordenadas de herramienta correcto, en el sistema de coordenadas de base se puede reorientar con relación al TCP.

Procedimiento

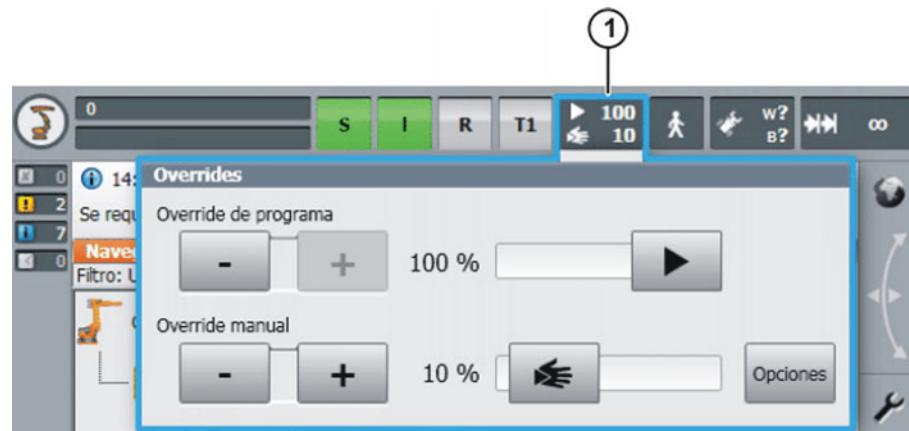
1. Como alternativa a las teclas de desplazamientos, seleccionar **Base**.



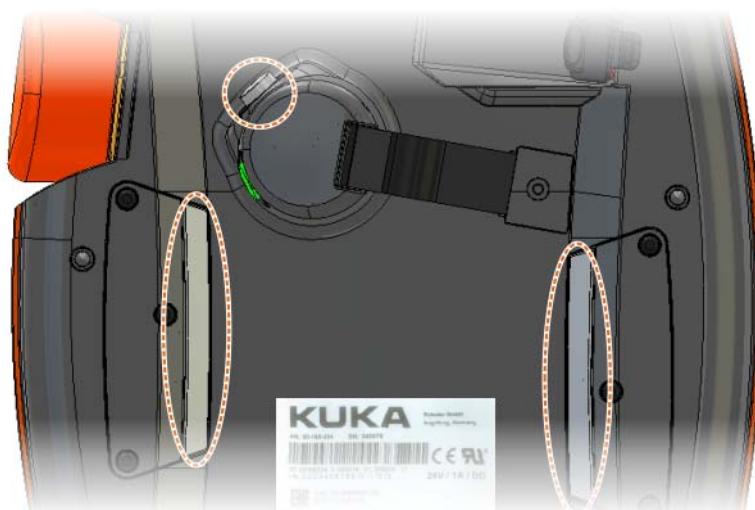
2. Seleccionar herramienta y base



3. Ajustar el override manual.



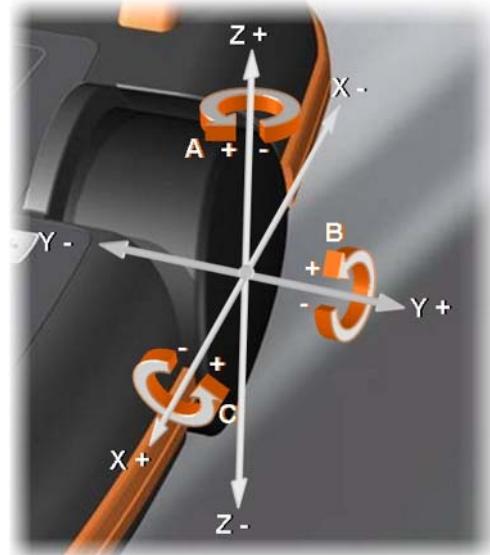
4. Pulsar y mantener pulsado el interruptor de confirmación en la posición intermedia.



5. Con las teclas de desplazamiento o el Space Mouse desplazar en la dirección deseada.



6. Otra alternativa consiste en desplazar con el Space Mouse.



Reacciones de detención

El robot industrial tiene reacciones de parada debido a operaciones realizadas o como reacción ante controles y mensajes de error. Las siguientes tablas muestran las reacciones de parada en función del modo de servicio seleccionado.

Término	Descripción
Parada de servicio segura	<p>La parada de servicio segura es un control de parada. No detiene el movimiento del robot, sino que controla si los ejes todavía están verticales. Si se mueven durante la parada de servicio segura, activa una parada de seguridad STOP 0.</p> <p>La parada de servicio segura también se puede accionar desde el exterior.</p> <p>Cuando se acciona una parada de servicio segura, la unidad de control del robot establece una salida para el bus de campo. Esta salida también se establece si en el momento en el que se acciona la parada de servicio segura no todos los ejes están parados y, por tanto, se activa una parada de seguridad STOP 0.</p>
Parada de seguridad STOP 0	<p>Una parada que se acciona y ejecuta desde el control de seguridad. El control de seguridad desconecta de inmediato los accionamientos y la alimentación de tensión de los frenos.</p> <p>Indicación: en la presente documentación esta parada recibe el nombre de parada de seguridad 0.</p>
Parada de seguridad STOP 1	<p>Una parada que se acciona y controla desde el control de seguridad. El procedimiento de frenado se ejecuta desde un componente de la unidad de control del robot no destinada a seguridad y lo controla el control de seguridad. En el momento en que el manipulador para, el control de seguridad desconecta los accionamientos y la alimentación de tensión de los frenos.</p> <p>Cuando se acciona una parada de seguridad STOP 1, la unidad de control del robot establece una salida para el bus de campo.</p> <p>La parada de seguridad STOP 1 también se puede accionar desde el exterior.</p> <p>Indicación: en la presente documentación esta parada recibe el nombre de parada de seguridad 1.</p>
Parada de seguridad STOP 2	<p>Una parada que se acciona y controla desde el control de seguridad. El procedimiento de frenado se ejecuta desde un componente de la unidad de control del robot no destinada a seguridad y lo controla el control de seguridad. Los accionamientos quedan conectados y los frenos abiertos. En el momento en el que manipulador para, se activa una parada de servicio segura.</p> <p>Cuando se acciona una parada de seguridad STOP 2, la unidad de control del robot establece una salida para el bus de campo.</p> <p>La parada de seguridad STOP 2 también se puede accionar desde el exterior.</p> <p>Indicación: en la presente documentación esta parada recibe el nombre de parada de seguridad 2.</p>
Categoría de detención 0	<p>Los accionamientos se desconectan de inmediato y se activan los frenos. El manipulador y los ejes adicionales (opcional) frenan cerca de la trayectoria.</p> <p>Indicación: esta categoría de frenado recibe el nombre de STOP 0.</p>

Término	Descripción
Categoría de detención 1	<p>El manipulador y los ejes adicionales (opcional) frenan sobre la trayectoria. Transcurrido 1 s se desconectan los accionamientos y se activan los frenos.</p> <p>Indicación: esta categoría de frenado recibe el nombre de STOP 1.</p>
Categoría de detención 2	<p>Los accionamientos no se desconectan y se activan los frenos. El manipulador y los ejes adicionales (opcional) frenan con una rampa de frenado sobre la trayectoria.</p> <p>Indicación: esta categoría de frenado recibe el nombre de STOP 2.</p>

Causa	T1, T2	AUT, AUT EXT
Soltar tecla START	STOP 2	-
Pulsar la tecla STOP	STOP 2	
Accionamientos DESC.	STOP 1	
La entrada "Validación de marcha" se desactiva	STOP 2	
Desconectar la unidad de control del robot (corte de corriente)	STOP 0	
Error interno en la sección de la unidad de control del robot sin función de seguridad	STOP 0 o STOP 1 (depende de la causa del error)	
Cambiar el modo de servicio durante el servicio	Parada de seguridad 2	
Abrir la puerta de seguridad (protección del operario)	-	Parada de seguridad 1
Soltar el interruptor de parada	Parada de seguridad 2	-
Pulsar el interruptor de parada o error	Parada de seguridad 1	-
Pulsar PARADA DE EMERGENCIA	Parada de seguridad 1	
Error en el control de seguridad o en los periféricos del control de seguridad	Parada de seguridad 0	

2.8 Ejercicio: Operación y desplazamiento manual

Objetivo del ejercicio

Después de completar correctamente este ejercicio, se dispondrá de la competencia necesaria para efectuar las siguientes tareas:

- Conectar/desconectar la unidad de control del robot
- Operación principal del robot con el KCP
- Desplazamiento manual del robot, específico del eje y en el sistema de coordenadas universal, con las teclas de desplazamiento y el Space Mouse
- Interpretar y corregir los primeros mensajes de sistema sencillos

Requisitos

Los siguientes requisitos son necesarios para completar este ejercicio correctamente:

- Participación en las instrucciones de seguridad

**¡Observación!**

Antes de comenzar el ejercicio se debe participar en las instrucciones de seguridad con documentación correspondiente.

- Conocimientos teóricos de la operación general de un sistema de robot industrial KUKA
- Conocimientos teóricos del desplazamiento manual específico del eje y del desplazamiento en el sistema de coordenadas universal

Formulación

Ejecutar las siguientes tareas:

1. Conectar el armario de control y esperar hasta terminar la fase de calentamiento
2. Desbloquear y confirmar la parada de emergencia
3. Asegurarse de que esté ajustado el modo de servicio T1
4. Activar el desplazamiento manual específico del eje
5. Desplazar el robot de modo específico del eje con diversos ajustes del override manual (HOV) mediante las teclas de desplazamiento manual y el Space Mouse
6. Observar el campo de desplazamiento de los ejes individuales, tener en cuenta obstáculos existentes, como por ej. mesa o depósito de cubos con herramienta fija (análisis de accesibilidad)
7. Tener en cuenta la ventana de mensajes al alcanzar los interruptores de fin de carrera software
8. Desplazar de modo específico del eje la herramienta (garra) hasta la herramienta de referencia (punta de metal negra) desde varias direcciones
9. Repetir este proceso en el sistema de coordenadas universal
10. Colocar un cubo manualmente sobre la mesa
11. Acercarse al cubo con la garra Para ello, seleccionar el sistema de coordenadas más correcto
12. Cerrar la garra El cubo **no** debe moverse al cerrar la garra

Lo que se debe saber tras el ejercicio:

1. ¿Cómo se pueden confirmar los mensajes?

.....
.....

2. Cuál pictograma representa el sistema de coordenadas universal?

a)



b)



c)



d)



3. Cuál es la denominación del ajuste de velocidad para el desplazamiento manual?

.....
.....

4. Cuáles son los modos de servicio?

.....
.....

2.9 Procesos manuales con una herramienta fija

Ventajas y campos de aplicación

Algunos procesos de producción y mecanizado requieren que el robot maneje la **pieza** y no la **herramienta**. La ventaja es que el componente no se debe depositar sólo para el mecanizado con lo que se pueden ahorrar dispositivos de seguridad. Este es el caso, por ejemplo, en las situaciones siguientes:

- Aplicaciones de pegamentos
- Aplicaciones soldadas
- etc.

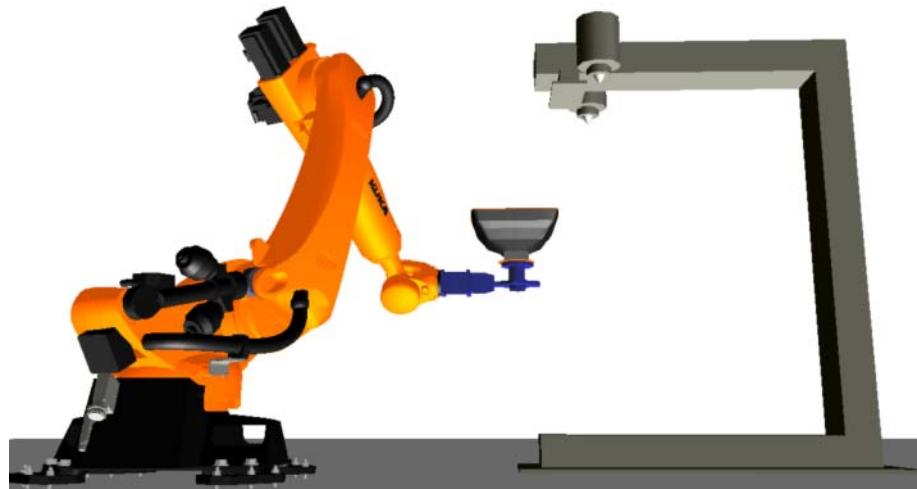


Fig. 2-16: Ejemplo de herramienta fija

AVISO

Para poder programar correctamente una aplicación de este tipo se debe medir tanto el TCP externo de la herramienta fija como la pieza.

Ejecución modificada del ciclo de movimiento con herramienta fija

A pesar de que la herramienta es un objeto fijo (no se mueve), también tiene un punto de referencia con el sistema de coordenadas. Este punto de referencia recibe el nombre de **TCP externo**. Como se trata de un sistema de coordenadas no móvil, los datos se administran como en un sistema de coordenadas base y, por tanto, se guardan como **base**.

La pieza (móvil) **Pieza** se vuelve a guardar como **Herramienta**. Por consiguiente, se puede realizar un desplazamiento a lo largo de los cantos de la pieza con relación al TCP.

AVISO

Debe tenerse en cuenta que en los procesos manuales con herramienta fija, los movimientos con relación al TCP externo.

Procedimiento de los procesos manuales con herramienta fija



Fig. 2-17: Selección ext. TCP en el menú de opciones

1. Seleccionar la pieza guiada por el robot en la ventana Seleccionar herramienta.
2. Seleccionar la herramienta fija en la ventana Selección de base.
3. Ajustar la selección del modo IpolpoMode a herramienta externa.
4. Como alternativa, ajustar Como tipo de desplazamiento, elija "Teclas de desplazamiento" o "Space-Mouse".
 - Ajustar herramienta para desplazar la pieza en el sistema de coordenadas.
 - Ajustar la base para desplazar la herramienta ext. en el sistema de coordenadas.
5. Ajustar el override manual
6. Pulsar y mantener pulsado el interruptor de confirmación en la posición intermedia.
7. Con las teclas de desplazamiento o el Space Mouse desplazar en la dirección deseada.

Al seleccionar **Herramienta ext.** en la ventana opcional **Opciones de procesos manuales**, el control cambia: ahora todos los movimientos se realizan con relación al TCP externo y no a la herramienta guiada por el robot.

2.10 Ejercicio: Procesos manuales con herramienta fija

Objetivo del ejercicio

Después de terminar con éxito este ejercicio, Ud. tiene la competencia necesaria para efectuar las siguientes tareas:

- Desplazamiento manual de una pieza guiada por el robot respecto a una herramienta fija

Condiciones

Las siguientes condiciones son necesarias para efectuar este ejercicio con éxito:

- Conocimientos teóricos de la operación general de un sistema de robot industrial KUKA
- Conocimientos teóricos de desplazamiento con la herramienta externa

Tarea

1. Ajustar el sistema de coordenadas herramienta "Placa".
2. Ajustar el sistema de coordenadas de base "Clavija externa".
3. Ajustar en el menú la opciones de procesos manuales en "Herramienta ext.".
4. Mover la placa hacia la clavija externa.
5. Mover y orientar la placa en la clavija externa. Comprobar las diferencias entre herramienta y base.
6. Ajustar en el menú la opciones de procesos manuales en "Brida".
7. Mover y orientar la placa en la clavija externa.

3 Puesta en servicio del robot

3.1 Principio de ajuste

¿Por qué ajustar? Sólo un robot industrial perfecta y completamente ajustado puede funcionar de manera óptima. Porque sólo entonces ofrece una total precisión en los puntos y la trayectoria y, sobre todo, puede desplazarse con movimientos programados.



Durante el ajuste a cada eje del robot se le asigna un valor de referencia.

El proceso completo de ajuste incluye el ajuste de cada uno de los ejes. Con un medio auxiliar técnico (EMD = Electronic Mastering Device) se asigna un valor de referencia a cada eje en su **posición mecánica cero** (por ejemplo, 0°). Como con este proceso se hace coincidir la posición mecánica y eléctrica del eje, cada eje recibe un valor angular único.

Para todos los robots la posición de ajuste es similar, pero no idéntica. Las posiciones exactas pueden diferir también entre los distintos robots de un mismo tipo.

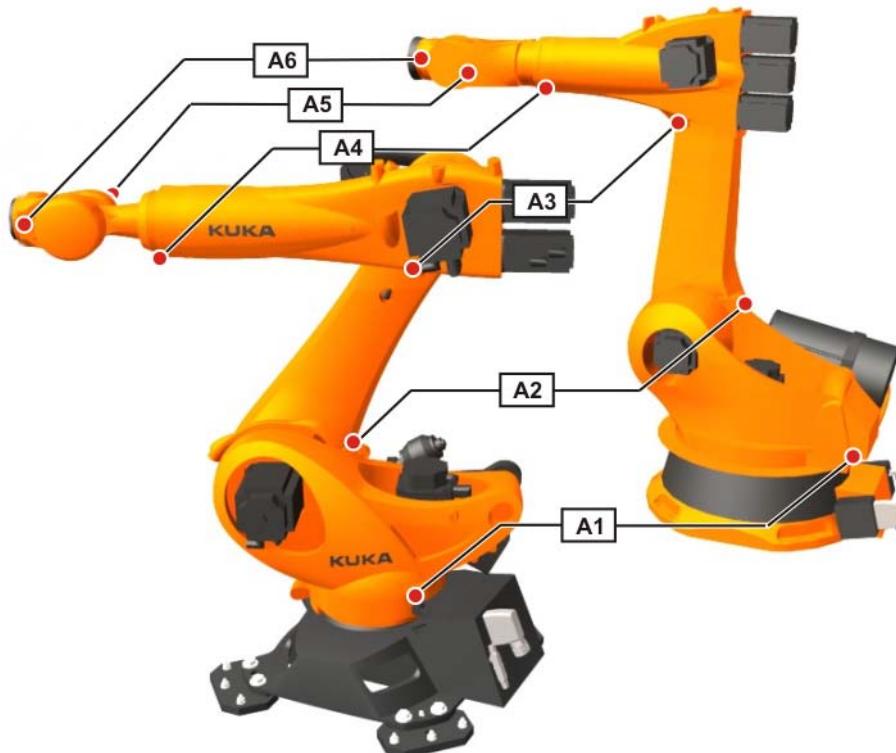


Fig. 3-1: Posiciones de los cartuchos de ajuste

Valores angulares de la posición mecánica cero (= valores de referencia)

Eje	Generación de robots "Quantec"	Otros tipos de robot (por ejemplo, la serie 2000, KR 16, etc.)
A1	-20°	0°
A2	-120°	-90°
A3	+120°	+90°
A4	0°	0°

Eje	Generación de robots "Quantec"	Otros tipos de robot (por ejemplo, la serie 2000, KR 16, etc.)
A5	0°	0°
A6	0°	0°

¿Cuándo se realiza un ajuste?

- En principio, un robot siempre debe estar ajustado. Se debe realizar un ajuste en los siguientes casos:
- En la puesta en servicio.
 - Después de haber efectuado trabajos de mantenimiento en los componentes que influyen sobre el registro de valores de posición (por ejemplo, el motor con resolver o RDC).
 - Cuando se hayan movido los ejes del robot sin el control (por ejemplo, por medio de un dispositivo de liberación).
 - Después de haber efectuado reparaciones o solucionado problemas mecánicos, antes de que se pueda realizar el ajuste primero hay que desajustar el robot:
 - Despues de haber cambiado un reductor.
 - Despues de una colisión contra un tope final a una velocidad mayor de 250 mm/s.
 - Tras una colisión.

AVISO

Antes de realizar cualquier trabajo de mantenimiento, por lo general resulta útil comprobar el ajuste actual.

Advertencias de seguridad para el ajuste

En robots sin ajustar, su funcionamiento queda considerablemente limitado:

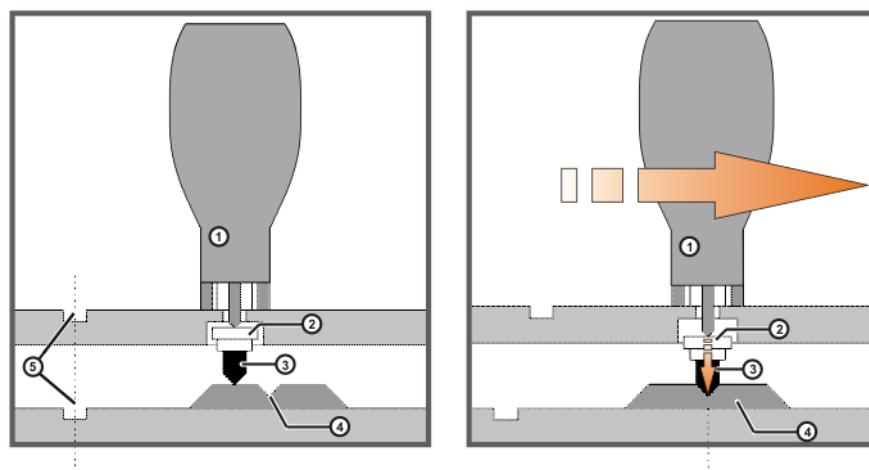
- No se puede utilizar el modo de programación: el robot no puede desplazarse a los puntos programados.
- No puede haber ningún proceso manual: no es posible efectuar movimiento en los sistemas de coordenadas.
- Los interruptores de final de carrera de software están desactivados.

⚠ ATENCIÓN

¡Advertencia! En un robot desajustado, los finales de carrera software se encuentran desactivados. El robot puede desplazarse y chocar contra los amortiguadores de los topes finales, por lo que podrían sufrir daños y tener que cambiarlos. En la medida de lo posible, no mover un robot desajustado o reducir el override manual lo máximo posible.

**Realización de un
ajuste****Fig. 3-2: EMD en acción**

Se ajusta cuando se determina el punto cero del eje. El eje se mueve hasta que se alcanza el punto cero mecánico. Es el caso cuando el palpador llega al punto más profundo de la entalladura de medición. Por ello cada eje dispone de un cartucho y una marca de ajuste.

**Fig. 3-3: Ejecución del ajuste EMD**

- | | |
|-------------------------------------|---------------------------|
| 1 EMD (Electronic Mastering Device) | 4 Entalladura de medición |
| 2 Cartucho de medición | 5 Marca de preajuste |
| 3 Palpador | |

3.2 Ajustar el robot

Opciones de ajuste del robot

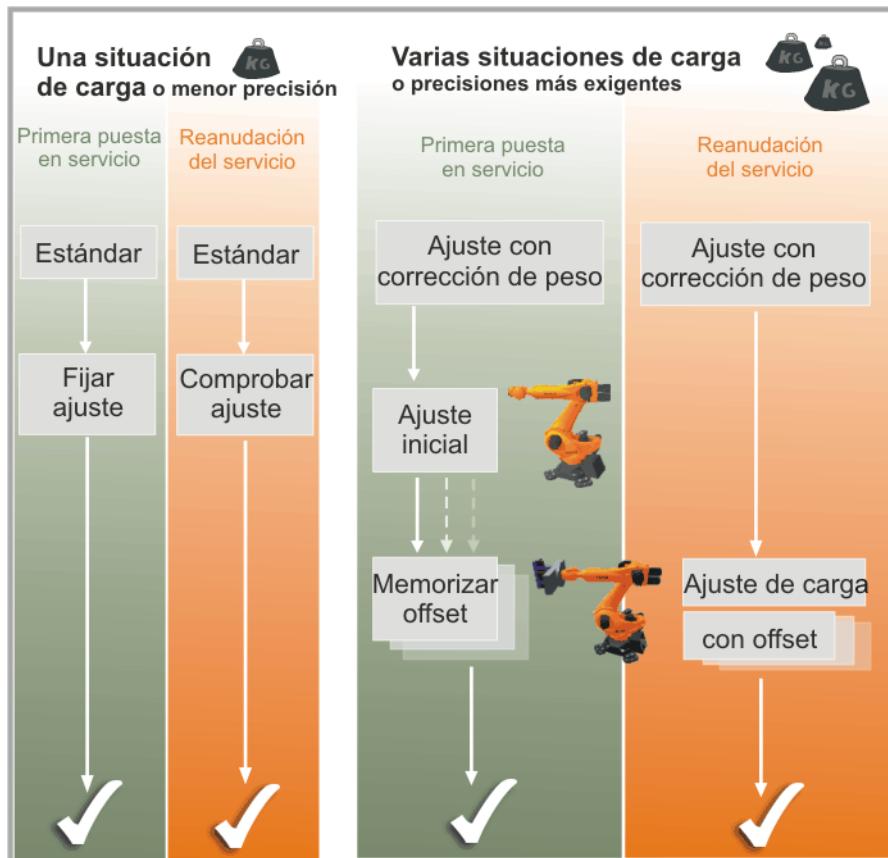


Fig. 3-4: Opciones de ajuste

¿Para qué sirve memorizar el offset?

El peso de la herramienta sujetada a la brida ofrece al robot una carga estática. A consecuencia de la elasticidad (en función del material real) de los componentes y reductores puede haber diferencia en la posición de un robot cargado y otro sin carga. Estas diferencias de escasos incrementos repercuten en la precisión del robot.

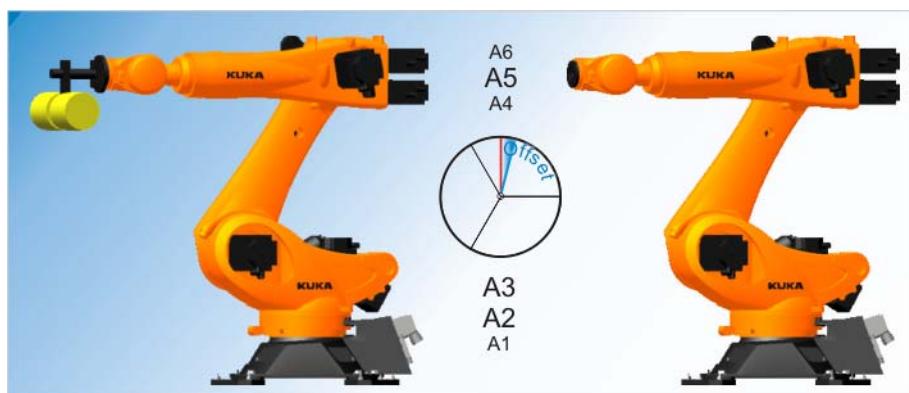


Fig. 3-5: Memorizar offset

La función de "Memorizar offset" se efectúa con carga. Entonces se guarda la diferencia con respecto al ajuste inicial (sin carga).

Cuando el robot trabaja con distintas cargas, debe ejecutarse la función de "Memorizar offset" para cada una de las cargas. En garras que recogen piezas pesadas, la función "Memorizar offset" debe ejecutarse para la garra sin pieza y con pieza.

AVISO**Mastery.log**
Mastery.log Archivo de valores de
ajuste offset

El offset determinado se guarda en el archivo **Mastery.log**. El archivo se encuentra en el disco duro, en el directorio C:\KRC\ROBOTER\LOG y contiene los datos de ajuste específicos:

- Marca de tiempo (Fecha, hora)
- Eje
- Número de serie del robot
- Número de herramienta
- Valor offset (*Encoder Difference*) en grados
- **Ejemplo de Mastery.log:**

```
Date: 22.03.11 Time: 10:07:10
Axis 1 Serialno.: 863334 Tool Teaching for Tool No 5
(Encoder Difference: -0.001209)
Date: 22.03.11 Time: 10:08:44
Axis 2 Serialno.: 863334 Tool Teaching for Tool No 5
Encoder Difference: 0.005954)
...
...
```

Únicamente un robot ajustado con corrección de carga es capaz de ofrecer el nivel de precisión que se le exige. Por ello, para cada situación de carga se debe memorizar el offset. Como requisito es necesario que ya se haya efectuado la medición geométrica de la herramienta y, por tanto, que ya sea haya asignado un número de herramienta.

Procedimiento del ajuste inicial

AVISO

El ajuste inicial sólo se debe realizar cuando el robot no está cargado. No se debe montar ninguna herramienta ni carga adicional.

1. Llevar el robot a la posición de ajuste inicial.



Fig. 3-6: Ejemplos de posición de preajuste

2. Seleccionar en el menú principal la secuencia **Puesta en servicio > Ajustar > EMD > Con corrección de peso > Ajuste inicial**.
- Se abre una ventana. Se visualizan todos los ejes que se deben ajustar. El eje con el número más bajo está marcado.
3. En los ejes marcados en la ventana, retirar la tapa protectora del cartucho de medición. (Si se le da la vuelta al EMD, puede utilizarse como destornillador). Enroscar el EMD en el cartucho de medición.



Fig. 3-7: EMD enroscado en el cartucho de medición

4. Colocar el cable de medición en el EMD y conectarlo en el conector X32 de la caja de conexiones del robot.



Fig. 3-8: Cable EMD, conectado



Atención

Enroscar el EMD en el cartucho de medición siempre sin cable de medición. Montar entonces el cable de medición en el EMD. Caso contrario, el cable de medición puede ser dañado.

Retirar también siempre el cable de medición del EMD antes de retirar el EMD. Solo entonces se puede retirar el EMD del cartucho de medición.

Después del ajuste desmontar el cable de medición del punto de conexión X32. Caso contrario, pueden producirse señales perturbadoras o causarse daños materiales.

5. Pulsar **Ajustar**.
6. Situar el pulsador de validación en la posición intermedia, pulsar la tecla de arranque y mantenerla pulsada.



Fig. 3-9: Tecla de inicio y pulsador de confirmación

- Cuando el EMD ha recorrido el punto más bajo de la entalladura de medición, quiere decir que se ha alcanzado la posición de ajuste. El robot se detiene automáticamente. Los valores se guardan. En la ventana, el eje queda oculto.
7. Retirar del EMD el cable de medición. A continuación, retirar el EMD del cartucho de medición y volver a colocar la tapa protectora.
 8. Repetir los pasos del 2 al 5 en los ejes que se desean ajustar.
 9. Cerrar la ventana.
 10. Retirar de la conexión X32 el cable de medición.

Procedimiento para memorizar

Offset

"Offset enseñado" se efectúa con carga. Se guarda la diferencia respecto al ajuste inicial.

1. Colocar el robot en la posición de preajuste.
2. Seleccionar en el menú principal la secuencia **Puesta en servicio > Ajustar > EMD > Con corrección de peso > Memorizar offset**.
3. Introducir el número de herramienta. Confirmar con **Herramienta OK**.
Se abre una ventana. Se muestran todos los ejes que aún no se han memorizado para la herramienta. El eje con el número más bajo está marcado.
4. En los ejes marcados en la ventana, retirar la tapa protectora del cartucho de medición. Enroscar el EMD en el cartucho de medición. Colocar el cable de medición en el EMD y conectarlo en la conexión X32 de la caja de conexiones situada en la base del robot.
5. Pulsar en **Memorizar**.
6. Pulsar el pulsador de validación y la tecla de arranque.
Cuando el EMD alcanza el punto más bajo de la entalladura de medición, se habrá alcanzado la posición de ajuste. El robot se detiene automáticamente. Se abre una ventana. La diferencia de este eje respecto al ajuste inicial se muestra en incrementos y grados.
7. Confirmar con **OK**. En la ventana, el eje queda oculto.
8. Retirar del EMD el cable de medición. A continuación, retirar el EMD del cartucho de medición y volver a colocar la tapa protectora.
9. Repetir los pasos del 3 al 7 en los ejes que se desean ajustar.
10. Retirar de la conexión X32 el cable de medición.
11. Abandonar la ventana pulsando en **Cerrar**.

Procedimiento para controlar/ establecer el ajuste de carga con offset

El ajuste de carga con offset se realiza con carga. Se calcula el ajuste inicial.

1. Colocar el robot en la posición de ajuste inicial.
2. Seleccionar en el menú principal la secuencia **Puesta en servicio > Ajustar > EMD > Con corrección de carga > Ajuste de carga > con offset**.
3. Introducir el número de herramienta. Confirmar con **Herram. OK**.
4. Extraerle la tapa al conector X32 y conectar el cable de medición.
5. En los ejes marcados en la ventana, retirar la tapa protectora del cartucho de medición. (Si se le da la vuelta al EMD, puede utilizarse como destornillador).
6. Enroscar el EMD en el cartucho de medición
7. Montar el cable de medición en el EMD. Para ello alinear el punto rojo del conector con la ranura del EMD.
8. Pulsar **Comprobar**.
9. Mantener pulsado el interruptor de validación y pulsar la tecla de arranque.
10. En caso necesario, memorizar los valores con **Guardar**. Con ello se borran los datos de ajuste antiguos. Para poder restaurar un ajuste inicial perdido, guardar siempre los valores.

11. Retirar del EMD el cable de medición. A continuación, retirar el EMD del cartucho de medición y volver a colocar la tapa protectora.
12. Repetir los pasos del 4 al 10 en los ejes que se desean ajustar.
13. Cerrar la ventana.
14. Retirar de la conexión X32 el cable de medición.

3.3 Ejercicio: Ajuste de robots

Objetivo del ejercicio

Después de completar correctamente este ejercicio, se dispondrá de la competencia necesaria para efectuar las siguientes tareas:

- Desplazar a posición de preajuste
- Selección del tipo de ajuste correcto
- Uso del "Electronic Mastering Device" (EMD)
- Ajuste de todos los ejes mediante EMD

Requisitos

Los siguientes requisitos son necesarios para completar este ejercicio correctamente:

- Conocimientos teóricos del desarrollo general de un ajuste
- Conocimientos teóricos de la posición de preajuste



1 Eje no en posición de preajuste 

2 Eje en posición de preajuste 

- Conexión correcta del EMD al robot
- Ajuste a través del menú de puesta en servicio

Formulación

Ejecutar las siguientes tareas:

1. Desajustar todos los ejes de robot.
2. Desplazar todos los ejes de robot de forma específica del eje a la posición de preajuste.
3. Efectuar en todos los ejes un ajuste de carga con Offset y el EMD.
4. Visualizar la posición actual específica del eje.

Lo que se debe saber tras el ejercicio:

1. ¿Por qué se realiza un ajuste?

.....
.....

2. Indicar los ángulos de todos los 6 ejes en la posición mecánica cero.

A1: A2:

A3: A4:

A5: A6:

3. ¿Cuáles son los puntos que deben observarse en caso de un robot desajustado?

.....
.....
.....

4. ¿Qué medio de ajuste se debe utilizar preferentemente?

.....
.....

5. ¿Cuáles son los peligros si se desplaza un robot con el EMD (comparador) conectado?

.....
.....

3.4 Cargas sobre el robot

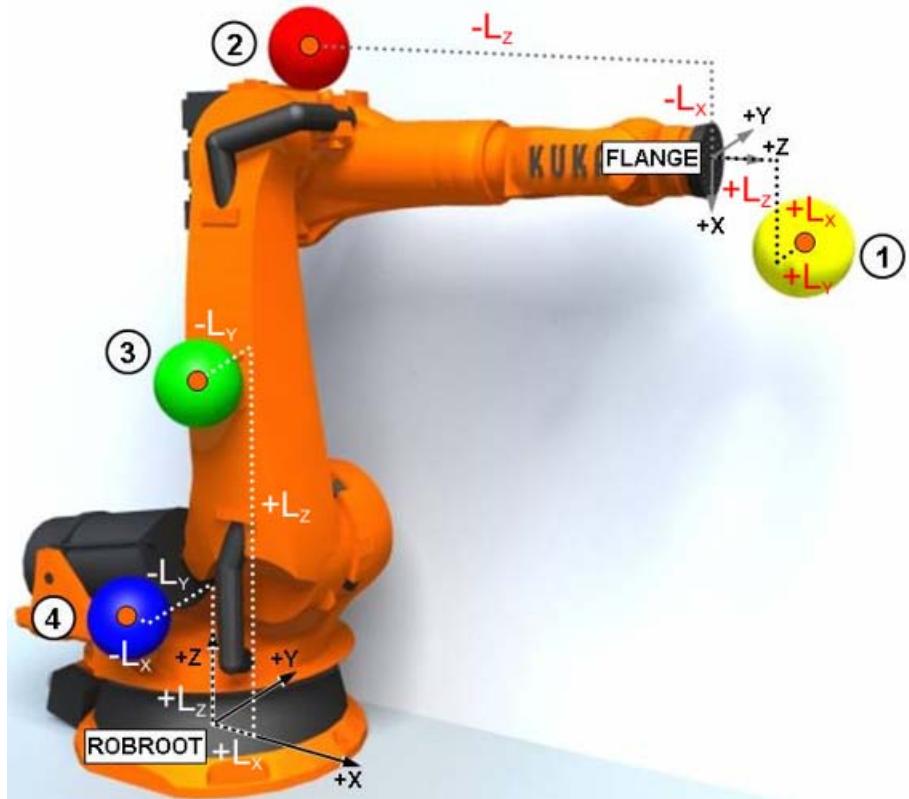


Fig. 3-10: Cargas en el robot

- | | |
|----------------------------------|----------------------------------|
| 1 Capacidad de carga | 3 Carga adicional sobre el eje 2 |
| 2 Carga adicional sobre el eje 3 | 4 Carga adicional sobre el eje 1 |

3.5 Datos de carga la herramienta

¿Qué son los datos de carga de la herramienta?

Los datos de carga de la herramienta son todas aquellas cargas montadas sobre la brida del robot. Forman una masa adicional sobre el robot que debe moverse con él.

Los valores que deben introducirse son la masa, la posición del centro de gravedad (punto en el que incide la masa) y los momentos de inercia de la masa con los ejes principales de inercia correspondientes.

Los datos de carga **deben** introducirse en la unidad de control del robot y asignarse a la herramienta pertinente.

Excepción: Si los datos de carga ya se han transferido a la unidad de control del robot con KUKA.LoadDataDetermination, ya no es necesario introducirlos manualmente.

Los datos de carga de la herramienta se pueden consultar en las fuentes siguientes:

- Opción de software KUKA.LoadDetect (sólo para cargas)
- Datos específicos del fabricante
- Cálculo manual
- Programa CAD

Efectos de los datos de carga

Los datos de carga introducidos ejercen su influencia sobre numerosos procesos de control. Entre ellos se cuentan, por ejemplo:

- Algoritmos de control ((cálculo de la aceleración)

- Monitorización de velocidades y aceleraciones
- Momento esfuerzo
- Control contra colisiones
- Control de energía
- entre otros muchos

Por ello, es de vital importancia que los datos de carga se introduzcan correctamente. Si el robot sigue sus movimientos con los datos de carga correctamente introducidos...

- se puede aprovechar su alta precisión
- las secuencias de movimientos se pueden ejecutar con tiempos óptimos.
- el robot alcanza una larga durabilidad (debido al poco desgaste)

Procedimiento

1. En el menú principal, seleccionar **Puesta en servicio > Medir > Herramienta > Datos de carga de la herramienta**.
2. En el campo **Herramienta Nº** introducir el número de la herramienta. Confirmar pulsando **Continuar**.
3. Declarar los datos de carga:
 - Campo **M**: Masa
 - Campos **X, Y, Z**: Situación del centro de gravedad relativo a la brida
 - Campos **A, B, C**: Orientación de los ejes principales de inercia relativos a la brida
 - Campos **JX, JY, JZ**: Momentos de inercia de la masa
(JX es la inercia alrededor del eje X del sistema de coordenadas que está torcido por A, B y C en relación a la brida. De forma análoga, JY y JZ son las inercias alrededor de los ejes Y y Z).
4. Confirmar pulsando **Continuar**.
5. Pulsar **Guardar**.

3.6 Datos de carga adicional en el robot

Datos de carga adicional en el robot

Las cargas adicionales son componentes instalados adicionalmente en la base, el brazo de oscilación o el brazo. Por ejemplo:

- Alimentación de energía
- Válvulas
- Alimentación de materia
- Provisión de material

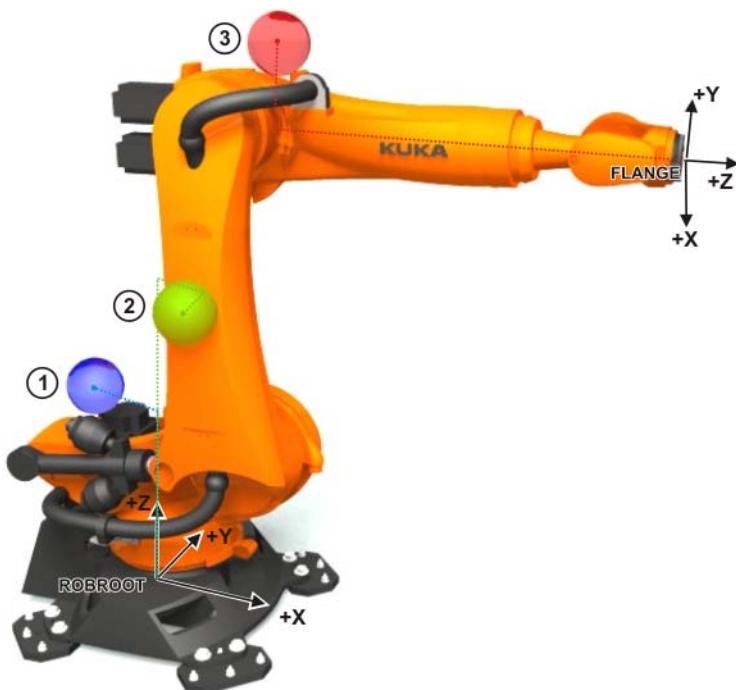


Fig. 3-11: Datos de carga adicional en el robot

Los datos de carga adicionales se deben introducir en la unidad de control del robot. Entre otros, es necesario indicar los datos siguientes:

- Masa (m) en kg
- Distancia del centro de gravedad de la masa al sistema de referencia (X, Y y Z) en mm.
- Orientación de los ejes de inercia principales al sistema de referencia (A, B y C) en grados ($^{\circ}$).
- Momentos de inercia de la masa alrededor de los ejes de inercia (J_x , J_y y J_z) en kgm^2 .

Sistemas de referencia para los valores X, Y y Z por cada carga adicional:

Carga	Sistema de referencia
Carga adicional A1	Sistema de coordenadas ROBROOT $A1 = 0^{\circ}$
Carga adic. A2	Sistema de coordenadas ROBROOT $A2 = -90^{\circ}$
Carga adic. A3	Sistema de coordenadas FLANGE $A4 = 0^{\circ}$, $A5 = 0^{\circ}$, $A6 = 0^{\circ}$

Los datos de carga se pueden consultar en las fuentes siguientes:

- Datos específicos del fabricante
- Cálculo manual
- Programa CAD

Influencia de las cargas adicionales sobre el movimiento del robot

Los datos que carga influyen sobre el movimiento del robot de las formas más diversas:

- Proyecto de trayectoria
- Aceleraciones
- Duración del ciclo
- Desgaste

ADVERTENCIA

Si un robot se hace funcionar con unos datos de carga erróneos o incorrectos, existe peligro de muerte, de lesiones o de que se produzcan daños materiales considerables.

Procedimiento

1. En el menú principal, seleccionar **Puesta en servicio > Medir > Datos de carga adicional**.
2. Indicar el número del eje sobre el cual va montada la carga adicional. Confirmar pulsando **Continuar**.
3. Declarar los datos de carga. Confirmar pulsando **Continuar**.
4. Pulsar **Guardar**.

3.7 Medición de una herramienta**Descripción**

Medir una herramienta significa que se genera un sistema de coordenadas que tiene su origen en el punto de referencia de una herramienta. Este punto de referencia recibe el nombre de **TCP** (Tool Center Point), mientras que el sistema de coordenadas es el sistema de coordenadas de **herramienta**.

La medición de la herramienta contiene entonces la medición de:

- el TCP (origen del sistema de coordenadas)
- la orientación del sistema de coordenadas

AVISO

Se pueden guardar como máximo 16 sistemas de coordenadas de herramienta. (Variable: **TOOL_DATA[1...16]**).

Durante la medición se guarda la distancia entre el origen del sistema de coordenadas de herramienta (en X, Y y Z) y el sistema de coordenadas de brida, además del giro entre sí (ángulo A, B y C).

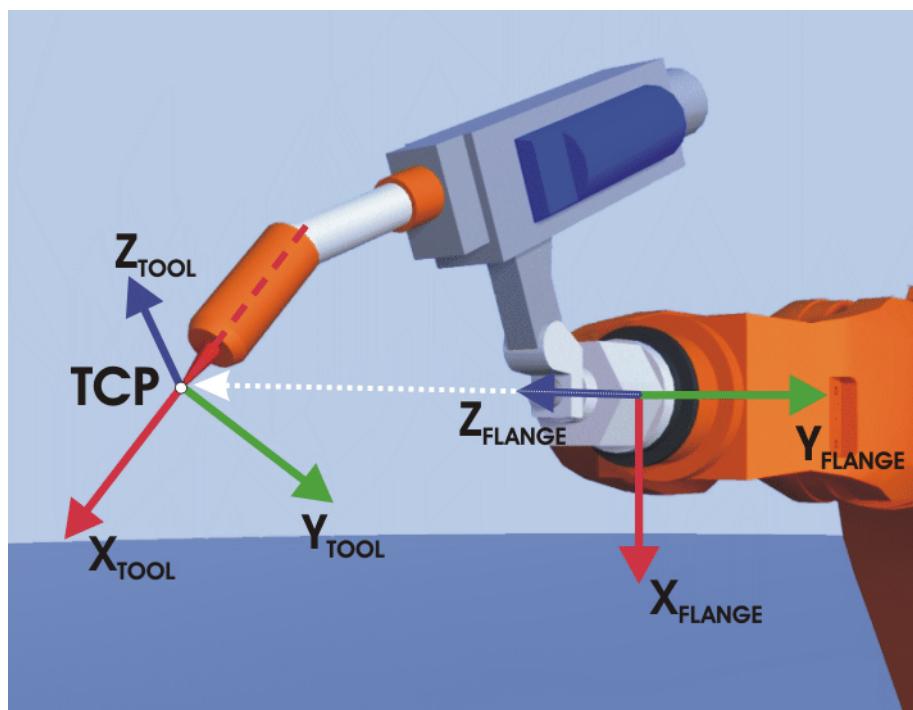


Fig. 3-12: Principio de la medición TCP

Ventajas

Cuando una herramienta ha sido medida con exactitud, el personal de operación y de programación cuenta con las ventajas siguientes:

- Procesos manuales perfeccionados

- Se puede efectuar la orientación con relación al TCP (por ejemplo, punta de la herramienta).

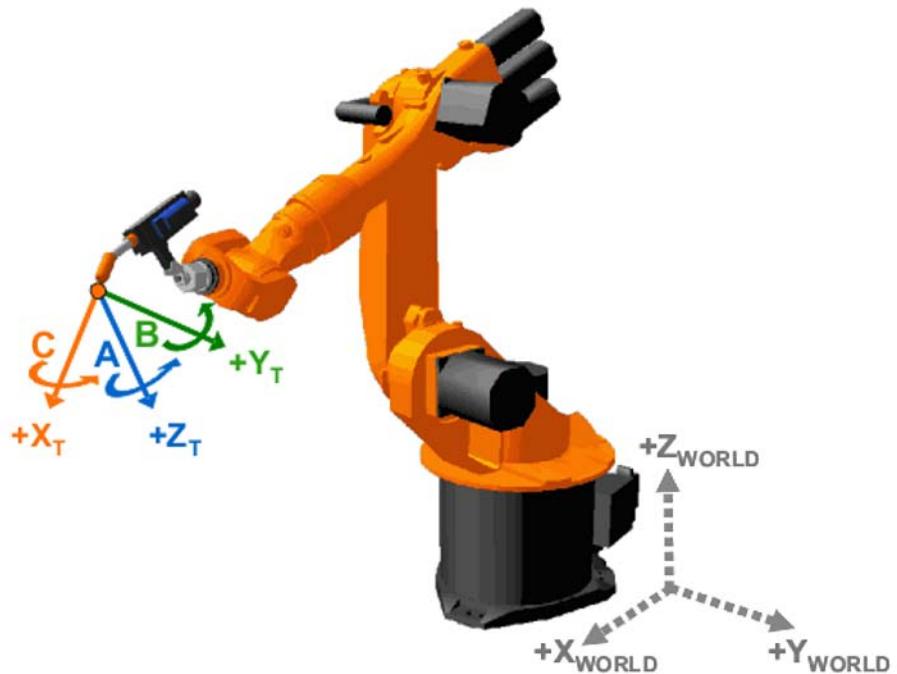


Fig. 3-13: Reorientación alrededor del TCP

- Desplazamiento en dirección de avance de la herramienta

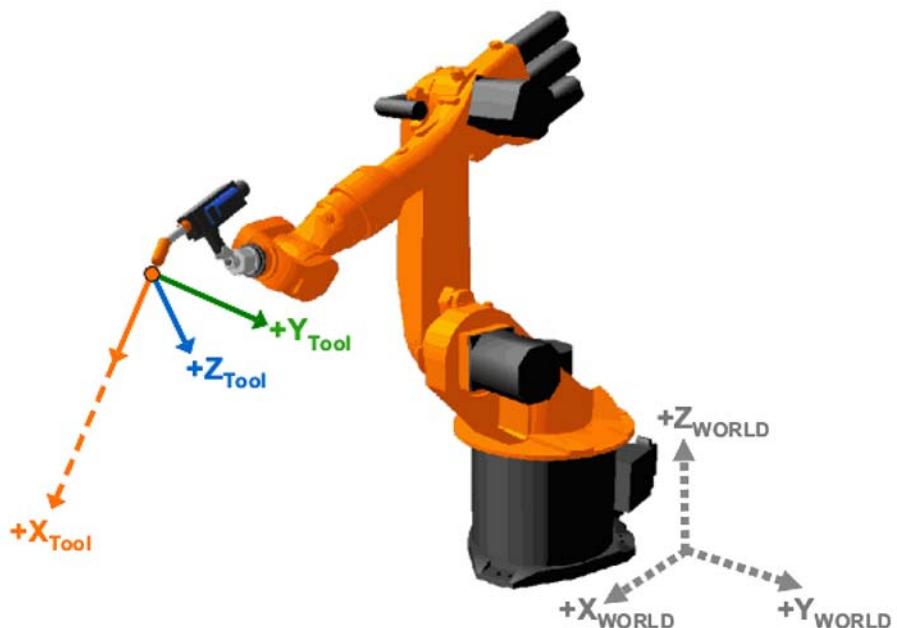


Fig. 3-14: Dirección avance TCP

- Uso en la programación de movimientos
 - La velocidad programada se mantiene en el TCP a lo largo de toda la trayectoria.

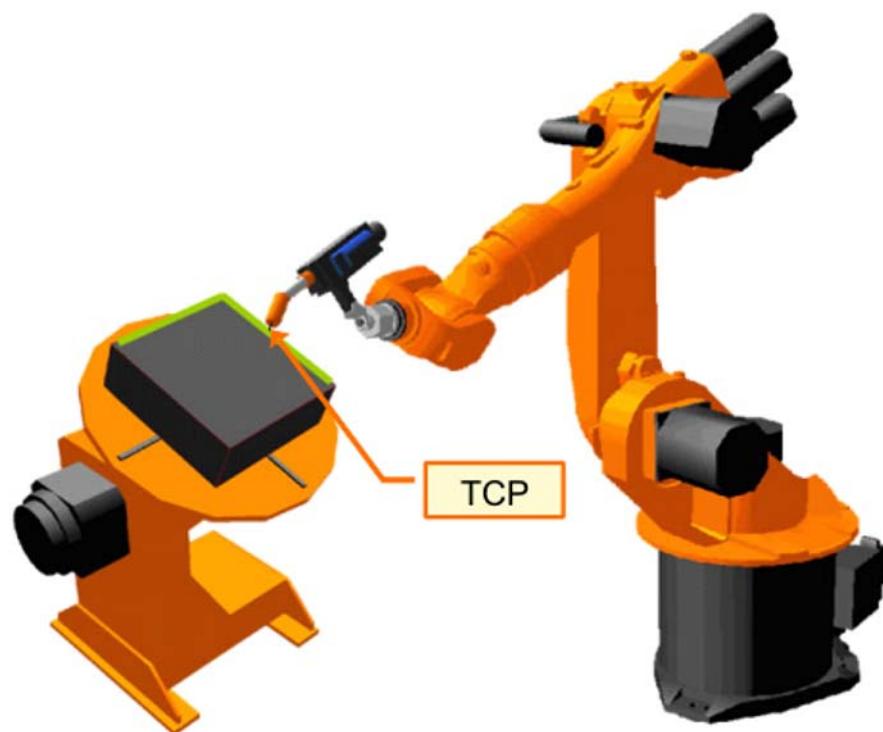


Fig. 3-15: Servicio de programa con TCP

- Además, también se puede efectuar una orientación definida a lo largo de la trayectoria.



Fig. 3-16: Ejemplos de herramientas medidas

Opciones de medición de la herramienta

La medición de la herramienta consta de 2 pasos:

Paso	Descripción
1	<p>Definir el origen del sistema de coordenadas TOOL</p> <p>Se puede elegir entre los siguientes métodos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ <i>Punto XYZ-4</i> ■ <i>Referencia XYZ</i>
2	<p>Definir la orientación del sistema de coordenadas TOOL</p> <p>Se puede elegir entre los siguientes métodos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ <i>ABC World</i> ■ <i>Punto ABC-2</i>
Alternativa:	<p>Entrada directa de valores para la distancia al sistema de coordenadas de brida (X, Y, Z) y del giro (A, B, C).</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ <i>Entrada numérica</i>

Medición TCP, método XYZ 4 puntos

Con el TCP de la herramienta que se desea medir debe desplazarse el robot a un punto de referencia desde 4 direcciones diferentes. El punto de referencia puede ser cualquiera. La unidad de control del robot calcula el TCP a partir de las distintas posiciones de la brida.



Las 4 posiciones de la brida con las cuales el robot se desplaza al punto de referencia deben estar suficientemente separadas y no encontrarse en un mismo plano.

Procedimiento del método XYZ de 4 puntos:

1. En el menú principal, seleccionar **Puesta en servicio > Medir > Herramienta > XYZ 4 puntos**.
2. Indicar un número y un nombre para la herramienta que se quiere medir. Confirmar pulsando **Continuar**.
3. Acercar un punto de referencia con el TCP. Pulsar la tecla de función programable **Medir** y confirmar el diálogo "¿Aceptar la posición actual?" "Se reanuda la medición" pulsando **Sí**.
4. Con el TCP desplazarse al punto de referencia desde otra dirección. Pulsar de nuevo la tecla **Medir** y confirmar el diálogo pulsando **Sí**.

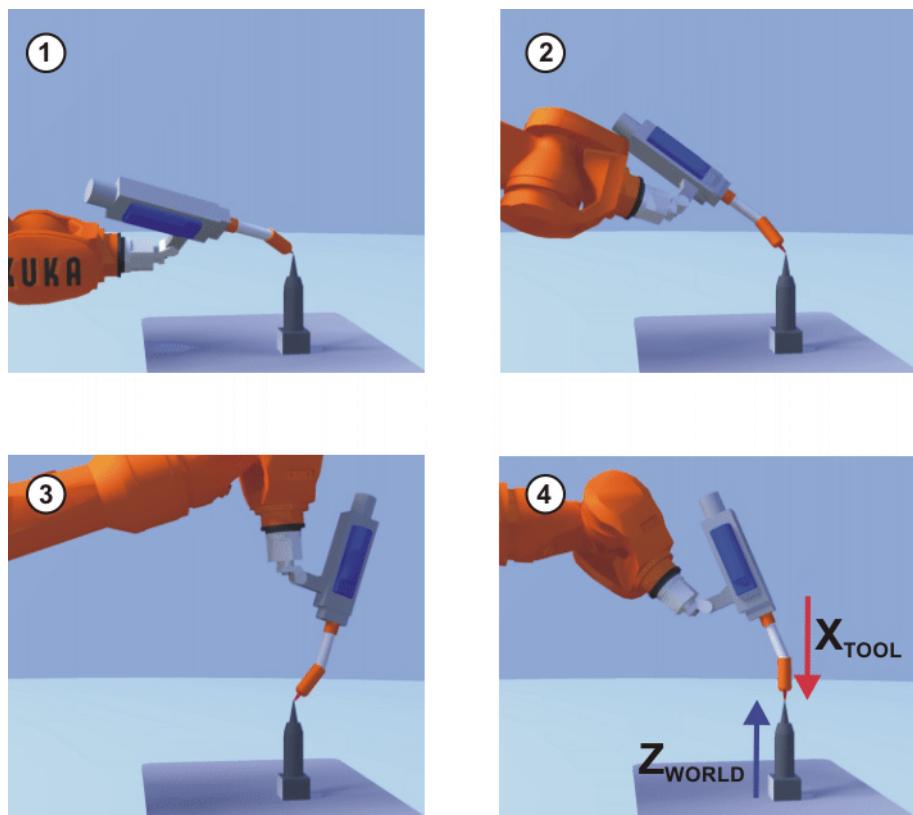


Fig. 3-17: Método XYZ 4-Puntos

5. Repetir dos veces el paso 4.
6. Se abre la ventana para introducir los datos de carga. Introducir correctamente los datos de carga y confirmar con **Continuar**.
7. Se abre una ventana con los valores X, Y y Z determinados para el TCP y la precisión de medición se puede leer debajo de Errores. Los datos se pueden guardar directamente pulsando **Guardar**.

Medición TCP con método de referencia XYZ

En el método de referencia XYZ, la medición de una nueva herramienta se efectúa con una herramienta ya medida. La unidad de control del robot compara las posiciones de la brida y calcula el TCP de la nueva herramienta.

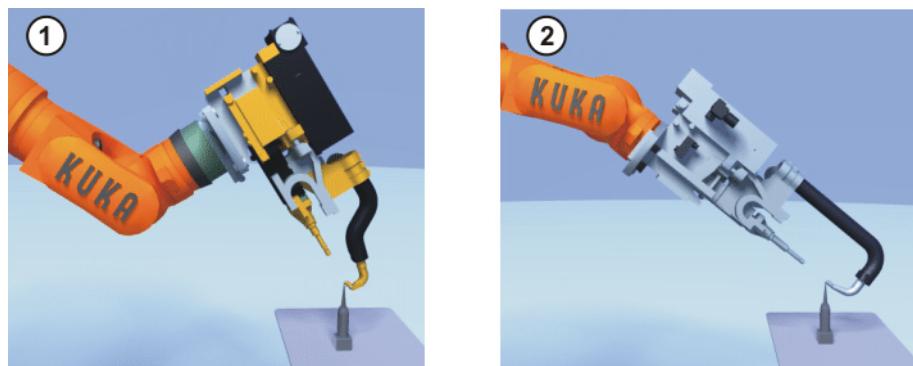


Fig. 3-18

Procedimiento

1. Requisito para este procedimiento es que la herramienta ya medida debe estar montada en la brida de acople y que ya se conocen los datos del TCP.
2. Seleccionar en el menú principal la secuencia **Puesta en servicio > Me-dir > Herramienta > Referencia XYZ**.

3. Asignar un número y un nombre para la nueva herramienta. Confirmar pulsando **Continuar**.
4. Introducir los datos del TCP de la herramienta ya medida. Confirmar pulsando **Continuar**.
5. Acercar un punto de referencia con el TCP. Pulsar en **Medir**. Confirmar pulsando **Continuar**.
6. Liberar la herramienta y desmontarla. Montar la nueva herramienta.
7. Acercar el punto de referencia con el TCP de la nueva herramienta. Pulsar en **Medir**. Confirmar pulsando **Continuar**.
8. Pulsar **Guardar**. Los datos se guardan y la ventana se cierra.

O pulsar **Datos de carga**. Los datos se guardan y se abre una ventana en la que se pueden introducir los datos de carga.

Medición de la orientación, método ABC- World

Los ejes del sistema de coordenadas de herramienta se alinean de forma paralela a los ejes del sistema de coordenadas de herramienta. De este modo, la unidad de control del robot conoce la orientación del sistema de coordenadas de herramienta.

Este método tiene 2 variantes:

- **5D**: A la unidad de control sólo se le declara la dirección de trabajo de la herramienta. Por defecto, la dirección de avance es el eje X. La dirección de los demás ejes la determina el sistema, y en general no puede ser reconocida fácilmente por el usuario.
Casos de aplicación: por ej. Soldadura MIG/MAG, Laser o corte por chorro de agua
- **6D**: A la unidad de control del robot se le comunican las direcciones de los 3 ejes.
Casos de aplicación: por ej. pinzas de soldadura, garras o boquillas de aplicación de pegamentos

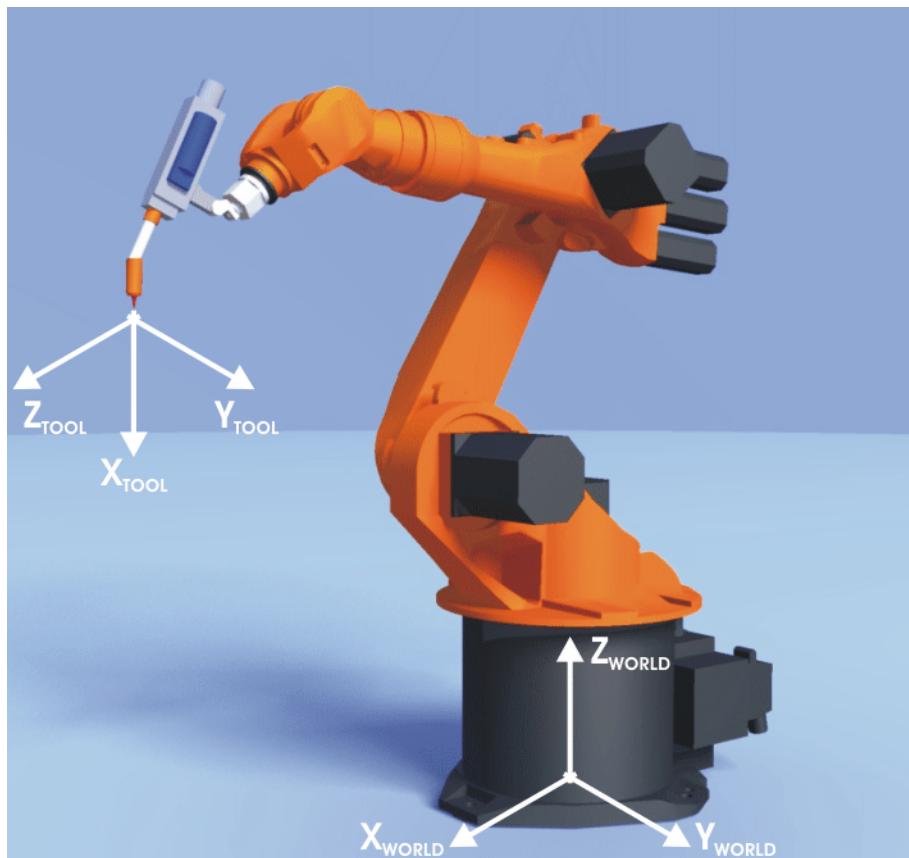


Fig. 3-19: Método ABC World

Procedimiento del método ABC-World

1. Seleccionar en el menú principal la secuencia **Puesta en servicio > Medición > Herramienta > ABC-World**.
2. Introducir el número de herramienta. Confirmar pulsando **Continuar**.
3. En el campo **5D/6D** seleccionar una variante. Confirmar pulsando **Continuar**.
4. Si se ha seleccionado **5D**:
Alinear $+X_{TOOL}$ de forma paralela a $-Z_{WORLD}$ ($+X_{TOOL}$ = dirección de avance)
5. Si se ha seleccionado **6D**:
Alinear $+X_{TOOL}$ de forma paralela a $-Z_{WORLD}$ ($+X_{TOOL}$ = dirección de avance)
Alinear $+Y_{TOOL}$ de forma paralela a $+Y_{WORLD}$ ($+X_{TOOL}$ = dirección de avance)
Alinear $+Z_{TOOL}$ de forma paralela a $-X_{WORLD}$ ($+X_{TOOL}$ = dirección de avance)
6. Confirmar con **Medir**. Confirmar el mensaje "¿Aceptar la posición actual? "Se reanuda la medición" pulsando **Sí**.
7. Se abre otra ventana. Aquí se deben introducir los datos de carga.
8. Concluir el proceso con **Continuar y Guardar**.
9. Cerrar el menú

Medición de la orientación, método ABC 2 puntos

A la unidad de control del robot se le comunican los ejes del sistema de coordenadas de herramienta desplazando el robot a un punto del eje X y un punto en el plano XY.

Este método se utiliza cuando las direcciones de los ejes deben establecerse con la mayor exactitud posible.



El siguiente procedimiento es válido cuando la dirección de impacto de la herramienta es la dirección de impacto por defecto (= dirección X). Si la dirección de impacto se cambia a Y o Z, el procedimiento también debe cambiarse.

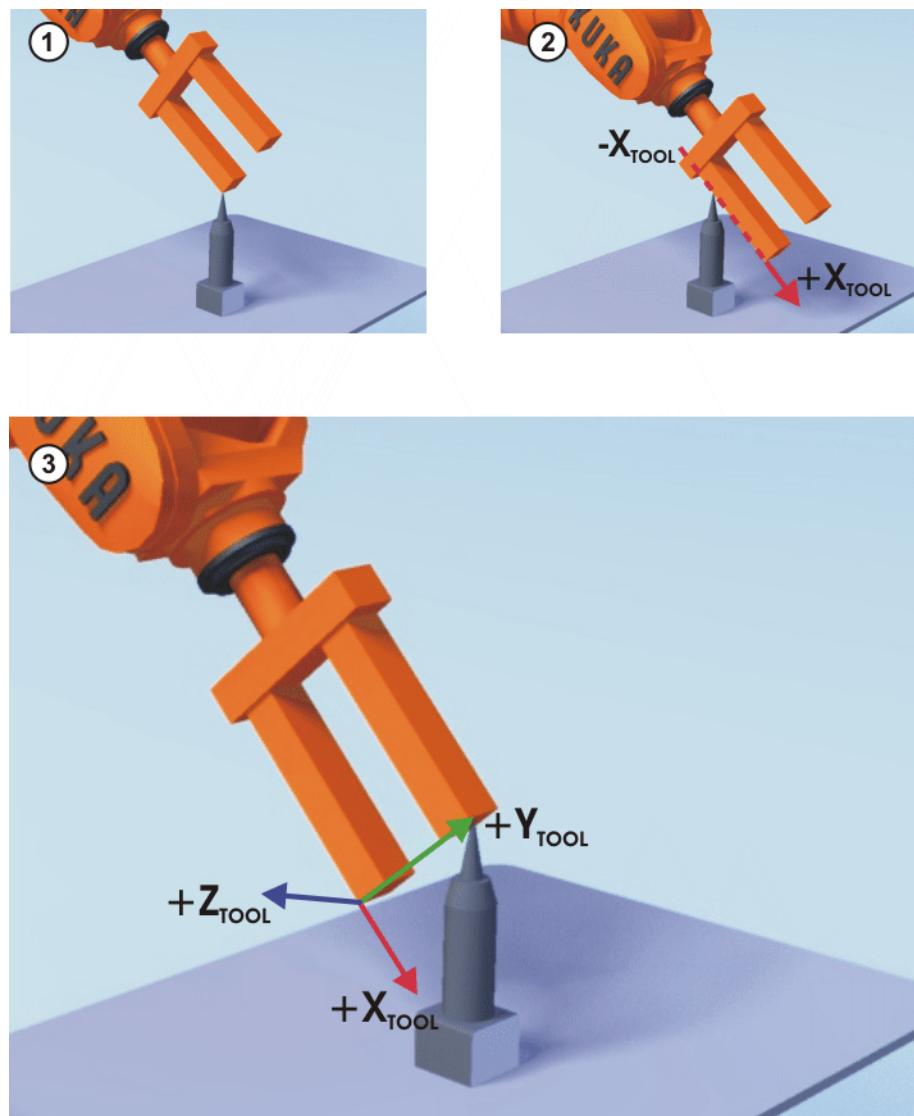


Fig. 3-20: Método ABC 2-Puntos

1. Una condición es que el TCP ya se haya medido con un método XYZ.
2. Seleccionar en el menú principal la secuencia **Puesta en servicio > Medir > Herramienta > ABC 2 puntos**.
3. Indicar el número de la herramienta montada. Confirmar pulsando **Continuar**.
4. Con el TCP desplazarse a un punto de referencia cualquiera. Pulsar en **Medir**. Confirmar pulsando **Continuar**.
5. Desplazar la herramienta de tal modo que el punto de referencia sobre el eje X se encuentre sobre un punto de valor X negativo (es decir, en contra de la dirección de trabajo). Pulsar en **Medir**. Confirmar pulsando **Continuar**.
6. Desplazar la herramienta de modo tal que el punto de referencia sobre el plano XY se encuentre sobre un valor Y positivo. Pulsar en **Medir**. Confirmar pulsando **Continuar**.
7. O bien pulsar **Guardar**. Los datos se guardan y la ventana se cierra.
O pulsar **Datos de carga**. Los datos se guardan y se abre una ventana en la que se pueden introducir los datos de carga.

Advertencias de seguridad de las garras en el modo de formación

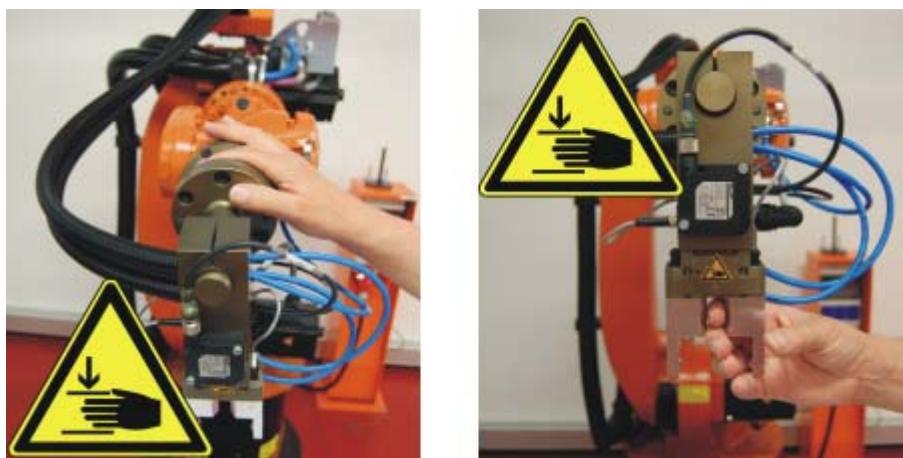


Fig. 3-21: Peligro de contusiones en la garra de formación

⚠ ADVERTENCIA

¡Advertencia! Al utilizar el sistema de garras existe riesgo de aplastamiento y corte. Aquellos que manejen las garras deben asegurarse de que no puedan quedar atrapados.

A la hora de sujetar los componentes (cubo, clavija) puede procederse con el máximo cuidado.

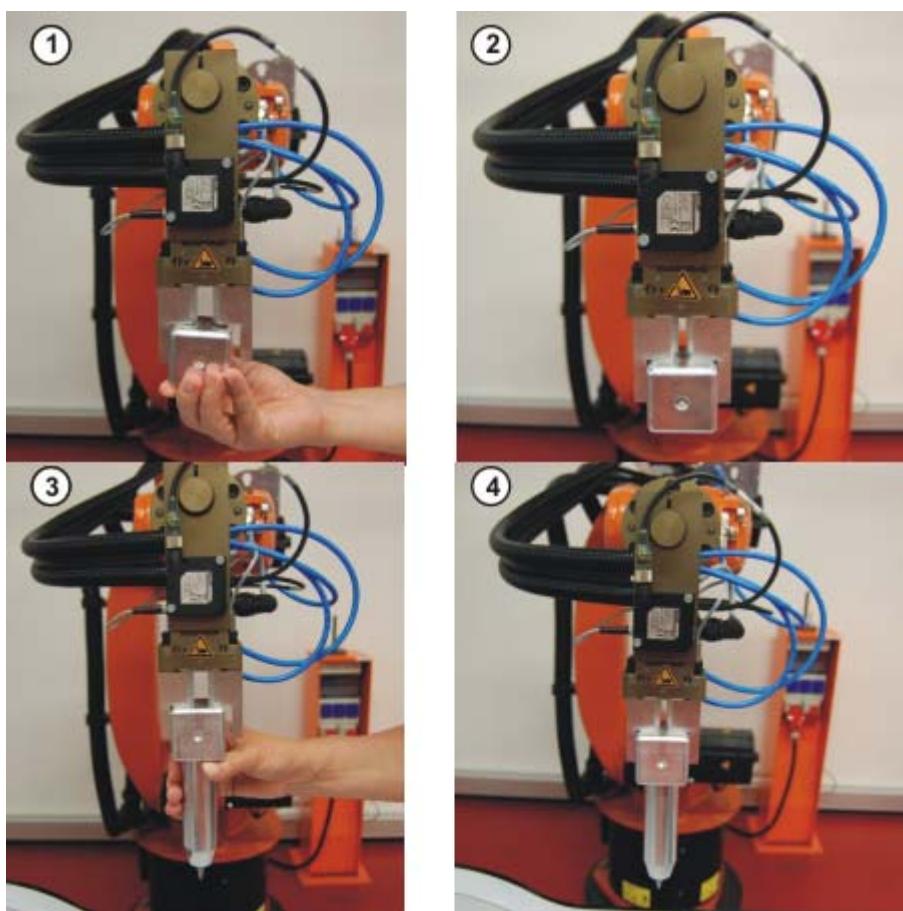


Fig. 3-22: Amarrar objetos en la garra de formación

Pos.	Observación
1	Sujeción del dado
2	Dado sujeto

Pos.	Observación
3	Sujeción de una clavija
4	Clavija sujetada

En caso de colisión se explica el seguro contra colisiones.

Al activarse el seguro contra colisiones el robot se puede mover libremente. Un operario pulsa el interruptor (1) y retira cualquier tipo de parte del cuerpo del seguro contra colisiones y de la garra. Un segundo operario se asegura de que, antes de mover libremente el robot, no pueda haber ninguna persona en peligro por el movimiento del robot.



Fig. 3-23: Interruptor para la liberación del seguro contra colisiones

3.8 Ejercicio: Medición de herramienta clavija

Objetivo del ejercicio

Después de completar correctamente este ejercicio, se dispondrá de la competencia necesaria para efectuar las siguientes tareas:

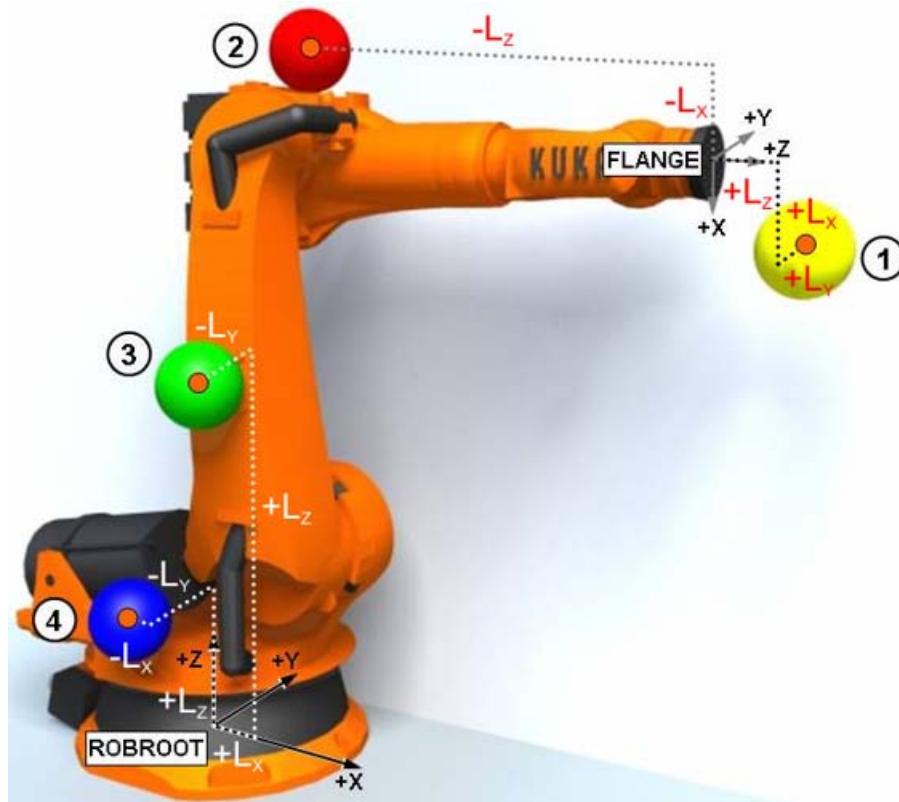
- Medición de una herramienta con el método XYZ-4-puntos y el método ABC-World
- Activar la herramienta medida
- Desplazamiento en el sistema de coordenadas de la herramienta
- Desplazamiento en dirección de avance de la herramienta
- Reorientación de la herramienta alrededor del Tool Center Point (TCP)

Requisitos

Los siguientes requisitos son necesarios para completar este ejercicio correctamente:

- Conocimientos teóricos de los métodos diversos de medición del punto de trabajo de la herramienta, especialmente el método XYZ-4-puntos
- Conocimientos teóricos de los métodos diversos de medición de la orientación de la herramienta, especialmente el método ABC-World

- Conocimientos teóricos de los datos de carga de robot y la entrada correspondiente



- | | |
|----------------------------------|----------------------------------|
| 1 Carga | 3 Carga adicional sobre el eje 2 |
| 2 Carga adicional sobre el eje 3 | 4 Carga adicional sobre el eje 1 |

Formulación

Ejecutar las siguientes tareas: Medición clavija

- Medir el TCP de la clavija mediante el método XYZ-4-puntos. Utilizar como punta de referencia la punta de metal negro. Sacar la clavija superior del depósito de clavijas y sujetarla en la garra. Utilizar el **número de herramienta 2** y indique la denominación **Clavija1**. La tolerancia no debe ser mayor que 0,95 mm.
- Asegurar los datos de herramienta
- Efectuar la medición de la reorientación mediante el método ABC-World-5D.
- Introducir los datos de carga.

Datos de carga para la garra con clavija como herramienta n.º 2:

Masa:

$M = 7,32 \text{ kg}$

Centro de masa:

$X = 21 \text{ mm}$

$Y = 21 \text{ mm}$

$Z = 23 \text{ mm}$

Orientación:

$A = 0^\circ$

$B = 0^\circ$

$C = 0^\circ$

Momentos de inercia:

$J_X = 0 \text{ kgm}^2$

$J_Y = 0,2 \text{ kgm}^2$

$J_Z = 0,3 \text{ kgm}^2$

- Guardar los datos de herramienta y comprobar el desplazamiento con la clavija en el sistema de coordenadas de herramienta

Lo que se debe saber tras el ejercicio:

- Porqué se debe medir una herramienta guiada por el robot?

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
2. Cuáles puntos se determinan con el método XYZ 4-Puntos?

.....
.....
.....
.....
.....
.....
3. Cuáles son los métodos de la medición de la herramienta?

3.9 Ejercicio: Medición de herramienta garra, método de 2 puntos

Objetivo del ejercicio	Después de completar correctamente este ejercicio, se dispondrá de la competencia necesaria para efectuar las siguientes tareas:												
	<ul style="list-style-type: none"> ■ Medición de una herramienta con ayuda del método XYZ de 4 puntos y el método ABC de 2 puntos ■ Activar la herramienta medida ■ Desplazamiento en el sistema de coordenadas de la herramienta ■ Desplazamiento en dirección de avance de la herramienta ■ Reorientación de la herramienta alrededor del Tool Center Point (TCP) 												
Requisitos	Los siguientes requisitos son necesarios para completar este ejercicio correctamente: <ul style="list-style-type: none"> ■ Conocimientos teóricos de los métodos diversos de medición del punto de trabajo de la herramienta, especialmente el método de 2 puntos ■ Conocimientos teóricos de los datos de carga de robot y la entrada correspondiente 												
Formulación	<p>Ejecutar las siguientes tareas: Medición garra en número...</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Medir el TCP de la garra con ayuda del método XYZ de 4 puntos como se indica en la figura: 2. Medir la orientación del sistema de coordenadas de garra con ayuda del método ABC de 2 puntos. 3. Introducir los datos de carga. <p>Datos de carga para la garra:</p> <p>Masa: $M = 6,68 \text{ kg}$</p> <p>Centro de masa: $X = 23 \text{ mm}$ $Y = 11 \text{ mm}$ $Z = 41 \text{ mm}$</p> <p>Orientación: $A = 0^\circ$ $B = 0^\circ$ $C = 0^\circ$</p> <p>Momentos de inercia: $J_X = 0 \text{ kgm}^2$ $J_Y = 0,4 \text{ kgm}^2$ $J_Z = 0,46 \text{ kgm}^2$</p> <ol style="list-style-type: none"> 4. Guardar los datos de herramienta y comprobar el proceso manual con la garra en el sistema de coordenadas de herramienta. <p>De forma alternativa, la garra también se puede medir con una entrada numérica:</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">X</th> <th style="text-align: center;">Y</th> <th style="text-align: center;">Z</th> <th style="text-align: center;">A</th> <th style="text-align: center;">B</th> <th style="text-align: center;">C</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">132,05 mm</td> <td style="text-align: center;">171,30 mm</td> <td style="text-align: center;">173,00 mm</td> <td style="text-align: center;">45°</td> <td style="text-align: center;">0°</td> <td style="text-align: center;">180°</td> </tr> </tbody> </table>	X	Y	Z	A	B	C	132,05 mm	171,30 mm	173,00 mm	45°	0°	180°
X	Y	Z	A	B	C								
132,05 mm	171,30 mm	173,00 mm	45°	0°	180°								

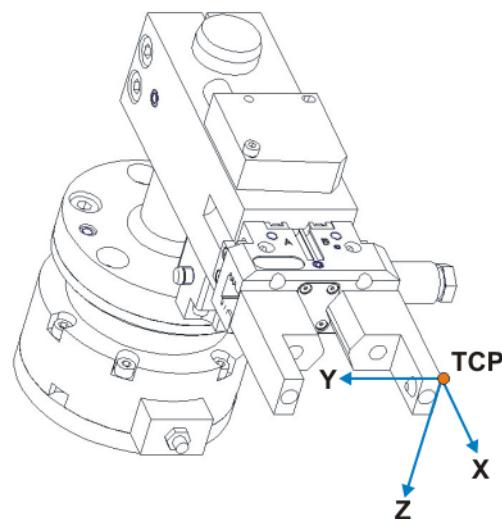


Fig. 3-24: College garra: Posición del TCP

Lo que se debe saber tras el ejercicio:

1. Cuál pictograma representa el sistema de coordenadas de la herramienta?

a)



b)



c)



d)



2. Cuántos herramientas máx. puede administrar la unidad de control?

.....

3. Qué significa el valor -1 en los datos de carga de herramienta?

.....

3.10 Medición de una base

Descripción

Una base *Medir* significa la creación de un sistema de coordenadas en un determinado punto del entorno del robot a partir del sistema universal de coordenadas. El objetivo consiste en aplicar los movimientos y las posiciones programadas del robot a este sistema de coordenadas. Los cantos definidos de los alojamientos de la piezas, las superficies, los cantos exteriores de los palets o de la máquina son puntos de referencia muy útiles para el sistema de coordenadas base.

La medición de una base se realiza en dos pasos:

1. Determinación del origen de las coordenadas
2. Definición de la dirección de las coordenadas

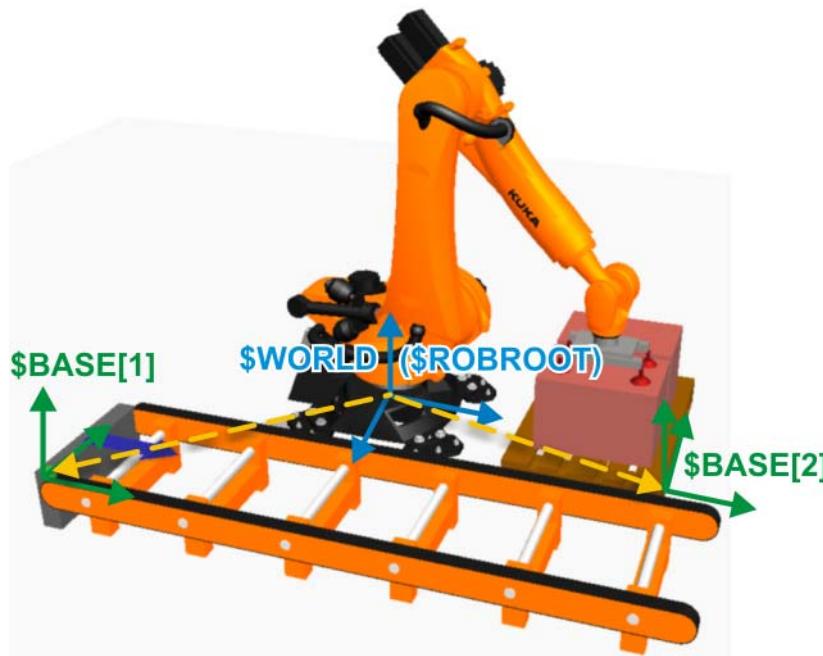


Fig. 3-25: Medición de base

Ventajas

Una vez medida con éxito una base, se dispone de las siguientes ventajas:

- Desplazamiento a lo largo de los cantos de la pieza:
El TCP puede moverse de forma manual a lo largo de los cantos de la superficie de trabajo o de la pieza.

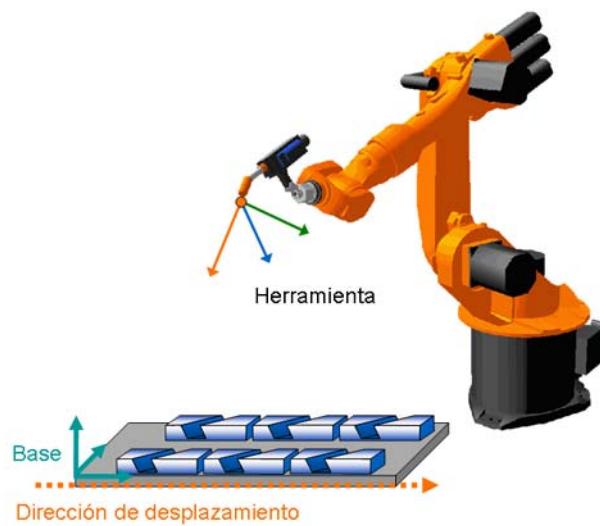


Fig. 3-26: Ventaja de la medición de la base: Dirección de desplazamiento

- Sistema de coordenadas de referencia:
Los puntos aprendidos hacen referencia al sistema de coordenadas seleccionado.

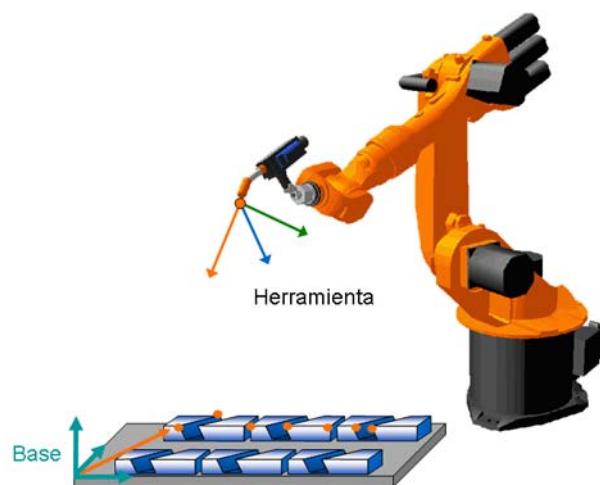


Fig. 3-27: Ventaja de la medición de la base: Referencia al sistema de coordenadas deseado

- Corrección / corrimiento del sistema de coordenadas:
Puntos pueden ser programados por aprendizaje en relación a la base. Si la Base debe ser desplazada, por ej. si la superficie de trabajo fue desplazada, se desplazan también los puntos y no tienen que ser programados nuevamente.

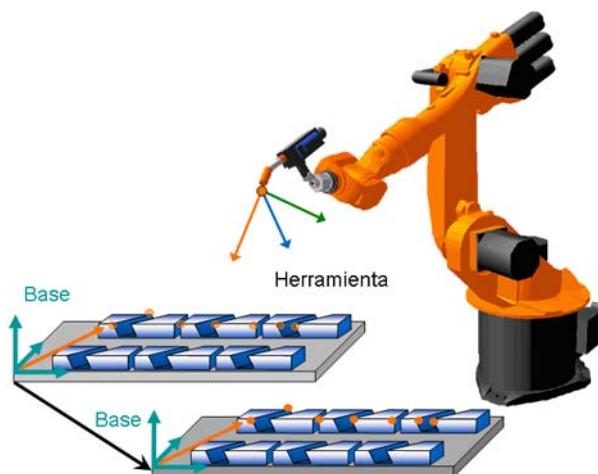


Fig. 3-28: Ventaja de la medición de la base: Corrimiento del sistema de coordenadas de base

- Utilización de varios sistemas de coordenadas de base:
Se pueden generar hasta 32 sistemas de coordenadas diferentes y utilizarlos de acuerdo con la ejecución del programa.

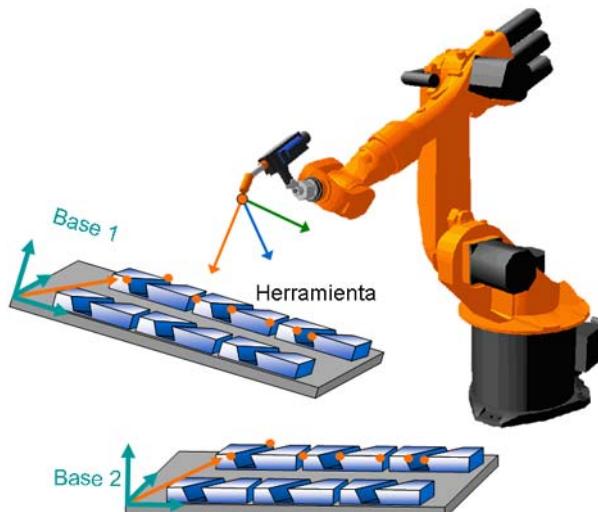


Fig. 3-29: Ventaja de la medición de la base: Utilización de varios sistemas de coordenadas de base

Opciones de la medición de base

Para la medición de base se dispone de los métodos siguientes:

Métodos	Descripción
Método de los 3 puntos	1. Definición del origen 2. Definición de la dirección X positiva 3. Definición de la dirección Y positiva (plano XY)
Método indirecto	El método indirecto se utiliza cuando no es posible llegar con el robot al origen de la base, por ej. porque se encuentra en el interior de una pieza o fuera del campo de trabajo del robot. Debe efectuarse el desplazamiento a 4 puntos de la base, cuyas coordenadas deben conocerse (datos CAD). La unidad de control del robot calcula la base utilizando estos puntos.
Entrada numérica	Entrada directa de valores para la distancia al sistema de coordenadas universales (X, Y, Z) y del giro (A, B, C).



Para más información sobre la medición indirecta, consultar las *instrucciones de operación y programación del KUKA System Software 8*.

Procedimiento del método de 3 puntos

AVISO

La medición de base solo puede realizarse con una herramienta previamente medida (el TCP se debe conocer).

1. En el menú principal, seleccionar **Puesta en servicio > Medir > Base > 3 puntos**.
2. Indicar un número y un nombre para la nueva base. Confirmar pulsando **Continuar**.
3. Introducir el número de herramienta cuyo TCP se utilice para medir la base. Confirmar pulsando **Continuar**.
4. Con el TCP mover el robot a la nueva base. Pulsar la tecla **Medir** y confirmar la posición pulsando **Sí**.

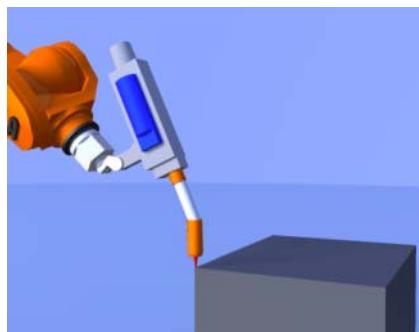


Fig. 3-30: Primer punto: Origen

5. Con el TCP desplazar el robot a un punto del eje X positivo de la nueva base. Pulsar **Medir** y confirmar la posición pulsando **Sí**.

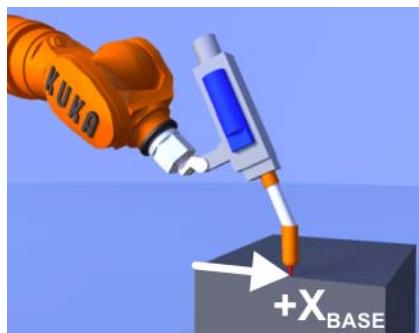


Fig. 3-31: Segundo punto: dirección X

6. Con el TCP desplazar el robot a un punto del plano XY con valor Y positivo. Pulsar **Medir** y confirmar la posición pulsando **Sí**.

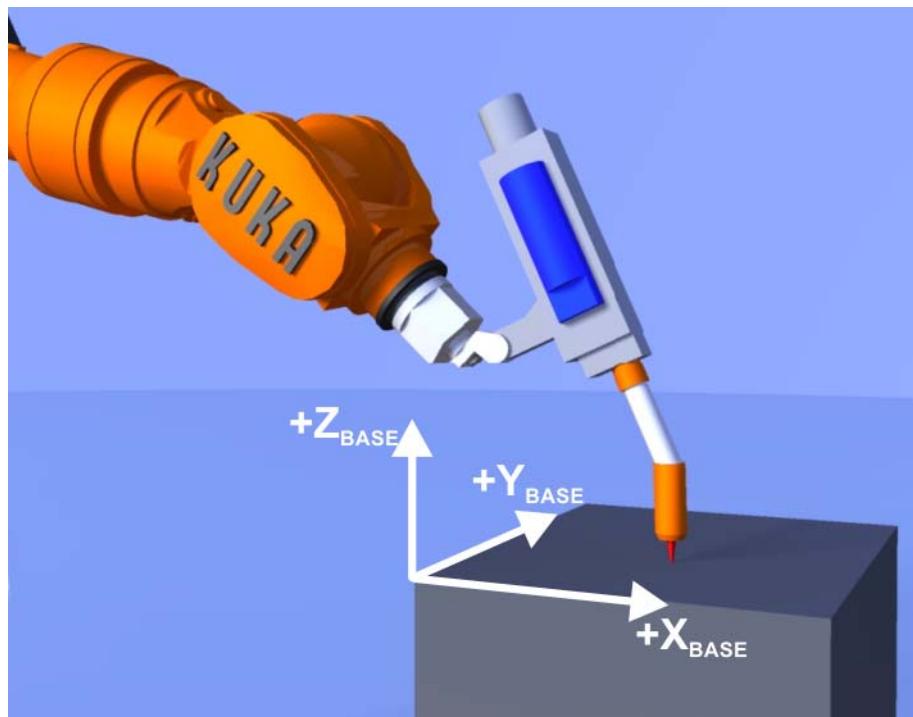


Fig. 3-32: Tercer punto: plano XY

7. Pulsar **Guardar**.
8. Cerrar el menú



Los tres puntos de medición deben estar alineados. Debe existir un mínimo de ángulo entre los puntos (ajustes estándar 2,5°).

3.11 Consulta de la posición actual del robot

Opciones de visualización de posiciones de robot

La posición actual del robot se puede mostrar de dos formas distintas:

- **Específica del eje:**

`$AXIS_ACT={A1...,A2...,A3...,A4...,A5...,A6...,E1...,...,E6...}`

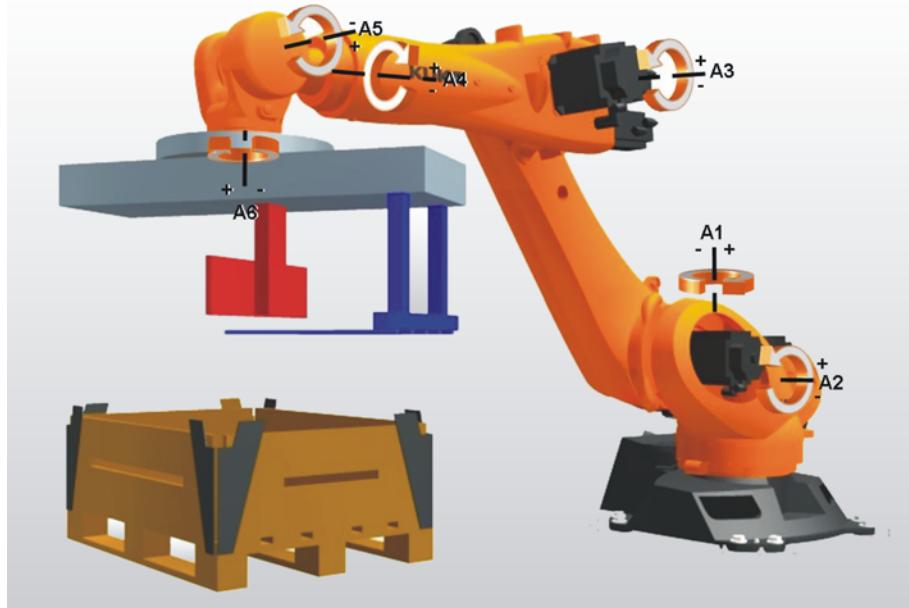


Fig. 3-33: Posición del robot específica del eje

Se muestra el ángulo de cada eje: esto coincide con el valor angular absoluto a partir de la posición de ajuste.

■ **Cartesiano:**

`$POS_ACT={X...,Y...,Z...,A...,B...,C...,S...,T...,E1...,...}`

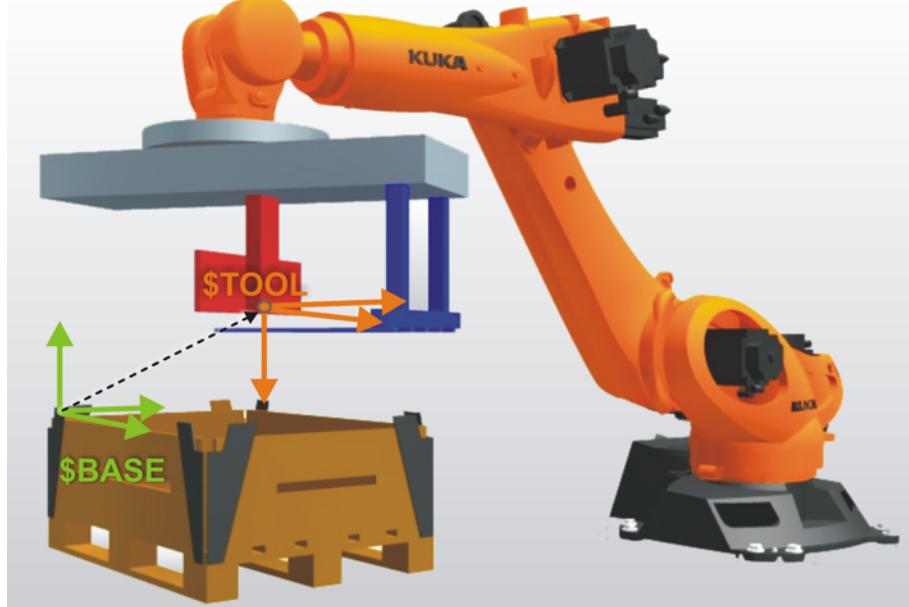


Fig. 3-34: Posición cartesiana

Se muestra la posición actual del TCP actual (sistema de coordenadas de herramienta) con relación al sistema de coordenadas de base actualmente seleccionado.

Si no hay ningún sistema de coordenadas de herramientas seleccionado, se aplica el sistema de coordenadas de brida.

Si no hay ningún sistema de coordenadas de base seleccionado, se aplica el sistema de coordenadas universales.

Posición cartesiana con distintos sistemas de coordenadas de base

Si se observa la figura inferior, se aprecia enseguida que el robot ocupa tres veces la misma posición. La indicación de posición, no obstante, muestra valores distintos en cada uno de estos tres casos:

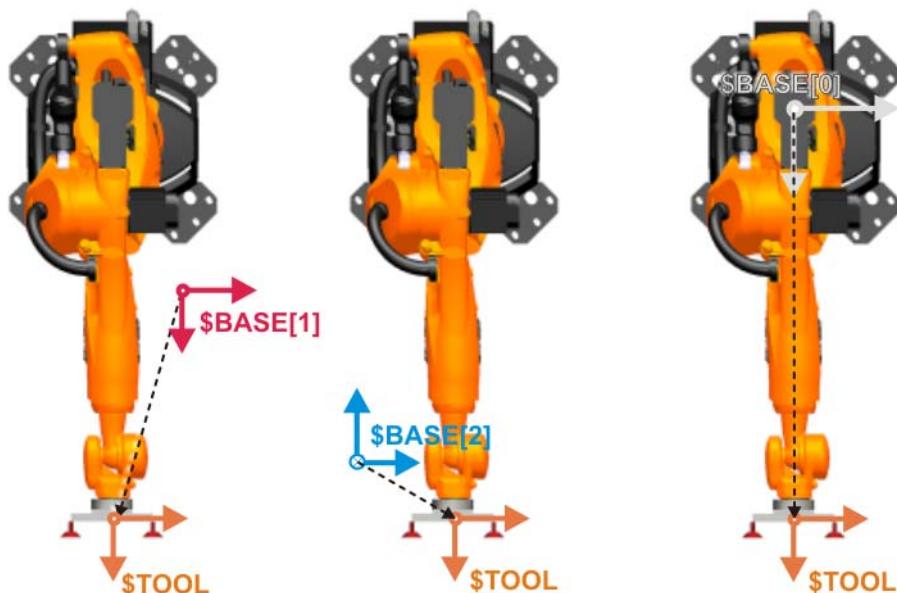


Fig. 3-35: Tres posiciones de robot - una posición de robot

La posición del sistema de coordenadas de herramienta / TCP se muestra en el sistema de coordenadas base correspondiente:

- para la base 1
- para la base 2
- para la base \$NULLFRAME: corresponde al sistema de coordenadas del pie del robot (en la mayoría de los casos también el sistema de coordenadas universales)



Sólo cuando se seleccionan la base y la herramienta correctas, el indicador de la posición real cartesiana muestra los valores esperados.

Consultar la posición del robot

Procedimiento:

- En el menú, seleccionar **Indicador > Posición real**. Se visualiza la posición real cartesiana.
- Pulsar **Específico del eje** para visualizar la posición real específica del eje.
- Pulsar **Cartesiano** para volver a visualizar la posición real cartesiana.

3.12 Ejercicio: Medición de base en mesa, método de 3 puntos

Objetivo del ejercicio

Después de completar correctamente este ejercicio, se dispondrá de la competencia necesaria para efectuar las siguientes tareas:

- Determinación de una base cualquiera
- Medición de una base
- Activación de una base medida para un movimiento manual
- Movimiento en el sistema de coordenadas base

Requisitos

Los siguientes requisitos son necesarios para completar este ejercicio correctamente:

- Conocimientos teóricos de los métodos para la medición de base, especialmente el método de 3 puntos

Formulación

Ejecutar las siguientes tareas:

1. Medir la base azul sobre la mesa con el método de 3 puntos. Asignar el **número de base 1** con la denominación **azul**. Utilizar la clavija 1 ya medida (número de herramienta 2) como herramienta de medición.
2. Guardar los datos de la base medida.
3. Medir la base roja sobre la mesa con el método de 3 puntos. Asignar el **número de base 2** con la denominación **roja**. Utilizar la clavija 1 ya medida (número de herramienta 2) como herramienta de medición.
4. Guardar los datos de la base medida.
5. Desplazar la herramienta al origen del sistema de coordenadas de base azul y mostrar la posición cartesiana real.

X Y Z A B C

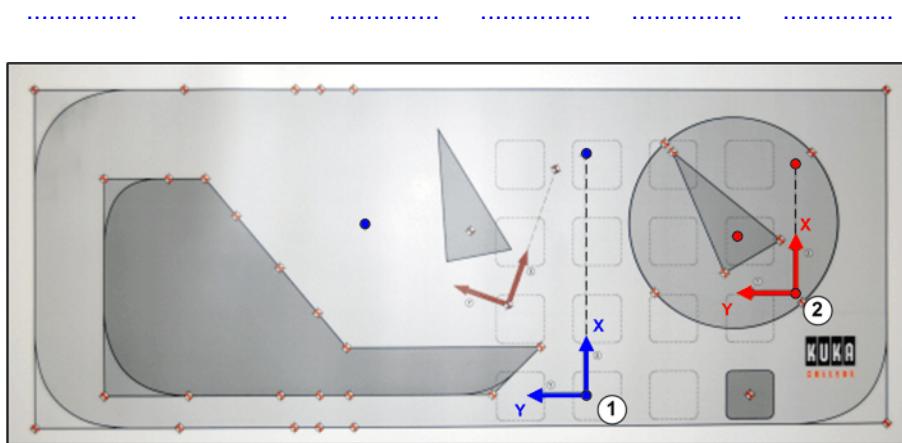


Fig. 3-36: Medición de base sobre la mesa

Lo que se debe saber tras el ejercicio:

1. ¿Porqué se debe medir una base?

.....
.....
.....

2. ¿Qué pictograma representa el sistema de coordenadas base?



3. ¿Cuáles son métodos de la medición de base que existen?

.....
.....
.....

4. ¿Cuántos sistemas de base como máximo puede administrar la unidad de control?

.....
.....
.....
.....

5. Describir la medición basada en el método de 3 puntos

3.13 Medición de una herramienta fija

Vista general

La medición de la herramienta fija consta de 2 pasos:

1. Determinación de la distancia entre el TCP externo de la herramienta fija y el origen del sistema de coordenadas universal.
2. Orientación del sistema de coordenadas en el TCP externo.

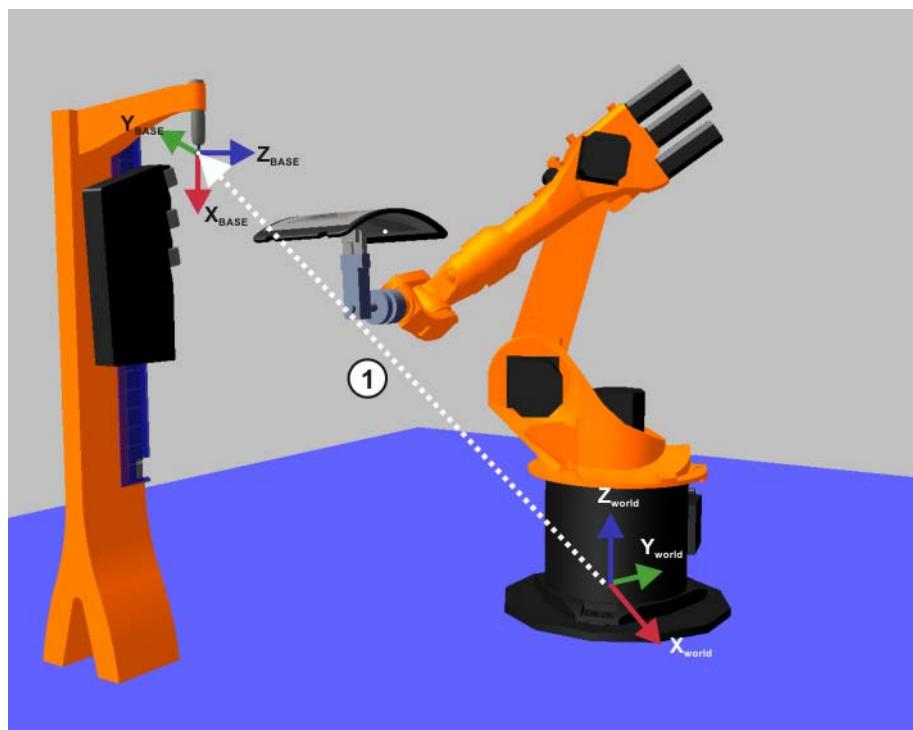


Fig. 3-37: Medición de la herramienta fija

Como muestra la figura (1) ([>>> Fig. 3-37](#)), el TCP externo se administra referido a \$WORLD (o \$ROBROOT), es decir, como un sistema de coordenadas de base.

Descripción de la medición

- Para determinar el TCP se necesita una herramienta guiada por robot ya medida.

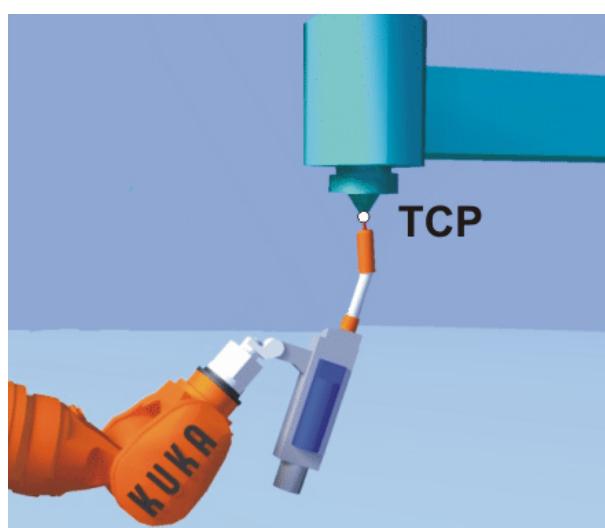


Fig. 3-38: Desplazamiento al TCP externo

- Para determinar la orientación el sistema de coordenadas de brida se alinea paralelamente al nuevo sistema de coordenadas. Existen 2 variantes:

- **5D:** A la unidad de control sólo se le indica la dirección de trabajo de la herramienta fija. Por defecto, la dirección de avance es el eje X. La orientación de los demás ejes la determina el sistema, y en general no puede ser reconocida fácilmente por el usuario.
- **6D:** A la unidad de control se le indican las orientaciones de todos los 3 ejes.

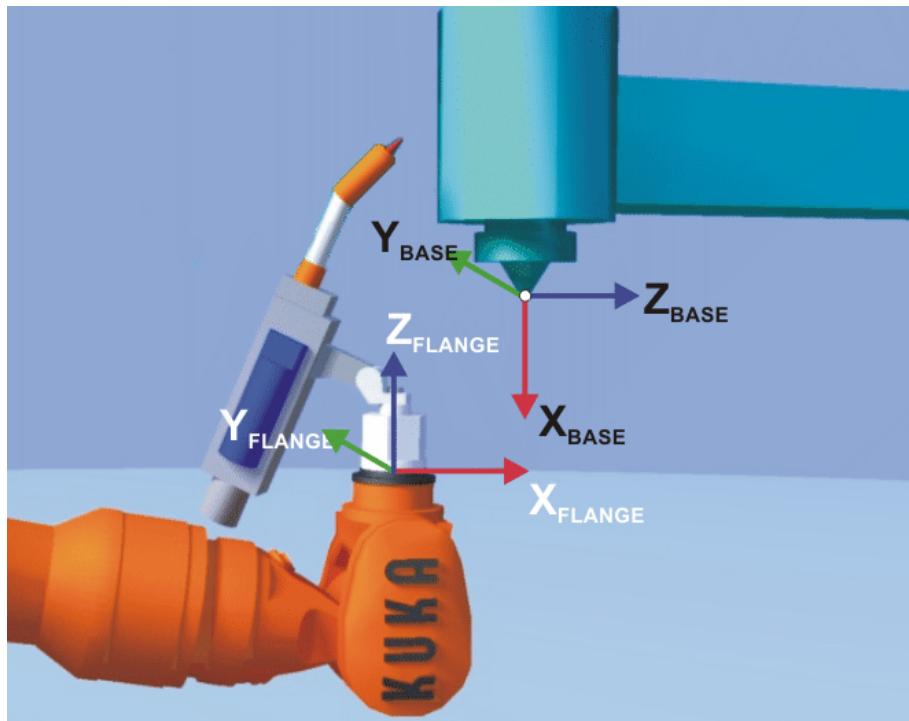


Fig. 3-39: Alinear de forma paralela los sistemas de coordenadas

Procedimiento

1. En el menú principal, seleccionar **Puesta en servicio > Medir > Herramienta fija > Herramienta**.
2. Introducir un número y un nombre para la herramienta fija. Confirmar pulsando **Continuar**.
3. Introducir el número de la herramienta de referencia utilizada. Confirmar pulsando **Continuar**.
4. En el campo **5D/6D** seleccionar una variante. Confirmar pulsando **Continuar**.
5. Con el TCP de la herramienta ya medida, desplazarse al TCP de la herramienta fija. Pulsar **Medición**. Confirmar la posición con **Sí**.
6. Si se ha seleccionado **5D**:
Alinear $+X_{BASE}$ de forma paralela a $-Z_{FLANGE}$.
(es decir, alinear la brida de acople perpendicular a la dirección de avance de la herramienta fija).
Si se ha seleccionado **6D**:
Alinear la brida de acople de modo tal que sus ejes se encuentren paralelos a los ejes de la herramienta fija:
 - Alinear $+X_{BASE}$ de forma paralela a $-Z_{FLANGE}$
(es decir, alinear la brida de acople perpendicular a la dirección de avance de la herramienta).
 - $+Y_{BASE}$ de forma paralela a $+Y_{FLANGE}$
 - $+Z_{BASE}$ de forma paralela a $+X_{FLANGE}$
7. Pulsar **Medición**. Confirmar la posición con **Sí**.
8. Pulsar **Guardar**.

3.14 Medición de una pieza guiada por robot

Sinopsis:

Medición directa

AVISO

A continuación sólo se describe el método de medición directo. La mediación indirecta es muy poco frecuente y puede encontrarse su descripción detallada en la documentación *Instrucciones de uso y programación del KUKA System Software 8.1*.

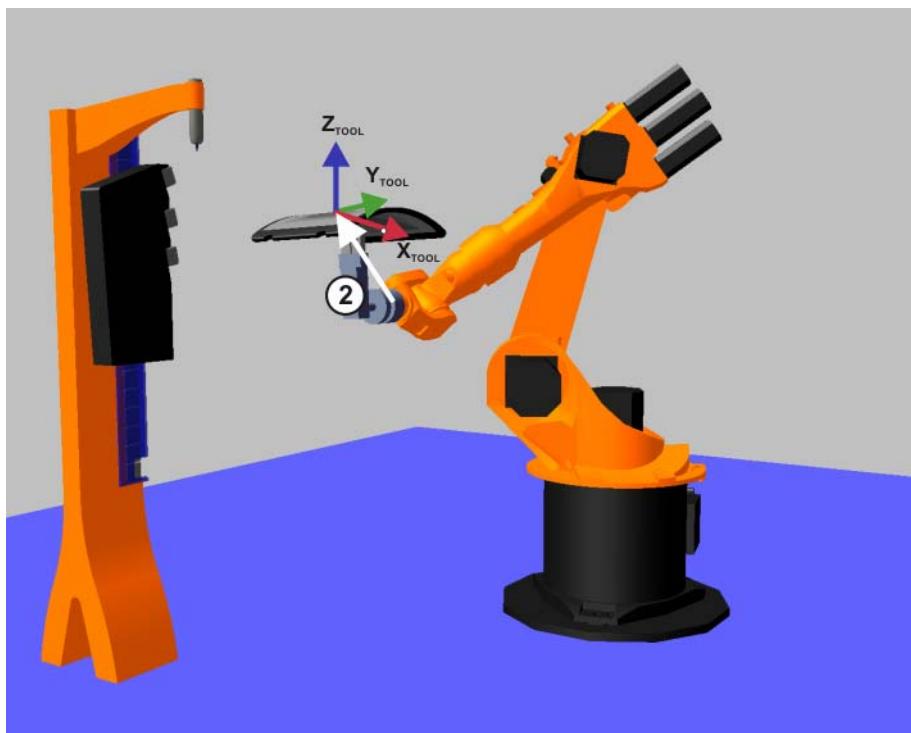


Fig. 3-40: Medición pieza por medición directa

Pieza	Medición
2	Medición la pieza

Descripción

A la unidad de control del robot se le comunican el origen y 2 puntos más de la pieza. Estos 3 puntos definen la pieza de forma única.

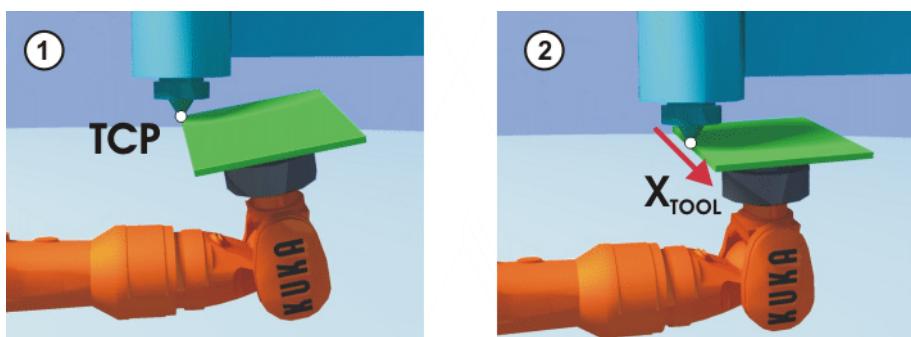


Fig. 3-41

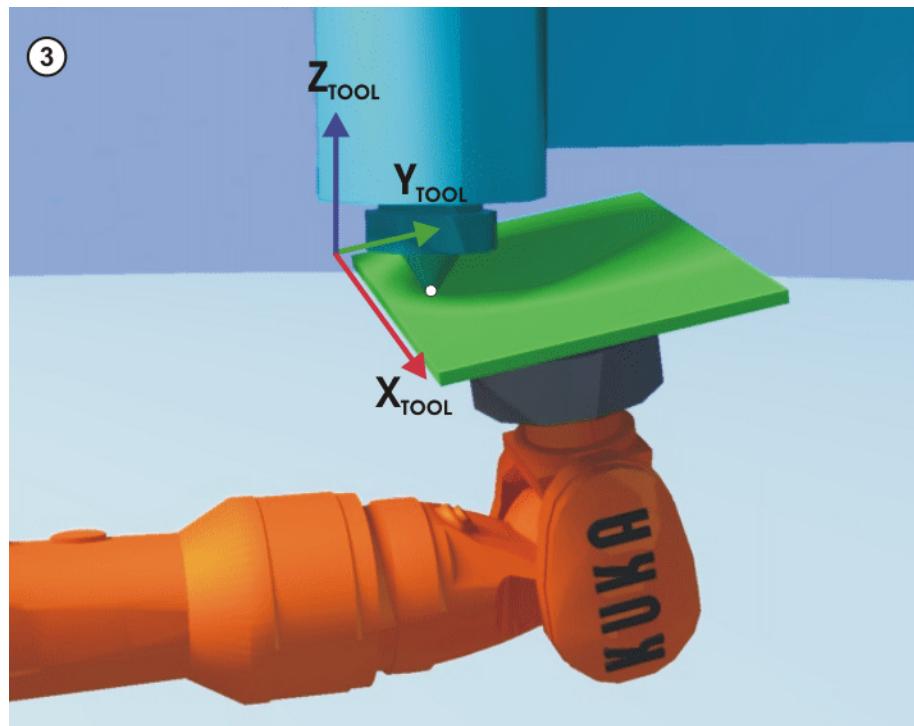


Fig. 3-42: Medir la pieza Método directo

Procedimiento

1. En el menú principal, seleccionar la secuencia **Puesta en servicio > Medir > Herramienta fija > Pieza de trabajo > Medición directa**.
2. Indicar un número y un nombre para la pieza. Confirmar pulsando **Continuar**.
3. Introducir el número de herramienta fija. Confirmar pulsando **Continuar**.
4. Desplazar el origen del sistema de coordenadas de la pieza al TCP de la herramienta fija.
Pulsar **Medir** y confirmar la posición pulsando **Sí**.
5. Desplazar a un punto sobre el eje X positivo del sistema de coordenadas de la pieza en el TCP de la herramienta fija.
Pulsar **Medir** y confirmar la posición pulsando **Sí**.
6. Desplazar a un punto que, en el plano XY del sistema de coordenadas de la pieza tiene un valor Y positivo, en el TCP de la herramienta fija.
Pulsar **Medir** y confirmar la posición pulsando **Sí**.
7. Introducir los datos de carga de la pieza y confirmar con **Continuar**.
8. Pulsar **Guardar**.

3.15 Ejercicio: Medir herramienta externa y pieza guiada por robot

Objetivo del ejercicio

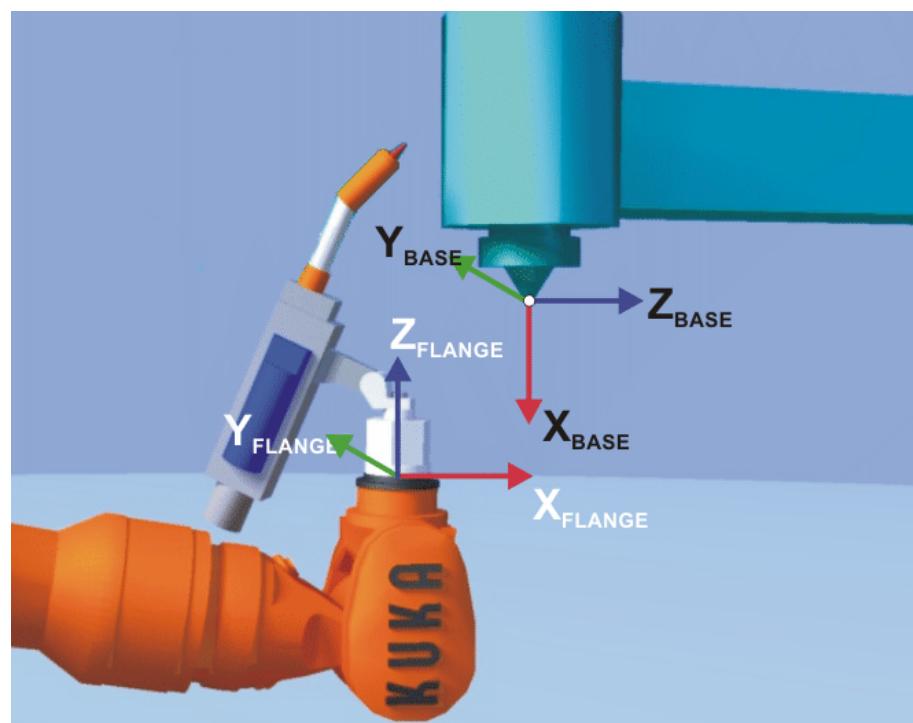
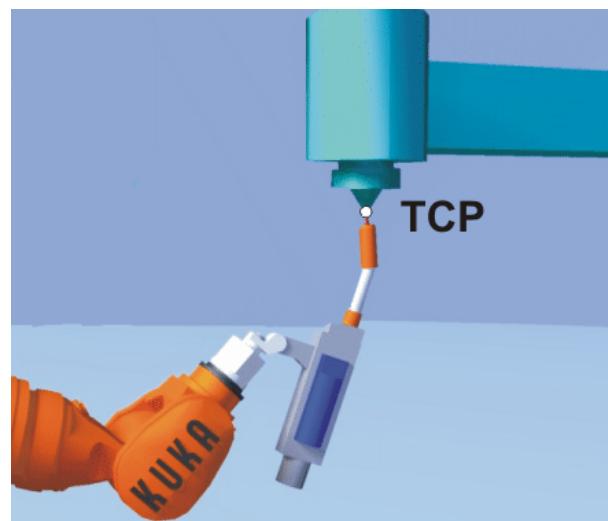
Después de completar correctamente este ejercicio, se dispondrá de la competencia necesaria para efectuar las siguientes tareas:

- Medir herramientas fijas
- Medir piezas móviles
- Desplazamiento manual con una herramienta externa

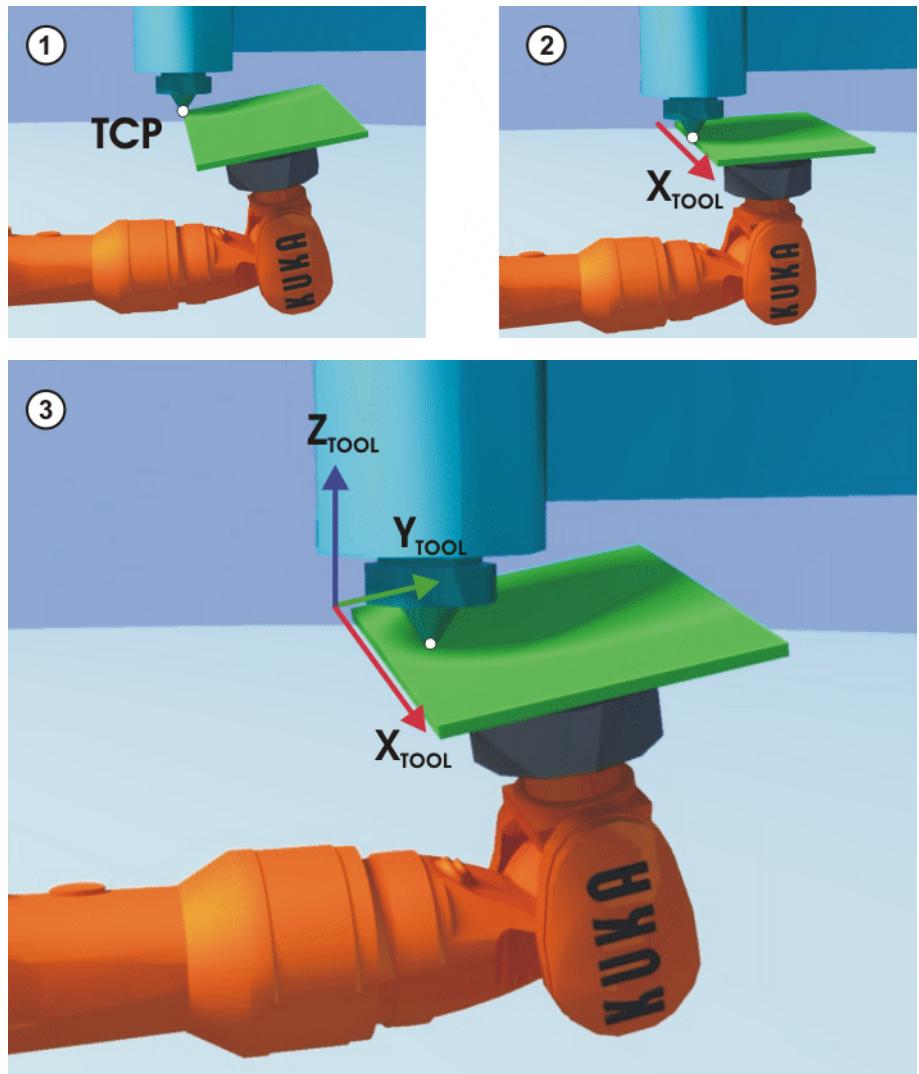
Requisitos

Los siguientes requisitos son necesarios para completar este ejercicio correctamente:

- Conocimientos teóricos de los métodos de medición de herramientas fijas



- Conocimientos teóricos de la medición de pieza con herramientas fijas, especialmente el método directo



Formulación

Ejecutar las siguientes tareas: Medición boquilla y placa

- Para medir la herramienta fija debe utilizarse la clavija1 ya medida (número de herramienta 2) como herramienta de referencia. Asignar para la herramienta fija el **número de herramienta 10** y la denominación **Boquilla**
 - Tener en cuenta que en cada medición se deben guardar los datos.
- Efectuar la medición de la pieza guiada por el robot. Asignar el **número de herramienta 12** y el nombre **Placa**.
 - Introducir los datos de carga.

Datos de carga para la garra con placa:

Masa:

$M = 8,54 \text{ kg}$

Centro de masa:

$X = 46 \text{ mm}$ $Y = 93 \text{ mm}$ $Z = 5 \text{ mm}$

Orientación:

$A = 0^\circ$ $B = 0^\circ$ $C = 0^\circ$

Momentos de inercia:

$J_X = 0,3 \text{ kgm}^2$ $J_Y = 0,5 \text{ kgm}^2$ $J_Z = 0,6 \text{ kgm}^2$

3. Al terminar la medición, activar la herramienta externa para el desplazamiento manual. Utilizar correctamente y con sentido el sistema de coordenadas de base y de herramienta y desplace el robot.
4. Desplazar el TCP al origen de coordenadas base de la pieza medida y mostrar visualizar la posición actual de forma cartesiana.

Posición actual:

X	Y	Z	A	B	C
---	---	---	---	---	---

Lo que se debe saber tras el ejercicio:

1. Cómo se realiza una medición de una base sobre una pieza montada en una brida de robot?

.....
.....
.....

2. Cómo se calcula el TCP de una herramienta externa?

.....
.....
.....

3. Porqué se necesita un TCP externo?

.....
.....
.....

4. Cuáles son los ajustes necesarios para desplazar con un TCP externo en dirección de avance de la herramienta?

.....
.....
.....

3.16 Desenchufar el smartPAD

Descripción para desenchufar el smartPAD	<ul style="list-style-type: none">■ El smartPAD puede retirarse aunque esté funcionando la unidad de control del robot.■ El smartPAD fijado asume el modo de servicio actual de la unidad de control del robot.■ En todo momento puede enchufarse un smartPAD.■ Al enchufarlo se debe vigilar que se trate de la misma versión de smartPAD (versión firmware) que la que se extrajo.■ Transcurridos 30 s después de enchufarlo, la PARADA DE EMERGENCIA y el interruptor de confirmación vuelven a estar en condiciones de funcionamiento.■ La smartHMI (interfaz de usuario) vuelve a visualizarse automáticamente (no tarda más de 15 s).■
Función para desenchufar el smartPAD	<ul style="list-style-type: none">■
	<div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin-bottom: 10px;"><p>⚠ ADVERTENCIA Si el smartPAD se encuentra desenchufado, la instalación no se puede desconectar por el pulsador de PARADA DE EMERGENCIA del smartPAD. Por consiguiente, la unidad de control del robot debe tener conectada una PARADA DE EMERGENCIA.</p></div>
	<ul style="list-style-type: none">■
	<div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin-bottom: 10px;"><p>⚠ ADVERTENCIA El usuario debe encargarse de retirar inmediatamente de la instalación el smartPAD conectado y de proteger el personal que está trabajando en el robot industrial fuera de su alcance (incluido el alcance de la vista). De este modo se consigue evitar cualquier confusión entre los dispositivos de PARADA DE EMERGENCIA efectivos y los no efectivos.</p></div>
	<ul style="list-style-type: none">■
	<div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin-bottom: 10px;"><p>⚠ ADVERTENCIA Si no se respeta esta medida, pueden ocurrir importantes daños materiales, lesiones graves e incluso la muerte.</p></div>
	<ul style="list-style-type: none">■
	<div style="border: 1px solid black; padding: 10px;"><p>⚠ ADVERTENCIA El usuario que fije un smartPAD a la unidad de control del robot, luego deberá esperar como mínimo 30 s hasta que la PARADA DE EMERGENCIA y el interruptor de confirmación vuelvan a estar en condiciones de funcionamiento. De esta manera se evita, p. ej., que otro usuario se encuentre en una situación de emergencia y la PARADA DE EMERGENCIA no esté activa.</p></div>
Procedimiento para desenchufar un smartPAD	<p>Retirar:</p> <ol style="list-style-type: none">1. Pulsar el botón para retirar del smartPAD. En la smartHMI se visualiza un mensaje y un contador. El contador controla 25 s. Durante este tiempo puede retirarse el smartPAD de la unidad de control del robot.



Fig. 3-43: Desacoplar pulsador smartPAD

AVISO Si se extrae el smartPAD sin que corra el contador, se provoca una PARADA DE EMERGENCIA. La PARADA DE EMERGENCIA sólo puede anularse fijando de nuevo el smartPAD.

2. Abrir las puertas del armario de distribución (V)KR C4.
3. Retirar el smartPAD de la unidad de control del robot.

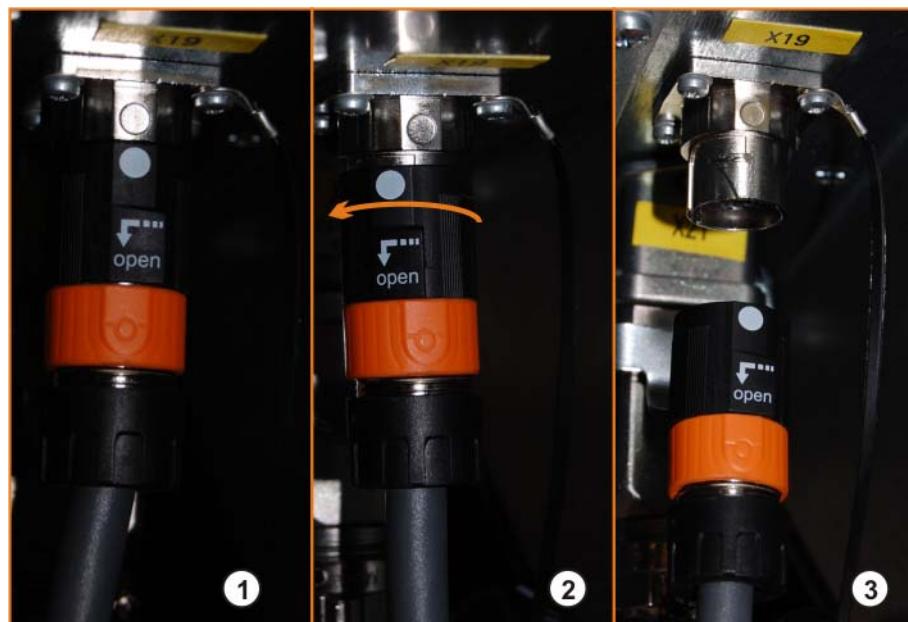


Fig. 3-44: Desenchufar smartPAD

1	Conejero enchufado
2	Girar la parte superior negra unos 25° en la dirección de la flecha.
3	Retirar el conector hacia abajo.

4. Cerrar las puertas del armario de distribución (V)KR C4.

AVISO Si el contador llega hasta el final y no se retira el smartPAD, no pasa nada. El botón para retirar puede pulsarse cuantas veces se quiera para visualizar el contador.

Fijar:

1. Asegurarse de que se vuelva a usar la misma variante de smartPAD.
2. Abrir las puertas del armario de distribución (V)KR C4.

3. Enchufar el conector del smartPAD

AVISO

Prestar atención a la marca del casquillo y conector del smartPAD.

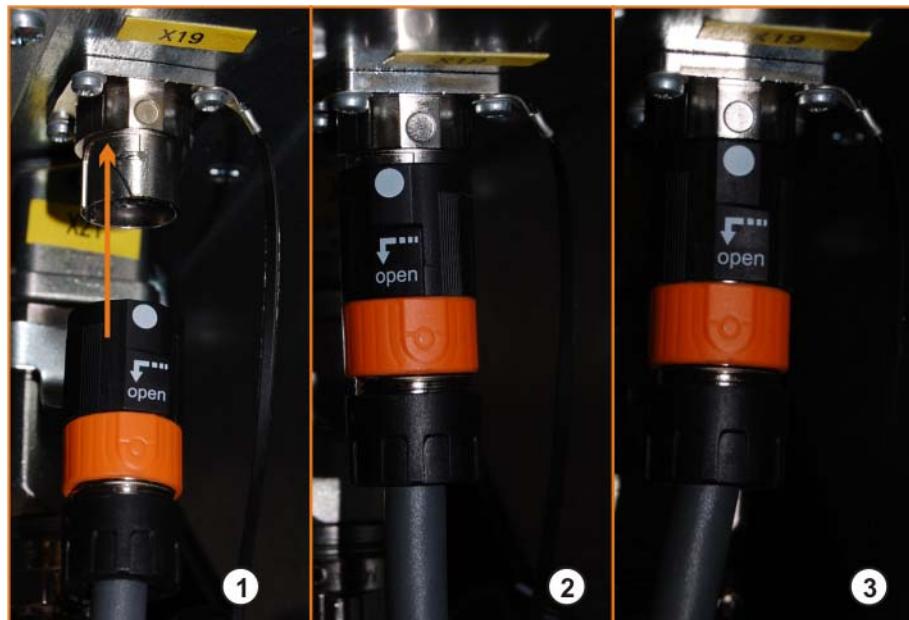


Fig. 3-45: Conexión del smartPAD

1	Conector desenchufado (tener en cuenta la marca).
2	Empujar el conector hacia arriba. La parte superior negra gira por sí misma unos 25° al empujar el conector hacia arriba.
3	El conector encaja por sí solo, es decir, que las marcas quedan una encima de la otra.

4.

⚠ ADVERTENCIA

El usuario que fije un smartPAD a la unidad de control del robot, luego deberá esperar como mínimo 30 s hasta que la PARADA DE EMERGENCIA y el interruptor de confirmación vuelvan a estar en condiciones de funcionamiento. De esta manera se evita, p. ej., que otro usuario se encuentre en una situación de emergencia y la PARADA DE EMERGENCIA no esté activa.

5. Cerrar las puertas del armario de distribución (V)KR C4.

4 Ejecutar los programas del robot

4.1 Realizar el desplazamiento de inicialización

Desplazamiento COI El desplazamiento de inicialización de un robot KUKA recibe el nombre de desplazamiento COI.



COI significa **Coincidencia de pasos**. La coincidencia significa "conformidad" y "coincidencia de sucesos temporales o espaciales".

El sistema efectúa un desplazamiento COI en los casos siguientes:

- Selección de programa (ejemplo 1)
- Reset del programa: restablecer (ejemplo 1)
- Procesos manuales durante el modo de programación (ejemplo 1)
- Modificación del programa (ejemplo 2)
- Selección de paso (ejemplo 3)

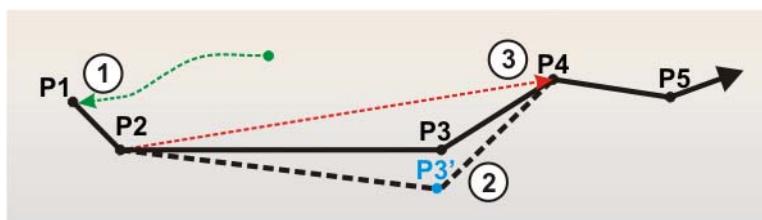


Fig. 4-1: Ejemplos de motivos para un desplazamiento COI

Ejemplos de desplazamientos COI

- 1 Desplazamiento COI a la posición HOME (posición inicial) tras preseleccionar o resetear un programa
- 2 Desplazamiento COI tras modificar una instrucción de movimiento: Borrar, aprender, etc. punto
- 3 Desplazamiento COI tras seleccionar paso

Motivos para un desplazamiento COI

Un desplazamiento COI es necesario para hacer coincidir la posición actual del robot con las coordenadas del punto actual del programa.

Hasta que la posición actual de robot no coincide con una posición programada, no se puede realizar el cálculo de trayectoria. En primer lugar siempre se debe llevar el TCP a la trayectoria.

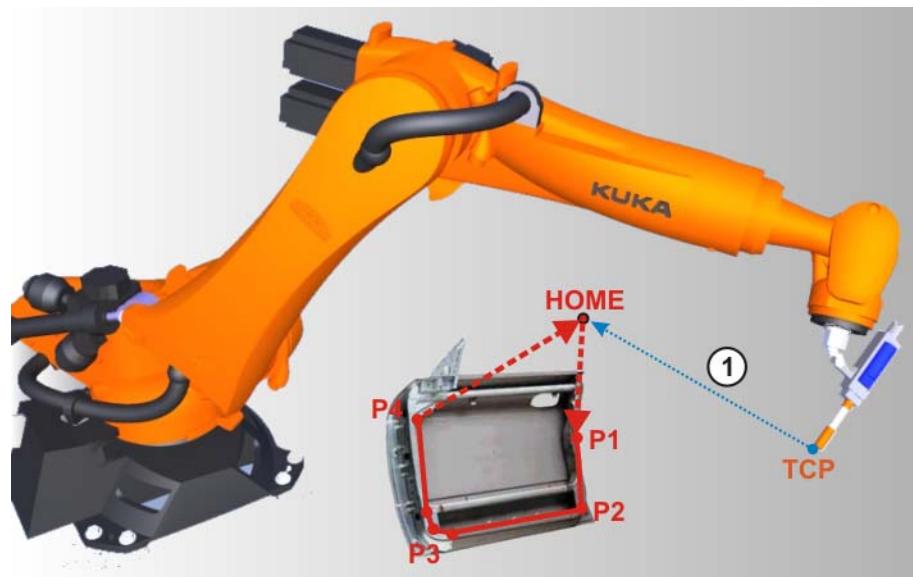


Fig. 4-2: Ejemplo de desplazamiento COI

- 1 Desplazamiento COI hasta la posición HOME tras preseleccionar o resetear un programa

4.2 Seleccionar e iniciar programas del robot

Seleccionar e iniciar programas de robots

Si se debe ejecutar un programa, hay que seleccionarlo. Los programas de robot se encuentran disponibles en el navegador de la interfaz de usuario. Normalmente los programas de desplazamiento encuentran en carpetas. El programa Cell (programa de administración para el control del robot desde un PLC) está siempre en la carpeta "R1".

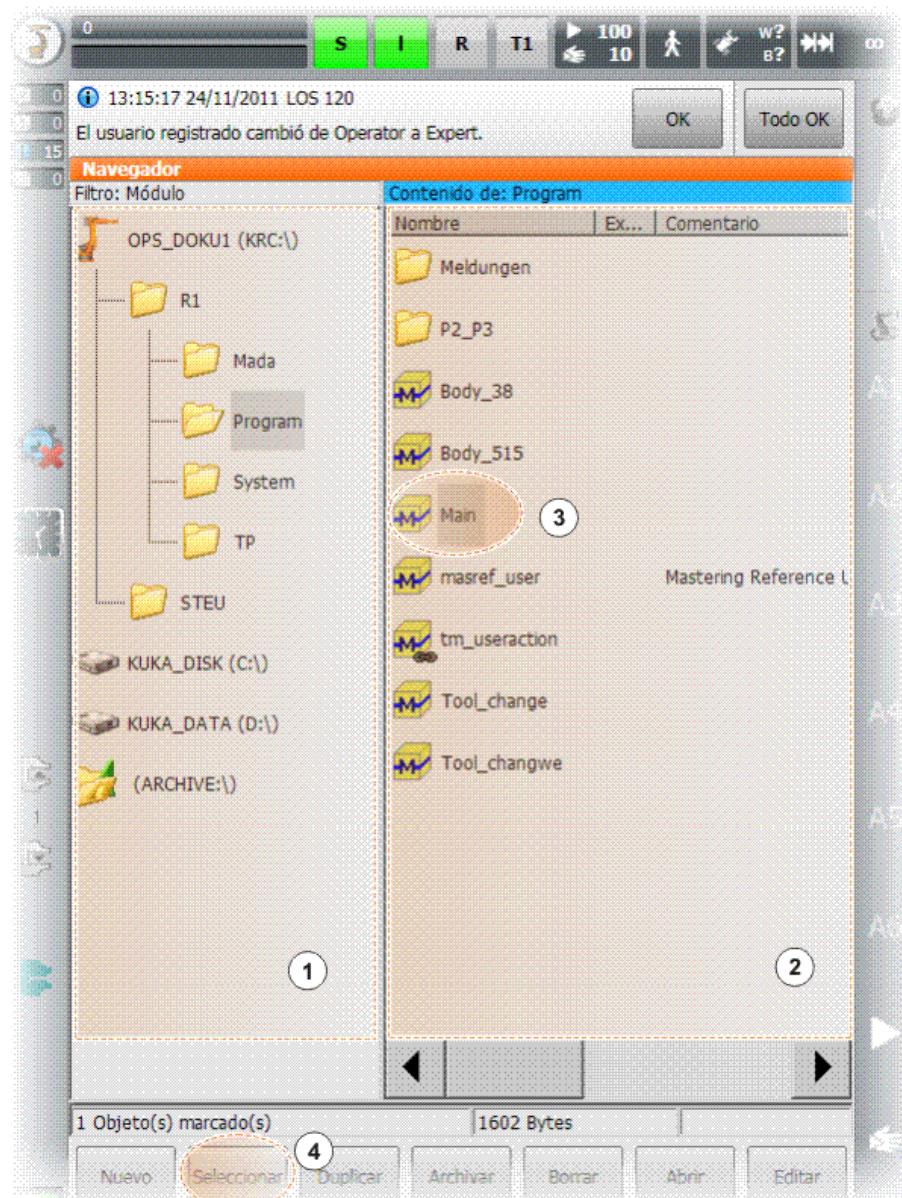


Fig. 4-3: Navegador

- 1 Navegador: Estructura del directorio/unidad
- 2 Navegador: Lista de directorios/datos
- 3 Programa seleccionado
- 4 Botones para seleccionar un programa

Para iniciar un programa se dispone tanto de las teclas de inicio Adelante

como Atrás.



Fig. 4-4: Direcciones de ejecución de programa: Adelante/atrás

Para ejecutar en un programa existen varios **modos de ejecución** para el movimiento programado del robot:

	IR <ul style="list-style-type: none">■ El programa se ejecuta de forma continuada hasta finalizar.■ En el modo de test se debe mantener pulsada la tecla de arranque.
	MSTEP <ul style="list-style-type: none">■ En el modo de ejecución Motion Step cada instrucción de movimiento se ejecuta individualmente.■ Al finalizar un movimiento se debe pulsar otra vez "Inicio".
	ISTEP Disponible únicamente en el grupo de usuario "Experto" <ul style="list-style-type: none">■ En el modo Incremental Step, se ejecuta línea a línea (independientemente del contenido de la línea).■ Después de cada línea se debe volver a accionar la tecla de arranque.

¿Qué aspecto tiene un programa de robot?

```

1 DEF kuka_rocks( )
2INI
3 PTP HOME  Vel= 100 % DEFAULT
4 PTP P1 Vel=100 % PDAT1 Tool[1] Base[0]
5 PTP P2 Vel=100 % PDAT2 Tool[1] Base[0]
6 PTP P3 Vel=100 % PDAT3 Tool[1] Base[0]
7 OUT 1'' State=TRUE CONT
8 LIN P4 Vel=2 m/s CPDAT1 Tool[1] Base[0]
9 PTP HOME  Vel= 100 % DEFAULT
10END

```

Fig. 4-5: Estructura de un programa de robot

Visible únicamente para el grupo de usuario "Experto":

- 1 ■ "DEF *nombre del programa ()*" aparece siempre al comenzar un programa
- "END" describe el final de un programa
- La línea "INI" contiene la activación de los parámetros estándar necesarios para la correcta ejecución del programa.
- 2 ■ LA Línea "INI" se debe ejecutar siempre en primer lugar.
- Texto propio del programa con instrucciones de movimiento, instrucciones de espera/lógicas, etc.
- 3 ■ La instrucción "PTP Home" se utiliza frecuentemente al iniciar y al finalizar un programa, ya que es una posición clara y conocida.

Estado del programa

Símbolo	Color	Descripción
	gris	No se encuentra seleccionado ningún programa.
	amarillo	El puntero de paso está sobre la primera línea del programa seleccionado.
	verde	El programa ha sido seleccionado y se encuentra en ejecución.
	rojo	El programa seleccionado y arrancado ha sido detenido.
	negro	El puntero de paso está en el final del programa seleccionado.

Iniciar el programa

Procedimiento para iniciar programas de robots:

1. Seleccionar un programa



Fig. 4-6: Selección de programa

2. Ajustar la velocidad del programa (override del programa, POV)

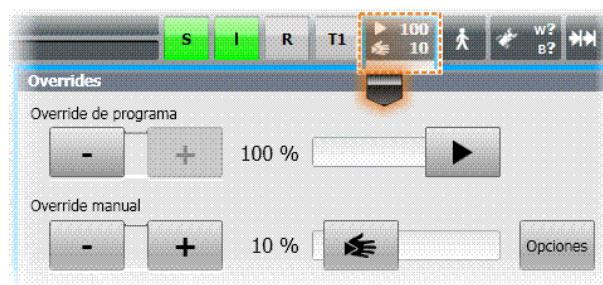


Fig. 4-7: Ajuste POV

3. Pulsar interruptor de confirmación

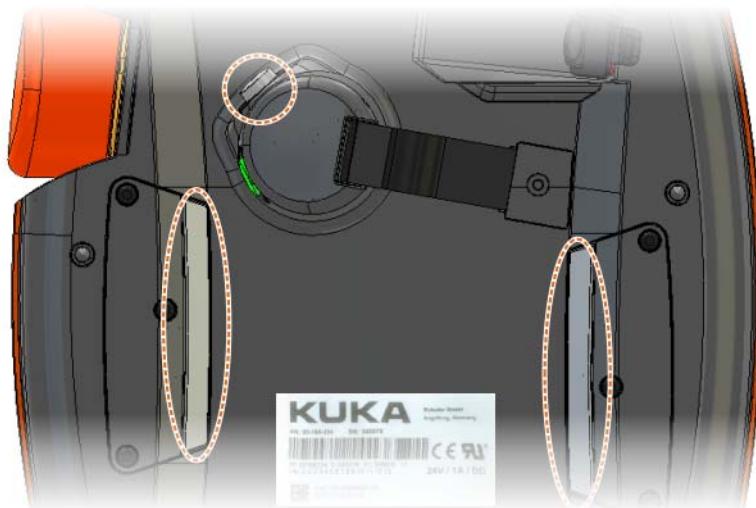


Fig. 4-8: Interruptor de confirmación

4. Mantener pulsada la tecla de inicio (+):

- Se procesa la línea "INI".
- El robot ejecuta el desplazamiento COI.



Fig. 4-9: Direcciones de ejecución de programa: Adelante/atrás

ADVERTENCIA

Cuando el paso de movimiento seleccionado contiene la instrucción de avance PTP, se produce un desplazamiento COI a modo de movimiento PTP desde la posición real hasta la posición de destino. Si el paso de movimiento seleccionado contiene LIN o CIR, el desplazamiento COI se ejecuta como movimiento LIN. Observar el movimiento para evitar colisiones. En el desplazamiento COI la velocidad se reduce automáticamente.

5. Al alcanzar la posición de destino se detiene el movimiento.



Aparece el mensaje de observación "COI alcanzada".

6. Otras ejecuciones (en función del modo de servicio ajustado):

- **T1 y T2:** Reanudar el programa pulsando la tecla de inicio.
- **AUT:** Activar accionamientos.



A continuación, iniciar el programa con impulso en *Start*.

- En el programa Cell cambiar al modo de servicio **EXT** y transferir la instrucción de avance al PLC.

4.3 Ejercicio: ejecutar programas del robot

Objetivo del ejercicio	Después de completar correctamente este ejercicio, se dispondrá de la competencia necesaria para efectuar las siguientes tareas:
	<ul style="list-style-type: none">■ Seleccionar y deseleccionar programas■ Ejecutar, detener y resetear programas en los modos de servicio requeridos (Testar desarrollo de programa)■ Efectuar y entender la selección de paso■ Efectuar el desplazamiento de coincidencia (COI)
Requisitos	Los siguientes requisitos son necesarios para completar este ejercicio correctamente: <ul style="list-style-type: none">■ Conocimientos teóricos del manejo del navegador■ Conocimientos sobre la selección y desección de programas
Formulación	<ol style="list-style-type: none">1. Seleccionar el módulo Air2. Comprobar de la siguiente manera el programa en los diferentes modos de servicio:<ul style="list-style-type: none">■ T1 con 100%■ T2 con 10%, 30%, 50%, 75%, 100%■ Automático con 100%3. Comprobar el programa con los tipos ejecución del programa Go y MS-TEP

**¡Peligro!**

Deben respetarse obligatoriamente las prescripciones de seguridad de la instrucción.

5 Uso de archivos de programas

5.1 Crear módulos de programa

Módulos de programa en el navegador

Los módulos de programa deben colocarse siempre en la carpeta "Programas". Existe la posibilidad de crear nuevas carpetas en las que se pueden guardar los módulos de programa. Los módulos se identifican con el símbolo "M". Se puede incluir un comentario los módulos. Este tipo de comentario puede incluir, p. ej., una breve descripción del funcionamiento del programa.

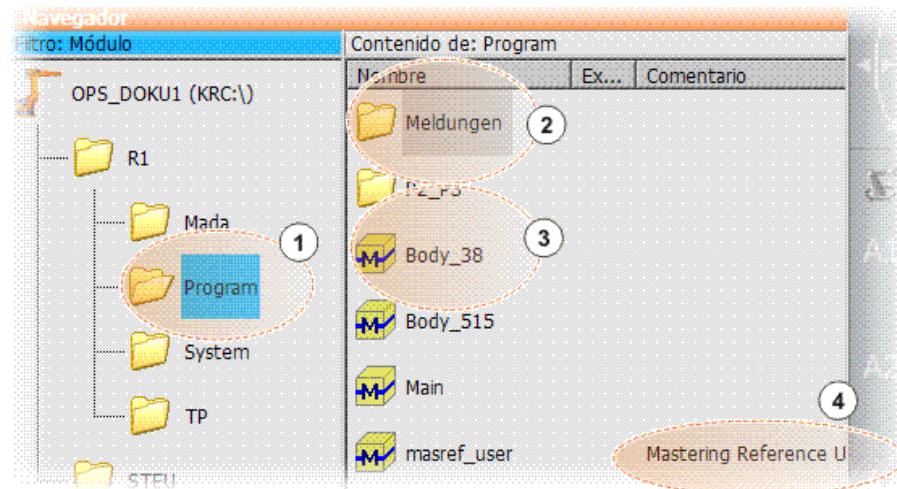


Fig. 5-1: Módulos del navegador

- 1 Carpeta principal para programas: "Programa"
- 2 Subcarpeta para otros programas
- 3 Módulo de programa/módulo
- 4 Comentario de un módulo de programa

Propiedades de los módulos de programa

Un módulo consta siempre de dos partes:

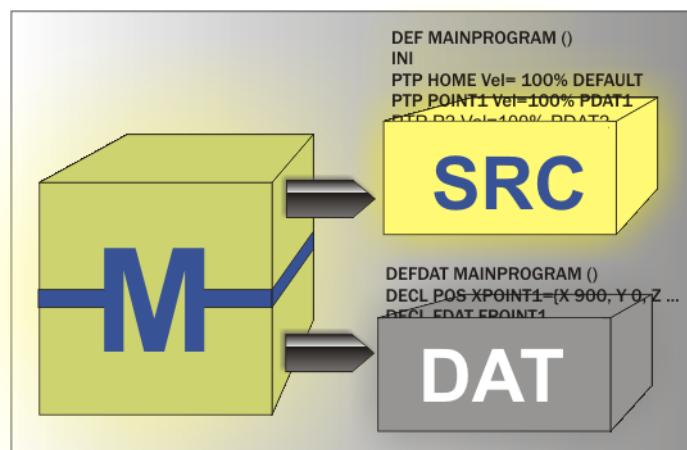


Fig. 5-2

- **Código fuente:** El archivo SRC contiene el código del programa.

```

DEF MAINPROGRAM ()
INI
PTP HOME Vel= 100% DEFAULT
PTP POINT1 Vel=100% PDAT1 TOOL[1] BASE[2]
PTP P2 Vel=100% PDAT2 TOOL[1] BASE[2]
...
END

```

- **Lista de datos:** El archivo DAT contiene datos y coordenadas de puntos permanentes.

```

DEFDAT MAINPROGRAM ()
DECL E6POS XPOINT1={X 900, Y 0, Z 800, A 0, B 0, C 0, S 6, T 27, E1
0, E2 0, E3 0, E4 0, E5 0, E6 0}
DECL FDAT FPOINT1 ...
...
ENDDAT

```

Procedimiento para crear módulos de programa propios

1. En la estructura del directorio, marcar la carpeta en la que se debe almacenar el programa, p. ej., la carpeta **Programa** y, a continuación, cambiar a la lista de datos.
2. Pulsar la tecla **Nuevo**.
3. Introducir un nombre para programa y un comentario en caso necesario y confirmar con **OK**.

5.2 Editar módulos de programa

Opciones de edición

Como en los sistemas de archivos convencionales, en el navegador del KUKA smartPAD también se pueden editar módulos de programa.

Editar incluye:

- Duplicar/copiar
- Borrar
- Renombrar

Procedimiento para borrar un programa

1. En la estructura de directorios marcar la carpeta en la que se encuentra el archivo.
2. Marcar el archivo en la lista de archivos.
3. Pulsar la tecla de función **Borrar >**.
4. Responder **Sí** a la pregunta de seguridad. Se borra el módulo.



En el grupo de usuario "Experto" y el ajuste de filtro "Detalle" figuran dos archivos por módulo en el navegador (archivo SRC y DAT). Si éste es el caso, se deben borrar ambos archivos. Los ficheros borrados no se pueden restaurar.

Procedimiento para renombrar un programa

1. En la estructura de directorios marcar la carpeta en la que se encuentra el archivo.
2. Marcar el archivo en la lista de archivos.
3. Seleccionar la tecla de función **Editar > Renombrar**.
4. Sobrescribir el nombre del archivo con el nombre nuevo y confirmar con **OK**.



En el grupo de usuario "Experto" y el ajuste de filtro "Detalle" figuran dos archivos por módulo en el navegador (archivo SRC y DAT). Si éste es el caso, se deben renombrar ambos archivos.

Procedimiento para duplicar un programa

1. En la estructura de directorios marcar la carpeta en la que se encuentra el archivo.
2. Marcar el archivo en la lista de archivos.
3. Pulsar la tecla de función **Duplicar**.
4. Asignar un nombre de archivo nuevo al nuevo módulo y confirmar pulsando **OK**.



En el grupo de usuario "Experto" y el ajuste de filtro "Detalle" figuran dos archivos por módulo en el navegador (archivo SRC y DAT). Si éste es el caso, se deben duplicar ambos archivos.

5.3 Archivar y restaurar programas de robot

Opciones de archivo

Cada proceso de archivo genera un archivo ZIP en el medio de destino correspondiente con el nombre del robot. En el apartado **Datos del robot** se puede cambiar el nombre del archivo.

Lugar de almacenamiento: Se dispone de tres lugares de almacenamiento distintos:

- **USB (KCP)** | Memoria USB en el KCP (smartPAD)
- **USB (armario)** | Lápiz USB en el armario de control del robot
- **Red** | Los datos se guardan en una ruta de red
La ruta de red deseada se debe configurar en **PickControl**.



Cada vez que se archiva, además del archivo ZIP que se genera en el soporte de almacenamiento, paralelamente se crea en la unidad D:\ otro archivo (INTERN.ZIP).

Datos: Para el proceso de almacenamiento se pueden seleccionar los datos siguientes:

- **Todo:**
Se archivan los datos necesarios para restituir un sistema existente.
- **Aplicaciones:**
Se archivan todos los módulos KRL (programas) definidos por el usuario y los archivos correspondientes del sistema.
- **Datos de la máquina:**
Se archivan los datos de la máquina.
- **Datos del log:**
Se archivan los ficheros Log.
- **KrcDiag:**
Se archivan los datos para entregarlos a KUKA Roboter GmbH para que los analicen en busca de fallos. Se crea una carpeta (nombre **KRCDiag**) en la que se pueden registrar hasta diez archivos ZIP. Además, se guardará en la unidad de control en C:\KUKAI\KRCDiag.

Restaurar datos



Por regla general sólo se pueden cargar archivos con la versión de software compatible. Si se cargan otros archivos, pueden producirse las situaciones siguientes:

- Mensajes de fallo
- La unidad de control del robot no puede operar.
- Peligro de lesiones o daños materiales.

Al restaurar pueden seleccionarse entre las siguientes opciones de menú:

- **Todo**

- **Aplicaciones**
- **Configuración**



En los siguientes casos el sistema emite un mensaje de error:

- Si los datos archivados están guardados en otra versión que la que se encuentra en el sistema.
- Si la versión de los paquetes de tecnología no coincide con la versión instalada.

Procedimiento para archivar

AVISO

Sólo debe utilizarse la memoria KUKA.USBData. Si se utiliza otra clave USB, pueden perderse o cambiarse los datos.

1. Seleccionar la secuencia **Archivo > Archivar > USB (KCP) o USB (armario)** y la opción secundaria deseada.
2. Responder **Sí** a la pregunta de seguridad.
En la ventana de mensajes se indicará el fin del proceso de archivación.
3. Se puede extraer la memoria USB cuando su LED se apague.

Restablecer procedimiento

1. Seleccionar la secuencia de menús **Archivo > Restaurar** > y luego las opciones secundarias.
2. Responder **Sí** a la pregunta de seguridad. Los ficheros archivados se restauran en la unidad de control del robot. Un mensaje señalará que ha finalizado la restauración.
3. Si restauró desde una memoria USB: Retirar el dispositivo USB.

AVISO

Al restaurar el dispositivo USB: Recién cuando el LED en el medio USB se haya apagado, se puede quitar el medio. Caso contrario, el medio puede ser dañado.

4. Volver a arrancar la unidad de control del robot.

5.4 Registrar los cambios de programa y de estado con el listado LOG

Opciones de protocolización

Las operaciones que efectúa el usuario en el smartPAD se guardan automáticamente en un protocolo. La instrucción **Protocolo** muestra el protocolo.

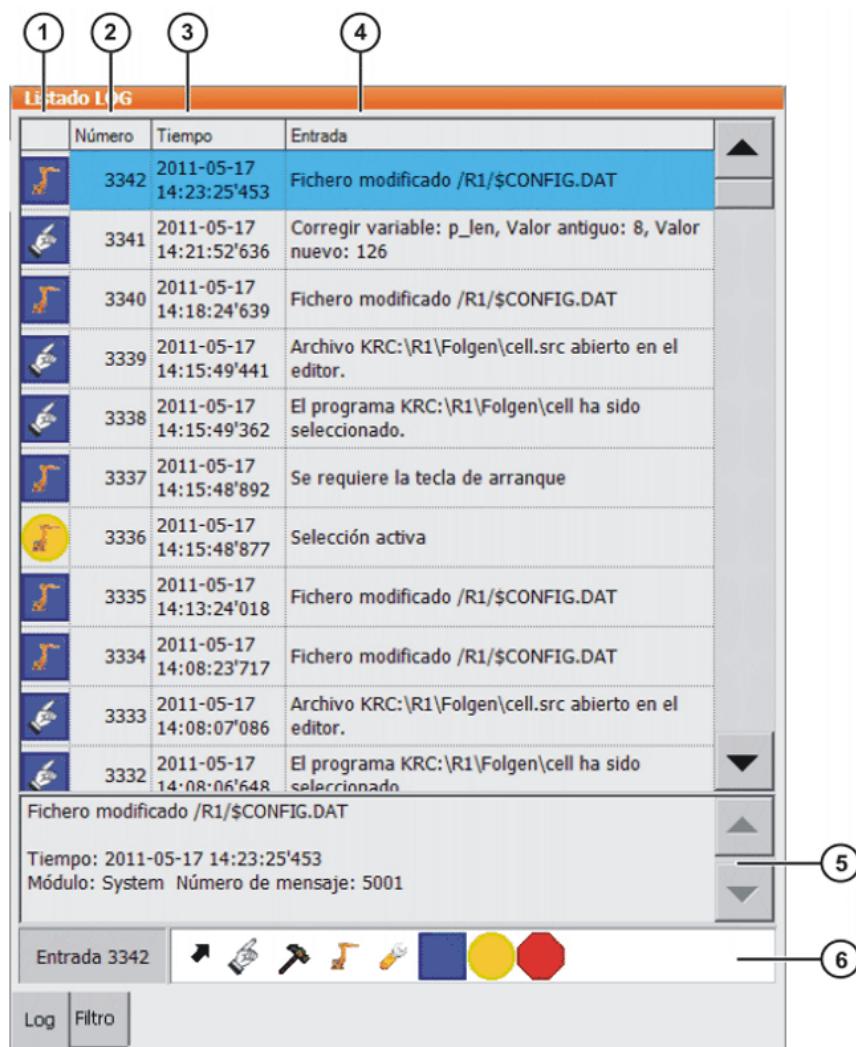


Fig. 5-3: Protocolo, tarjeta de registro Log

Pos.	Descripción
1	Tipo de incidencia Log Los distintos tipos de filtro están en un listado de la tarjeta de registro Filtro .
2	Número de incidencia Log
3	Fecha y hora del incidencia Log
4	Breve descripción del incidencia Log
5	Descripción detallada del incidencia Log marcada
6	Visualización del filtro activo

Filtrado de incidencias Log



Fig. 5-4: Protocolo, tarjeta de registro Filtro

Uso de la función listado LOG

Todos los grupos de usuarios pueden ver y configurar esta función.

Mostrar listado LOG:

- Seleccionar en el menú principal la secuencia **Diagnóstico > Listado LOG > Visualizar**.

Configurar listado LOG:

1. Seleccionar en el menú principal **Diagnóstico > Listado LOG > Configuración**.
2. Realizar los ajustes:
 - Añadir / quitar tipos de filtrado
 - Añadir / quitar categorías de filtros
3. Pulsar **OK** para guardar la configuración y cerrar la ventana.

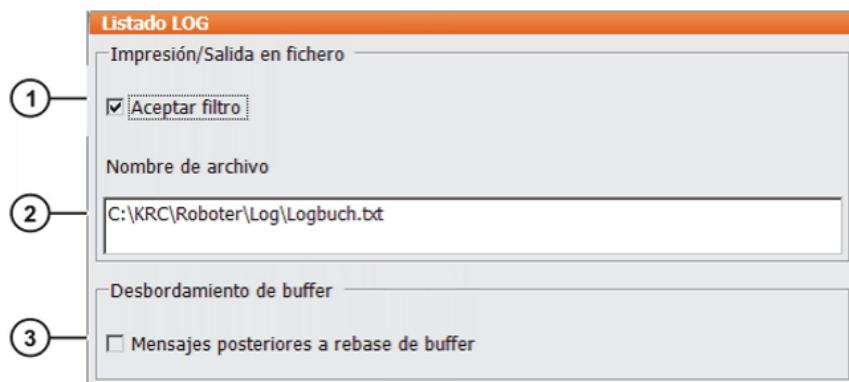


Fig. 5-5: Ventana Configuración del listado LOG

- 1 Realizar los ajustes del filtro para la edición. Si no hay ninguna marca de verificación, la edición no está filtrada.
- 2 Ruta del archivo de texto.
- 3 Los datos del log que se han borrado por el desbordamiento de buffer aparecen en un archivo de texto en gris.

6 Crear y modificar movimientos programados

6.1 Creación de nuevas instrucciones de movimiento

**Programar
movimientos de
robot**

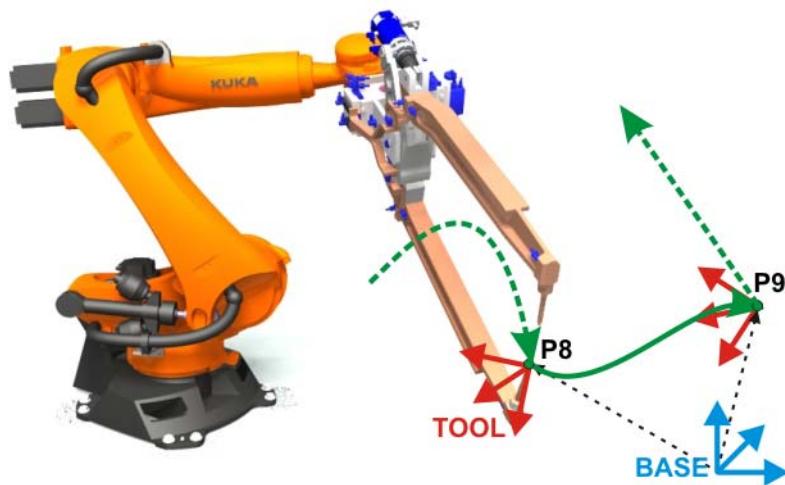


Fig. 6-1: Movimiento de robot

Cuando se deban programar movimientos del robot, se plantean una serie de preguntas:

Pregunta	Solución	Palabra clave
¿Cómo detecta el robot sus posiciones?	La posición de la herramienta en el espacio se guarda (posición del robot según el sistema Tool y Base ajustados).	POS
¿Cómo sabe el robot que se debe mover?	Por la indicación del modo de movimiento: punto a punto, lineal o circular.	PTP LIN CIRC
¿Con qué rapidez se mueve el robot?	La velocidad entre dos puntos y la aceleración se indican en la programación.	Vel. Acc.
¿El robot se debe parar en cada punto?	Para poder acortar la duración del ciclo también se pueden aproximar puntos. En este caso, no tiene lugar una parada exacta.	CONT
¿Qué orientación adopta la herramienta cuando se alcanza un punto?	Para cada movimiento se puede ajustar individualmente el control de la orientación.	ORI_TYPE
¿El robot detecta un obstáculo?	No, el robot sigue la trayectoria programada sin desviarse. El programador será el responsable de garantizar que no se producen colisiones. No obstante, existe la posibilidad de implementar un "control contra colisiones" para proteger la máquina.	Control contra colisiones

Al programar movimientos de robot en el proceso de aprendizaje se debe transmitir esta información. Para ello se usan formularios inline en los que se puede introducir cómodamente esta información.

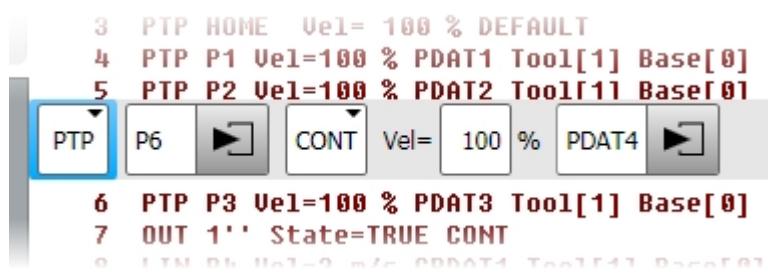


Fig. 6-2: Formulario online para programar movimientos

Tipos de movimiento

Para programas las instrucciones de movimiento se dispone de varios tipos de movimiento. Los movimientos se pueden programar en función de los requisitos del proceso de trabajo del robot.

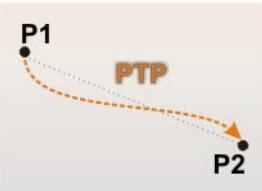
- Movimiento específico del eje (PTP: Point to Point)
- Movimientos de trayectoria: LIN (lineal) y CIRC (circular)
- SPLINE: SPLINE es un tipo de movimiento especialmente apropiado para trayectorias curvas complejas. En principio, este tipo de trayectorias también se pueden crear con movimientos LIN y CIRC aproximados, pero el SPLINE presenta una serie de ventajas.



Los movimientos SPLINE no se incluyen en esta documentación para la formación. Puede consultarse información más detallada al respecto en las *instrucciones de operación y programación del KUKA System Software 8.2*.

6.2 Creación de movimientos con optimización del tiempo de ciclo (movimiento del eje)

PTP

Tipo de movimiento	Significado	Ejemplo de uso
	<p><i>Point to Point:</i> punto a punto</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Movimiento específico del eje: el robot desplaza el TCP al punto de destino a lo largo de la trayectoria más rápida. La trayectoria más rápida no es, por lo general, la trayectoria más corta y, por tanto, no es una recta. Dado que los ejes del robot se mueven de forma rotacional, trayectorias curvas pueden ser ejecutadas de forma más rápida que las rectas. ■ No puede predecirse la trayectoria exacta. ■ El eje directriz es el eje que más tarda en alcanzar el punto de destino. ■ SYNCHRO PTP: todos los ejes arrancan al mismo tiempo y se detienen sincronizados. ■ El primer movimiento en el programa debe ser un movimiento PTP ya que, en este caso, únicamente se van a evaluar Status y Turn. 	Aplicaciones de punto, p. ej.: <ul style="list-style-type: none"> ■ Soldadura por puntos ■ Transporte ■ Medir, controlar Posiciones auxiliares: <ul style="list-style-type: none"> ■ puntos intermedios ■ puntos libres en el espacio

Aproximación

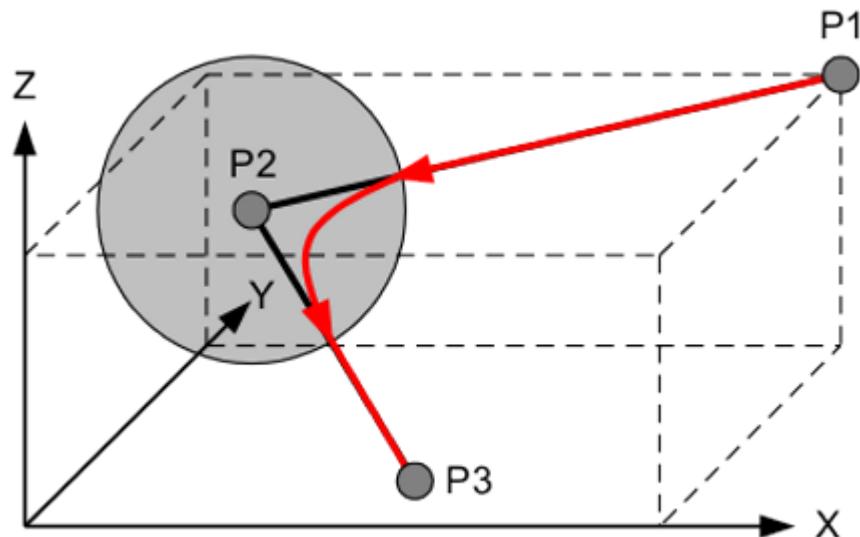


Fig. 6-3: Posicionamiento aproximado de un punto

La unidad de control es capaz de aproximar las instrucciones de movimiento marcadas con CONT para acelerar el movimiento. Aproximar significa que no se desplaza exactamente a las coordenadas de punto. Previamente se abandona la trayectoria del contorno de paradas exactas. El TCP se conduce a lo largo de los contornos de aproximación que desemboca en el contorno de paradas exactas de la siguiente instrucción de movimiento.

Ventajas del posicionamiento aproximado

- desgaste reducido
- Tiempos de ciclo reducidos

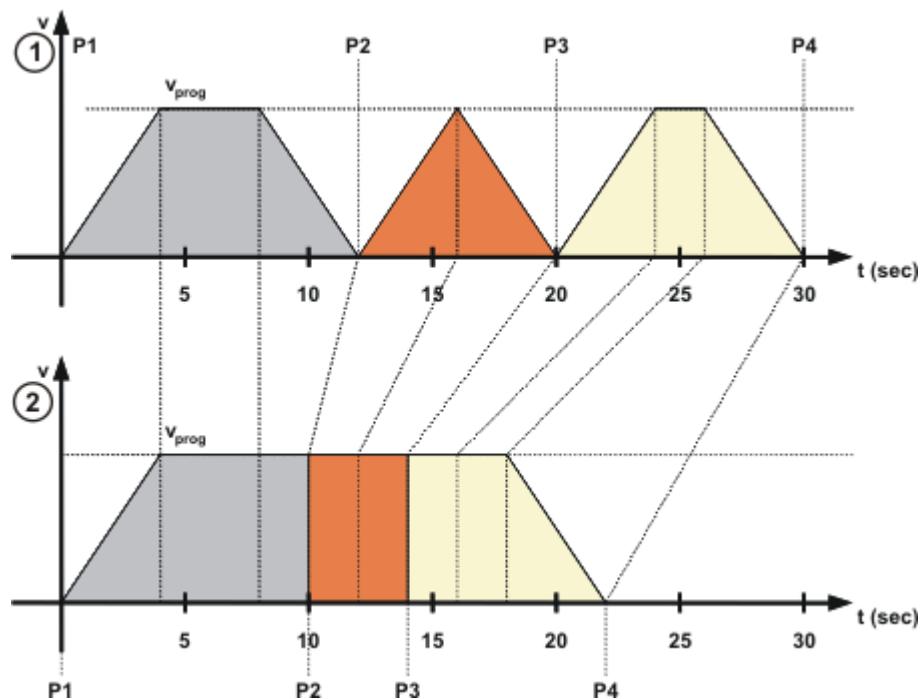


Fig. 6-4: Parada exacta - Posicionamiento aproximado en comparación

Para poder ejecutar el movimiento de aproximación la unidad de control debe poder leer los siguientes pasos de movimiento. Ello se realiza con procesamiento en avance.

Aproximación en el tipo de desplazamiento PTP

Tipo de movimiento	Característica	Distancia de aproximación
	<ul style="list-style-type: none"> ■ El contorno de aproximación no es predecible. 	Indicación en %

Procedimiento para crear movimientos PTP

Requisitos

- Se ha activado el modo de servicio T1.
 - Está seleccionado un programa de robot.
1. Mover el TCP a la posición que se programará por aprendizaje como punto de destino.

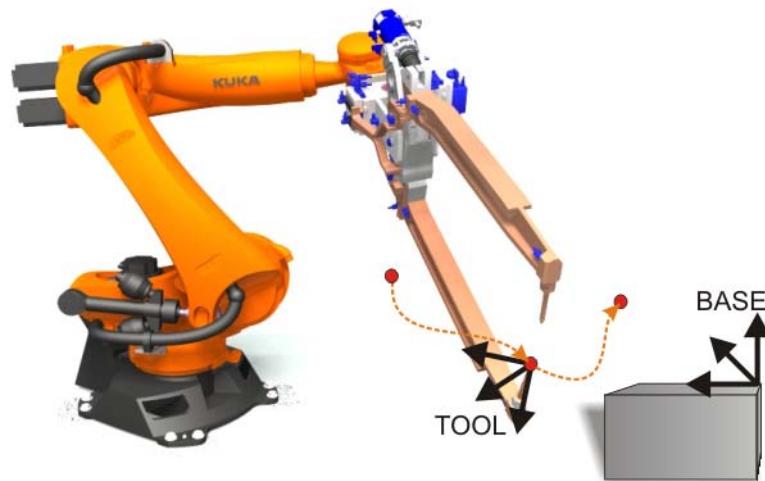


Fig. 6-5: Instrucción de movimiento

2. Colocar el cursor en la línea detrás de la cual se insertará la instrucción de movimiento.
3. Seleccionar la secuencia de menú **Instrucciones > Movimiento > PTP**. Como alternativa también se puede accionar la tecla de función **Movimiento** localizada en la línea pertinente.

Aparece un formulario inline:

- **Formulario online PTP**

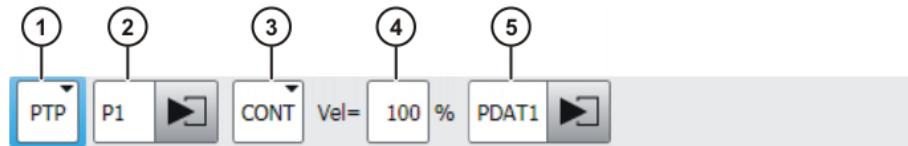


Fig. 6-6: Formulario inline Movimiento PTP

4. Introducir parámetros en el formulario inline.

Pos	Descripción
1	Tipo de movimiento PTP,LIN o CIRC
2	El nombre del punto de destino se determina automáticamente, no obstante, se puede sobrescribir individualmente. Para editar los puntos de datos, debe tocarse la flecha. Se abre la ventana de opciones Vectores . En CIRC se debe programar un punto auxiliar adicional para el punto de destino: Aproximar la posición del punto auxiliar y accionar TouchUp PI .
3	<ul style="list-style-type: none"> ■ CONT: El punto de destino es de posicionamiento aproximado. ■ [vacío]: El punto de destino se alcanza con exactitud.

Pos.	Descripción
4	<p>Velocidad</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Movimientos PTP: 1 ... 100% ■ Movimientos de trayectoria: 0,001 ... 2 m/s
5	<p>Juego de datos de movimiento:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Aceleración ■ Distancia de aproximación (cuando en el campo [3] se haya introducido CONT). ■ Control de la orientación (únicamente en movimientos de trayectoria)

5. En la ventana de opciones Vectores, introducir los datos correctos para el sistema de coordenadas de base y herramienta, además de las indicaciones sobre el modo de interpolación (TCP externo: CON./DSECON.) y el control contra colisiones.

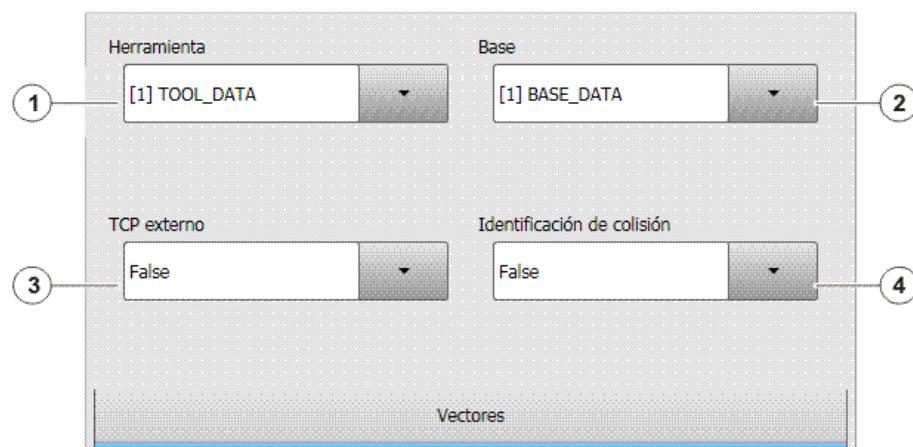


Fig. 6-7: Ventana de opciones Vectores

Pos.	Descripción
1	<p>Seleccionar herramienta.</p> <p>Si se tiene True en el campo External TCP: Seleccionar herramienta.</p> <p>Rango de valores: [1] ... [16]</p>
2	<p>Seleccionar base.</p> <p>Si se tiene True en el campo External TCP: Seleccionar herramienta fija.</p> <p>Rango de valores: [1] ... [32]</p>
3	<p>Modo de interpolación</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ False: La herramienta se encuentra montada sobre la brida de acople. ■ True: La herramienta es una herramienta fija.
4	<ul style="list-style-type: none"> ■ True: Para este movimiento la unidad de control del robot determina los momentos axiales. Éstos son necesarios para la detección de colisiones. ■ False: Para este movimiento la unidad de control del robot no determina ningún momento axial. Por lo tanto, no es posible una detección de colisiones para este movimiento.

6. En la ventana de opciones Parámetros de movimiento, puede reducirse la aceleración del valor máximo. En caso de que se active la aproximación, también se puede modificar la distancia de aproximación. Dependiendo de la configuración, la distancia se ajusta en **mm** o **%**.

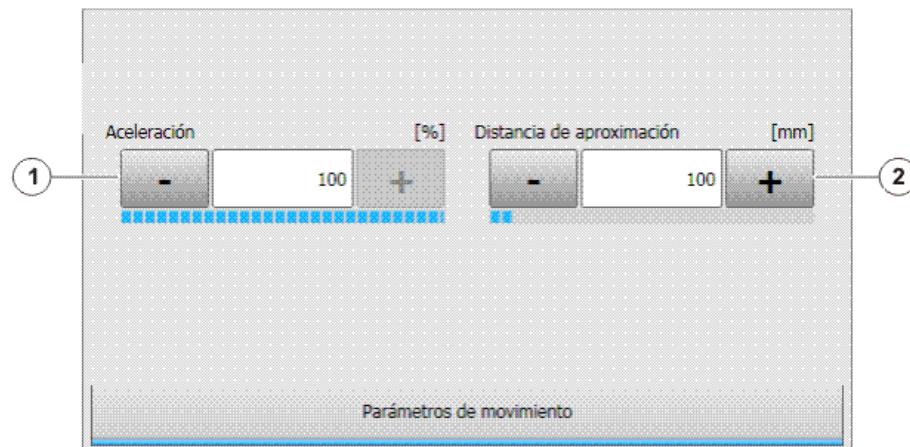


Fig. 6-8: Ventana de opciones Parámetros de movimiento (PTP)

Pos.	Descripción
1	<p>Aceleración</p> <p>Se refiere al valor máximo declarado en los datos de máquina. El valor máximo depende del tipo de robot y del modo de servicio seleccionado. La aceleración es válida para los ejes directrices de este conjunto de movimientos.</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 1 ... 100%
2	<p>Este campo sólo se muestra en pantalla cuando en el formulario inline se ha seleccionado CONT.</p> <p>Distancia antes del punto de destino en donde comienza, como muy pronto, la aproximación.</p> <p>Distancia máxima: La mitad de la distancia entre el punto de inicio y el de destino, referido al contorno del movimiento PTP sin aproximación.</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 1 ... 100% ■ 1 ... 1000 mm

7. Guardar la instrucción pulsando **Instruc.OK**. La posición opuesta del TCP se programa como punto de destino.

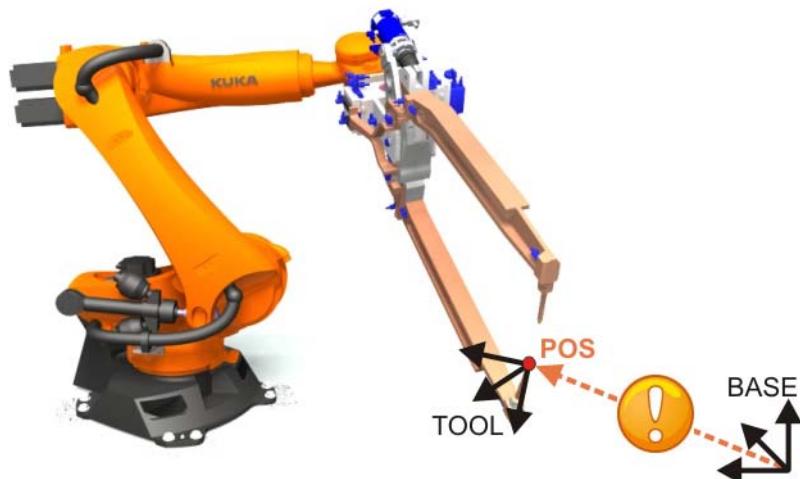
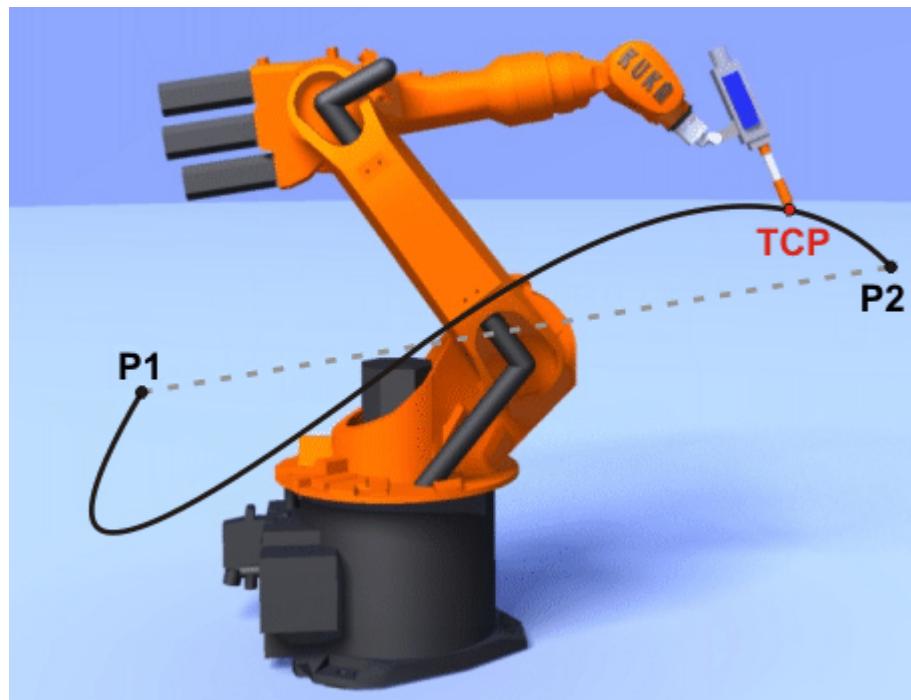


Fig. 6-9: Memorización de las coordenadas de puntos en "Instrucción OK" y "TouchUp".

6.3 Ejercicio: Programa en el aire - Tratamiento de programa y movimientos PTP

Objetivo del ejercicio	Después de completar correctamente este ejercicio, se dispondrá de la competencia necesaria para efectuar las siguientes tareas:
	<ul style="list-style-type: none">■ Seleccionar y deseleccionar programas■ Ejecutar, detener y resetear programas en los modos de servicio requeridos (Testar desarrollo de programa)■ Borrar pasos de movimiento y insertar nuevos movimientos PTP■ Cambiar modo de desarrollo de programa y desplazar a puntos programados paso por paso■ Efectuar y entender la selección de paso■ Efectuar el desplazamiento de coincidencia (COI)
Requisitos	Los siguientes requisitos son necesarios para completar este ejercicio correctamente: <ul style="list-style-type: none">■ Conocimientos teóricos del manejo del navegador

- Conocimientos teóricos del tipo de movimiento PTP



Formulación

Ejecutar las siguientes tareas: Crear y someter a prueba programas

1. Crear un nuevo módulo con el nombre **Air_PROG**



¡Peligro!

Deben respetarse obligatoriamente las prescripciones de seguridad de la instrucción.

2. Crear un programa de unos cinco movimientos PTP.
3. En caso de que no se disponga de un desplazamiento sin colisiones, deben eliminarse los puntos afectados y establecerse un punto nuevo.
4. Comprobar el programa en el modo de servicio T1 con velocidades de programa diversas (POV)
5. Comprobar el programa en el modo de servicio T2 con velocidades de programa diversas (POV)
6. Compruebe el programa en el modo de servicio "Automático"

Tarea sección B

Ejecutar las siguientes tareas: Corrección del programa

1. Utilizar distintas velocidades para sus puntos en el espacio
2. Seleccione repetidas veces el mismo punto en el programa
3. Borrar los pasos de movimientos y insertar nuevos en otro lugar en el programa
4. Efectuar una selección de paso
5. Parar el programa en el modo de test y utilizar la función **Arranque del programa hacia atrás**
6. Compruebe el programa en los modos de servicio T1, T2 y Automático

Lo que se debe saber tras el ejercicio:

1. Cuál es la diferencia entre seleccionar y abrir un programa?
.....
.....
2. Cuáles tipos de desarrollo de programa existen y porqué son necesarios?

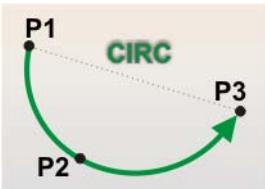
.....
.....
.....
.....
.....
3. ¿Qué significa un desplazamiento COI?

.....
.....
.....
.....
.....
4. Cómo se puede influenciar la velocidad de programa?

.....
.....
.....
.....
.....
5. Cuáles son las características de los movimientos PTP?

6.4 Crear movimientos de trayectoria

LIN y CIRC

Tipo de movimiento	Significado	Ejemplo de aplicación
	<p><i>Linear:</i> Lineal</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Movimiento de trayectoria rectilíneo. ■ El TCP de la herramienta se desplaza desde el inicio hasta el punto de destino con una velocidad constante y una orientación definida. ■ La velocidad y la orientación hacen referencia al TCP. 	Aplicaciones de trayectoria, p. ej.: <ul style="list-style-type: none"> ■ Soldadura de trayectoria ■ Pegado ■ Soldadura/corte láser
	<p><i>Circular:</i> Circular</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ El movimiento de trayectoria circular se define a través del punto de inicio, el punto auxiliar y el punto de destino. ■ El TCP de la herramienta se desplaza desde el inicio hasta el punto de destino con una velocidad constante y una orientación definida. ■ La velocidad y la orientación hacen referencia al TCP. 	Aplicaciones de trayectoria como en el LIN: <ul style="list-style-type: none"> ■ Círculos, radios, curvaturas

Posiciones singulares

Los robots KUKA con 6 grados de libertad tienen 3 posiciones singulares distintas.

Una posición singular se caracteriza por no permitir una transformación de retroceso (conversión de las coordenadas cartesianas en valores específicos de los ejes) única aunque se hayan preestablecido los datos Status y Turn. En este caso o cuando las más pequeñas modificaciones cartesianas provocan grandes cambios en el ángulo de los ejes, se habla de posiciones singulares. Ésta no es una característica mecánica, sino matemática, y por este motivo sólo existe en el área de la trayectoria pero no en los movimientos de los ejes.

Singularidad por encima de la cabeza α1

En la singularidad por encima de la cabeza, el punto de la raíz de la muñeca (= centro del eje A5) se halla vertical al eje A1 del robot.

La posición del eje A1 no se puede establecer únicamente mediante la transformación de retroceso y puede por tanto aceptar cualquier valor.

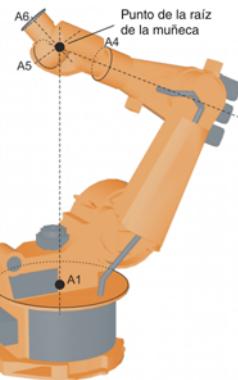


Fig. 6-10: Singularidad por encima de la cabeza (posición $\alpha 1$)

Singularidad de las posiciones extendidas $\alpha 2$

En la singularidad de las posiciones extendidas, el punto de la raíz de la muñeca (= centro del eje A5) se halla en prolongación de los ejes A1 y A3 del robot.

El robot se encuentra en el límite de su área de trabajo.

La transformación de retroceso proporciona un ángulo de eje unívoco, pero las pequeñas velocidades cartesianas dan lugar a grandes velocidades axiales en los ejes A2 y A3.



Fig. 6-11: Posición extendida (posición $\alpha 2$)

Singularidades de los ejes de la muñeca $\alpha 5$

En una singularidad de los ejes de la muñeca los ejes A4 y A6 se hallan paralelos uno con el otro y el eje A5 dentro del área de $\pm 0,01812^\circ$.

La posición de ambos ejes no se puede determinar inequívocamente por medio de una transformación de retroceso. Pero existen muchas posiciones axiales para los ejes A4 y A6 en las que las sumas de los ángulos de eje son idénticas.

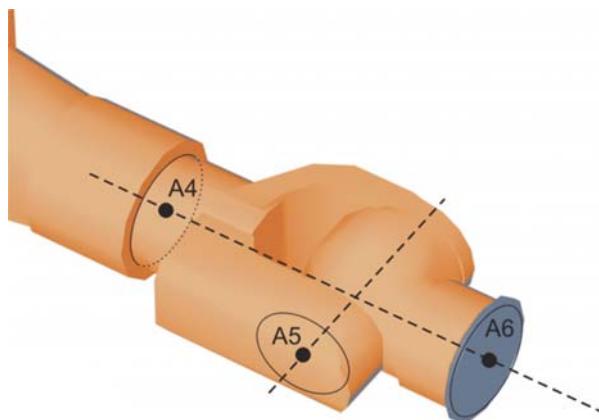


Fig. 6-12: Singularidad por encima de la cabeza (posición a1)

Control de la orientación en movimientos de trayectoria

Para los movimientos de trayectoria existe la posibilidad de definir con exactitud el control de la orientación. La herramienta puede tener en los puntos de partida y de destino, un movimiento con distinta orientación.

Controles de la orientación en el tipo de movimiento **LIN**

- **Estándar o PTP manual**

La orientación de la herramienta se modifica de forma continua durante el movimiento.

Utilizar el PTP manual cuando el robot en estándar entra en una singularidad de los ejes de la muñeca, ya que la orientación se logra mediante el desplazamiento lineal (desplazamiento específico del eje) del ángulo de los ejes de la muñeca.

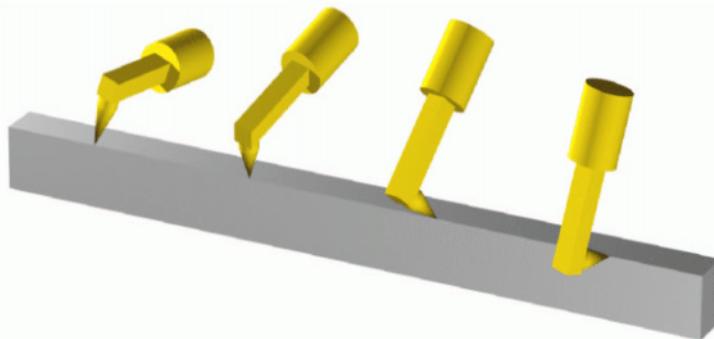


Fig. 6-13: Estándar

- **Constante**

La orientación de la herramienta se mantiene de forma constante durante el movimiento, es decir, como cuando se programó en el punto de inicio. La orientación programada en el punto de destino se ignora.

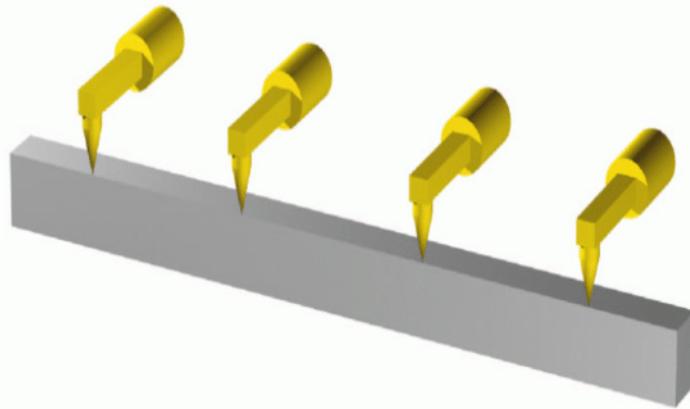


Fig. 6-14: Control orientación constante

Controles de la orientación en el tipo de movimiento **CIRC**

■ **Estándar o PTP manual**

La orientación de la herramienta se modifica de forma continua durante el movimiento.

Utilizar el PTP manual cuando el robot en estándar entra en una singularidad de los ejes de la muñeca, ya que la orientación se logra mediante el desplazamiento lineal (desplazamiento específico del eje) del ángulo de los ejes de la muñeca.

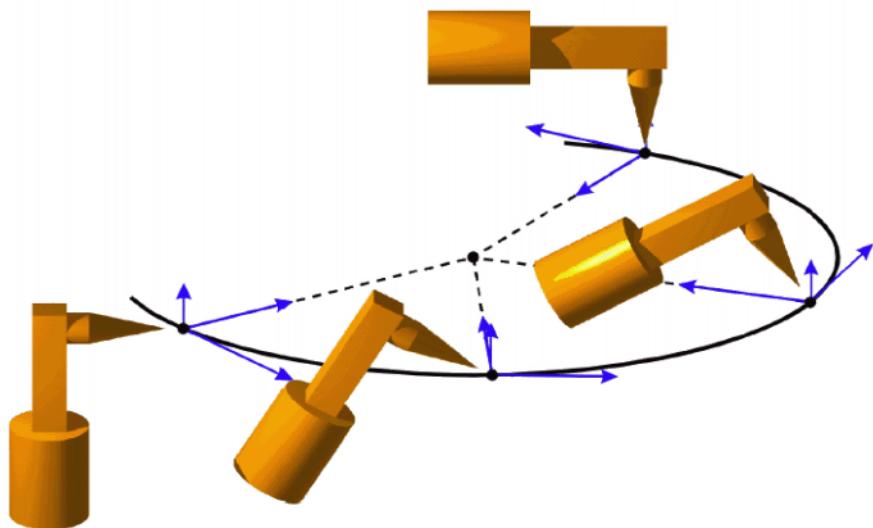


Fig. 6-15: Estándar + , referida a la base

■ **Constante**

La orientación de la herramienta se mantiene de forma constante durante el movimiento, es decir, como cuando se programó en el punto de inicio. La orientación programada en el punto de destino se ignora.

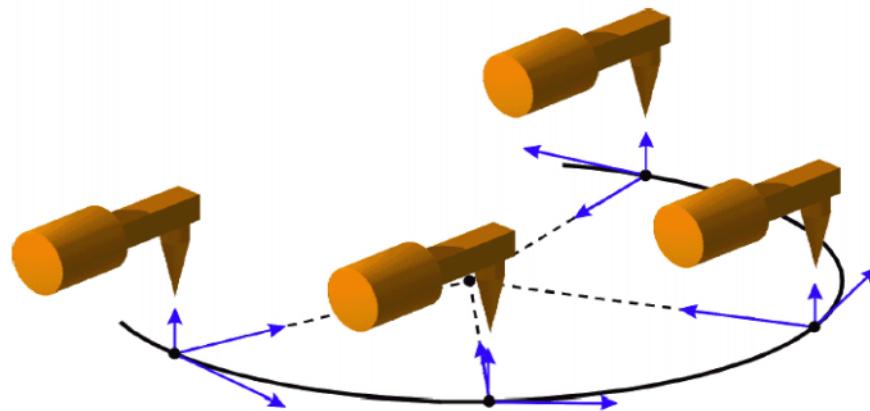


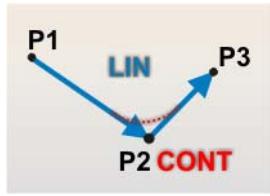
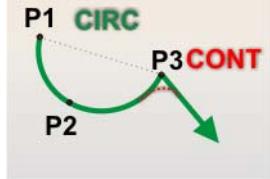
Fig. 6-16: Control de orientación constante + referida a la base

Aproximación de los movimientos de trayectoria



La función de aproximación no es apropiada para crear movimientos circulares. Es únicamente una función destinada a evitar una detención exacta en el punto.

Aproximación en los tipos de desplazamiento LIN y CIRC

Tipo de movimiento	Característica	Distancia de aproximación
	<ul style="list-style-type: none"> El curso de la trayectoria corresponde a dos paráolas. 	Indicación en mm
	<ul style="list-style-type: none"> El curso de la trayectoria corresponde a dos paráolas. 	Indicación en mm

Procedimiento para crear movimientos LIN y CIRC

Requisitos

- Se ha activado el modo de servicio T1.
 - Está seleccionado un programa de robot.
- Mover el TCP a la posición que se programará por aprendizaje como punto de destino.

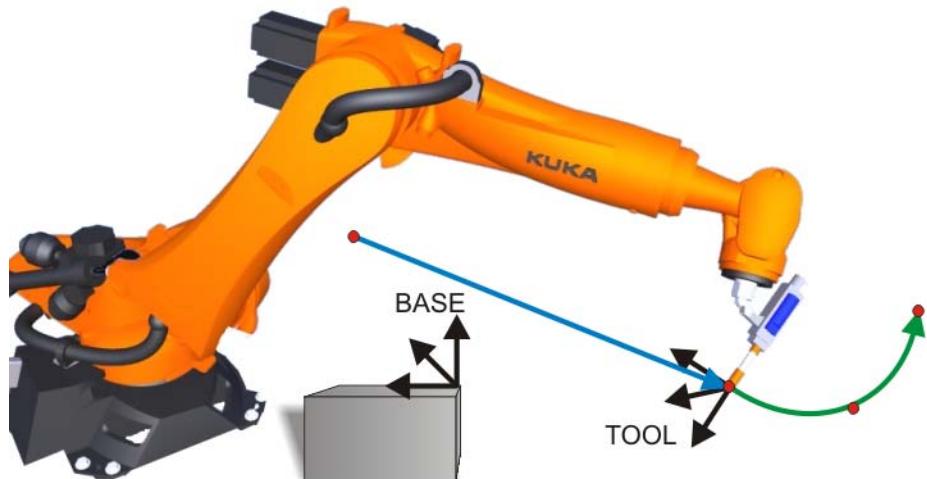


Fig. 6-17: Instrucción de movimiento con LIN y CIR

2. Colocar el cursor en la línea detrás de la cual se insertará la instrucción de movimiento.
3. Seleccionar la secuencia de menú **Instrucciones > Movimiento > LIN o CIRC**.

Como alternativa también se puede accionar la tecla de función **Movimiento** localizada en la línea pertinente.

Aparece un formulario inline:

■ **Formulario inline LIN**

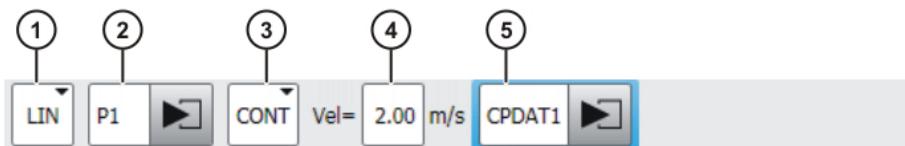


Fig. 6-18: Formulario inline para movimiento LIN

■ **Formulario inline CIRC**

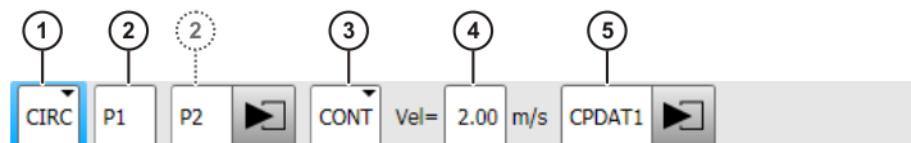


Fig. 6-19: Formulario inline para movimientos CIRC

4. Introducir parámetros en el formulario inline.

Po s.	Descripción
1	Tipo de movimiento PTP,LIN o CIRC
2	<p>El nombre del punto de destino se determina automáticamente, no obstante, se puede sobrescribir individualmente.</p> <p>Para editar los puntos de datos, debe tocarse la flecha. Se abre la ventana de opciones Vectores.</p> <p>En CIRC se debe programar un punto auxiliar adicional para el punto de destino: Aproximar la posición del punto auxiliar y accionar TouchUp PI. La orientación de la herramienta en el punto auxiliar no es relevante.</p>

Po s.	Descripción
3	<ul style="list-style-type: none"> ■ CONT: El punto de destino es de posicionamiento aproximado. ■ [vacío]: El punto de destino se alcanza con exactitud.
4	<p>Velocidad</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Movimientos PTP: 1 ... 100% ■ Movimientos de trayectoria: 0,001 ... 2 m/s
5	<p>Juego de datos de movimiento:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Aceleración ■ Distancia de aproximación (cuando en el campo [3] se haya introducido CONT). ■ Control de la orientación (únicamente en movimientos de trayectoria)

5. En la ventana de opciones Vectores, introducir los datos correctos para el sistema de coordenadas de base y herramienta, además de las indicaciones sobre el modo de interpolación (TCP externo: CON./DESCON.) y el control contra colisiones.

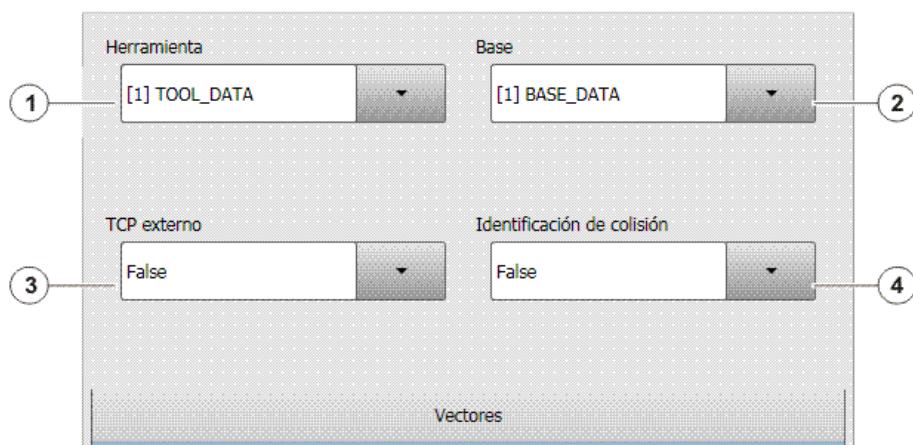


Fig. 6-20: Ventana de opciones Vectores

Pos.	Descripción
1	<p>Seleccionar herramienta.</p> <p>Si se tiene True en el campo External TCP: Seleccionar herramienta.</p> <p>Rango de valores: [1] ... [16]</p>
2	<p>Seleccionar base.</p> <p>Si se tiene True en el campo External TCP: Seleccionar herramienta fija.</p> <p>Rango de valores: [1] ... [32]</p>

Pos.	Descripción
3	Modo de interpolación <ul style="list-style-type: none"> ■ False: La herramienta se encuentra montada sobre la brida de acople. ■ True: La herramienta es una herramienta fija.
4	<ul style="list-style-type: none"> ■ True: Para este movimiento la unidad de control del robot determina los momentos axiales. Éstos son necesarios para la detección de colisiones. ■ False: Para este movimiento la unidad de control del robot no determina ningún momento axial. Por lo tanto, no es posible una detección de colisiones para este movimiento.

6. En la ventana de opciones Parámetros de movimiento, puede reducirse la aceleración del valor máximo. En caso de que se active la aproximación, también se puede modificar la distancia de aproximación. Asimismo, también se puede modificar el control de la orientación.

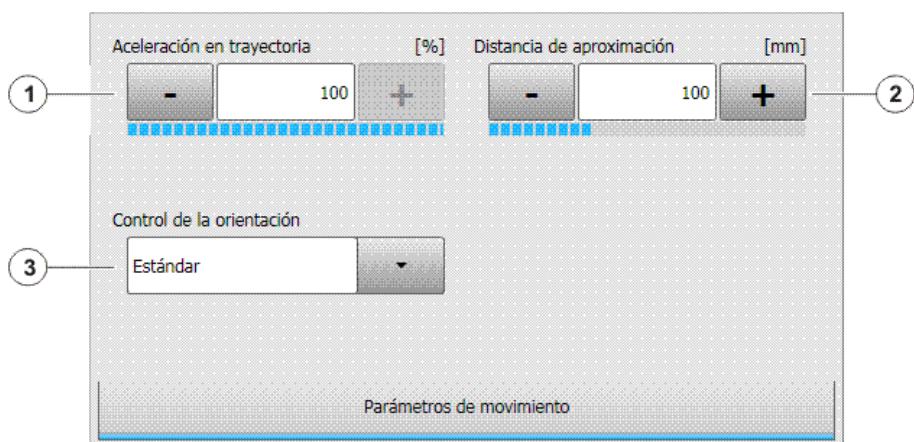


Fig. 6-21: Ventana de opciones Parámetros de movimiento (LIN, CIRC)

Pos.	Descripción
1	Aceleración Se refiere al valor máximo declarado en los datos de máquina. El valor máximo depende del tipo de robot y del modo de servicio seleccionado.
2	Distancia antes del punto de destino en donde comienza, como muy pronto, el posicionamiento aproximado. La distancia puede comprender, como máximo, la mitad de la distancia entre el punto de inicio y el de destino. Si se introduce un valor mayor, éste se ignora y se utiliza el valor máximo. Este campo sólo se muestra en pantalla cuando en el formulario inline se ha seleccionado CONT .
3	Seleccionar el control de la orientación <ul style="list-style-type: none"> ■ Estándar ■ PTP manual ■ Control orientación constante <p>(>>> "Control de la orientación en movimientos de trayectoria" Página 117)</p>

7. Guardar la instrucción pulsando **Instruc.OK**. La posición opuesta del TCP se programa como punto de destino.

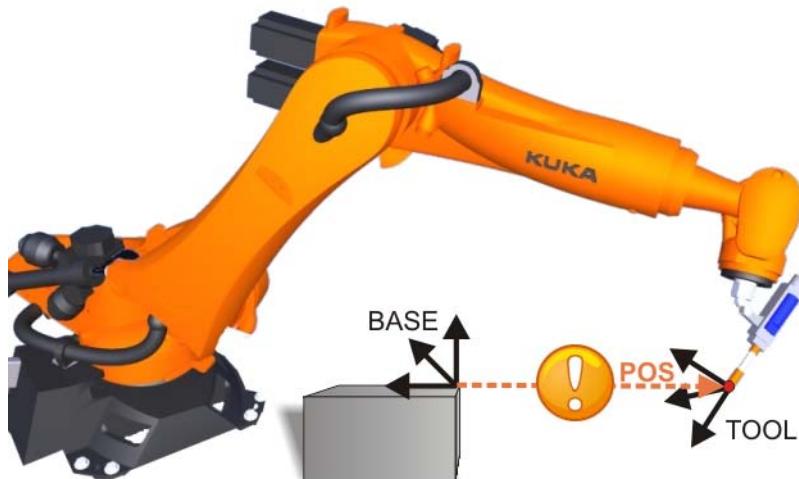


Fig. 6-22: Memorización de las coordenadas de puntos en "Instrucción OK" y "TouchUp".

6.5 Modificación de las instrucciones de movimiento

Modificar instrucciones de movimiento Existen los motivos más diversos para modificar las instrucciones del movimiento:

Ejemplos de motivos	Modificación a llevar a cabo
La posición de la pieza que se debe agarrar cambia.	Modificación de datos de posición
La posición de uno de los cinco orificios en la ejecución de los trabajos cambia.	
Un cordón de soldadura se debe acortar.	
La posición del palet cambia.	Modificación de los datos vectoriales: base y/o herramienta
Por error se ha realizado el aprendizaje de una posición con la base incorrecta.	Modificación de los datos vectoriales: base y/o herramienta con actualización de la posición
Los trabajos se ejecutan demasiado lentamente: se debe mejorar el tiempo de ciclo.	Modificación de los datos de movimientos: Velocidad, aceleración Modificación del tipo de movimiento

Efectos al modificar las instrucciones de movimiento

Modificar los datos de posición

- Solo cambian los datos de ese punto: el punto recibe coordenadas nuevas, ya que los valores se actualizaron con "TouchUp".
- Las coordenadas anteriores se sobrescriben y, por consiguiente, dejan de estar disponible.

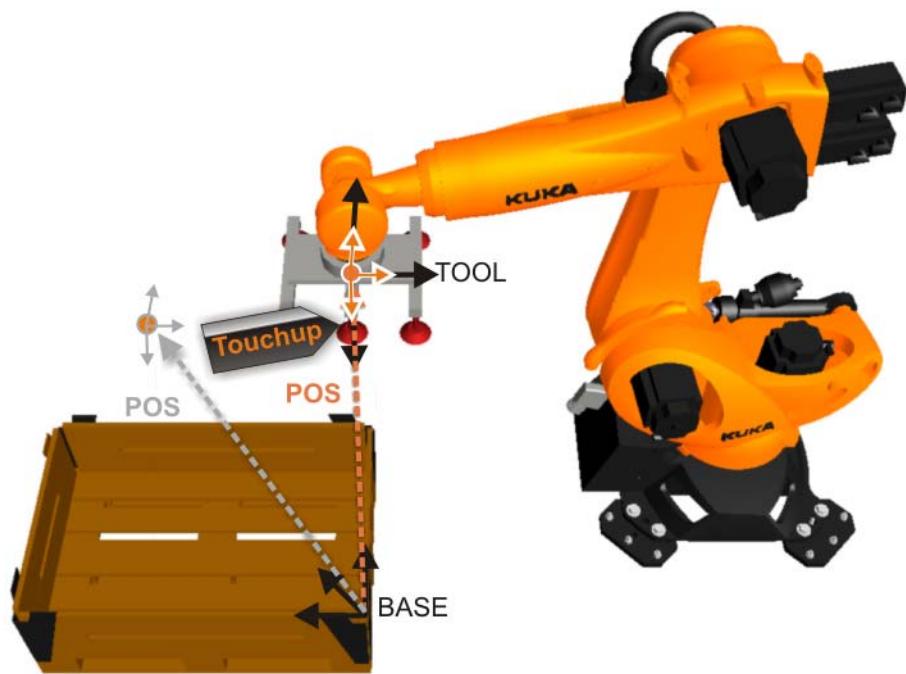


Fig. 6-23: Modificación de la posición del robot con "TouchUp"

Modificación de datos vectoriales

- Al cambiar los datos vectoriales (por ejemplo, Tool, Base) se produce un corrimiento de la posición (comp. "Datos de desplazamiento")
- De ese modo cambia la posición del robot.
Las coordenadas antiguas del punto siguen guardadas y válidas. Solo cambia la referencia (por ejemplo, la base).
- Puede sobrepasarse el campo de trabajo. Por ello el robot no puede alcanzar determinadas posiciones.
- Si el robot debe quedar en la misma posición pero, no obstante, han cambiado los parámetros vectoriales, después de modificar los parámetros (p. ej., base) en la posición deseada, se deben actualizar las coordenadas con "TouchUp".

ADVERTENCIA Además, aparece un aviso: "¡Atención, al cambiar los parámetros vectoriales referentes a los puntos, existe peligro de colisión!".

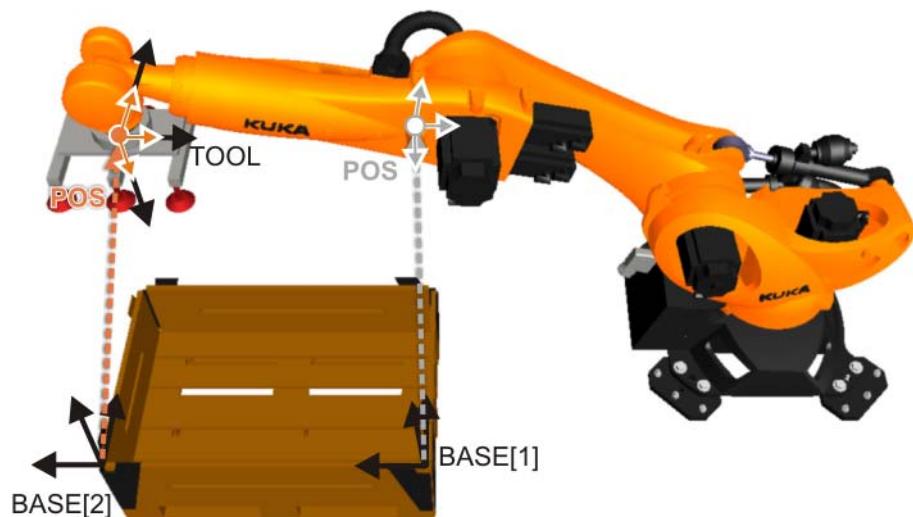


Fig. 6-24: Modificación de los datos vectoriales (ejemplo base)

Modificar los datos de movimiento

- Al cambiar la velocidad o la aceleración cambiar el perfil de marcha. Ello puede repercutir en el proceso de fabricación, sobre todo en las aplicaciones de trayectoria:
 - Espesor de un cordón de pegado.
 - Calidad de un cordón de soldadura.

Cambiar el tipo de movimiento

- Al cambiar el tipo de movimiento siempre cambia el cálculo de trayectoria. En determinados casos se podrían producir colisiones porque la trayectoria podría cambiar de forma imprevisible.

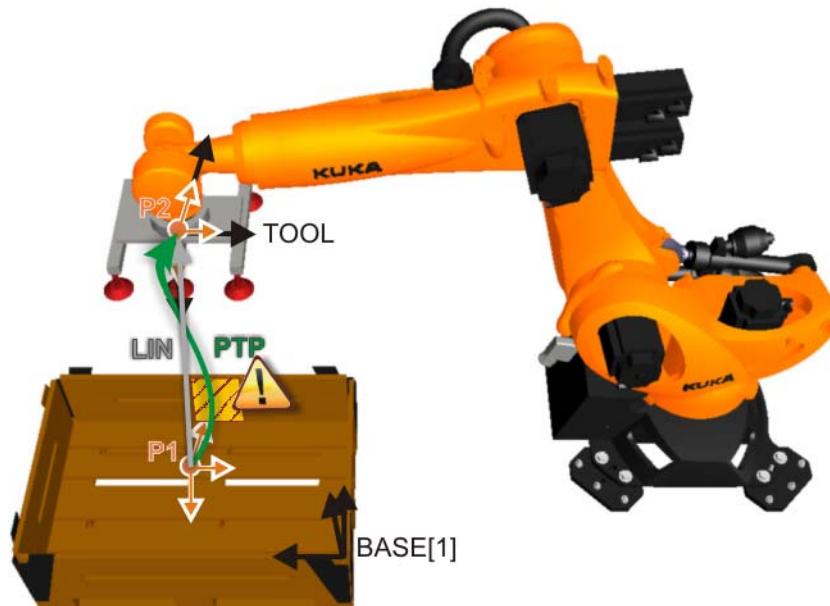


Fig. 6-25: Modificar el tipo de movimiento

Advertencias de seguridad al modificar instrucciones de movimiento

ADVERTENCIA En función del cambio que se debe efectuar en una instrucción del movimiento, el programa de robot se debe comprobar a velocidad reducida (modo de servicio T1). Si se inicia el programa inmediatamente a velocidad alta, el sistema y la instalación completa pueden sufrir daños porque los movimientos son imprevisibles. Si una persona se encuentra en la zona de peligro, pueden causarse lesiones con peligro de muerte.

Modificar los parámetros de movimiento - Vectores

1. Colocar el cursor en la línea de la instrucción que se debe modificar.
2. Pulsar **Modificar**. Se abre el formulario inline para la instrucción.
3. Abrir la ventana de opciones Vectores.
4. Ajustar la nueva herramienta o base o TCP externo.
5. Confirmar el cuadro de diálogo ¡Atención, al cambiar los parámetros vectoriales referentes a los puntos, existe peligro de colisión! pulsando **OK**.
6. Si se desea **conservar la posición actual del robot** con los ajustes modificados de herramienta y/o base, es necesario pulsar la tecla **TouchUp** para volver a calcular y guardar la posición actual.
7. Guardar la modificación pulsando **Instrucción OK**.

ADVERTENCIA Si se modifican los parámetros vectoriales, se debe volver a comprobar la ausencia de colisión de los programas.

Modificar posición	<p>Procedimiento para modificar la posición del robot:</p> <ol style="list-style-type: none">1. Ajustar el modo de servicio T1 y colocar el cursor en la línea con la instrucción que se debe modificar.2. Colocar el robot en la posición deseada.3. Pulsar Modificar. Se abre el formulario inline para la instrucción.4. Para movimientos PTP y LIN:<ul style="list-style-type: none">■ Pulsar TouchUp para aceptar la posición actual del TCP como nuevo punto de destino.Para movimientos CIRC:<ul style="list-style-type: none">■ Pulsar TouchUp PI para aceptar la posición actual del TCP como nuevo punto auxiliar.■ Pulsar TouchUp PF para aceptar la posición actual del TCP como nuevo punto de destino.5. Responder Sí a la pregunta de seguridad.6. Guardar los cambios con Instrucción OK.
Modificar los parámetros de movimiento	<p>Este procedimiento sólo se puede usar para realizar las modificaciones siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none">■ Tipo de movimiento■ Velocidad■ Aceleración■ Posicionamiento aproximado■ Distancia de aproximación <ol style="list-style-type: none">1. Colocar el cursor en la línea de la instrucción que se debe modificar.2. Pulsar Modificar. Se abre el formulario inline para la instrucción.3. Modificar parámetro.4. Guardar la modificación pulsando Instrucción OK.

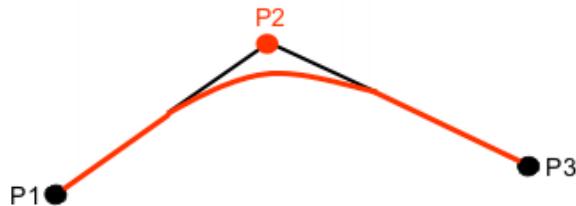


Si se modifican los parámetros de movimiento, se debe volver a comprobar la ausencia de colisión de los programas.

6.6 Ejercicio: Desplazamiento de trayectoria y posicionamiento aproximado

Objetivo del ejercicio	Después de completar correctamente este ejercicio, se dispondrá de la competencia necesaria para efectuar las siguientes tareas: <ul style="list-style-type: none">■ Creación de programas de desplazamiento sencillos con los tipos de desplazamiento PTP, LIN y CIRC■ Creación de programas de desplazamiento con puntos de parada exacta y posicionamiento aproximado■ Utilización de programas en el navegador (copiar, duplicar, renombrar, borrar)
Requisitos	<p>Los siguientes requisitos son necesarios para completar este ejercicio correctamente:</p> <ul style="list-style-type: none">■ Principios de la programación de desplazamiento con los tipos de desplazamiento PTP, LIN, CIRC

- Conocimientos teóricos del aproximado de desplazamientos



- Conocimientos teóricos de la posición HOME

Tarea sección A

Ejecutar las siguientes tareas: Creación de programa contorno de pieza 1

1. Cree un nuevo programa con la denominación **Contorno de pieza 1**
2. Programar por aprendizaje sobre la mesa de trabajo el contorno de pieza 1 utilizando la base azul y la clavija 1 como herramienta.
 - La velocidad de desplazamiento sobre la mesa de trabajo es de 0,3 m/s.
 - Tener en cuenta que el eje longitudinal de la herramienta siempre se encuentra en una posición vertical respecto al contorno de la trayectoria (control de la orientación).
3. Compruebe el programa en los modos de servicio T1, T2 y Automático. Se deben tener en cuenta las prescripciones de seguridad enseñadas.

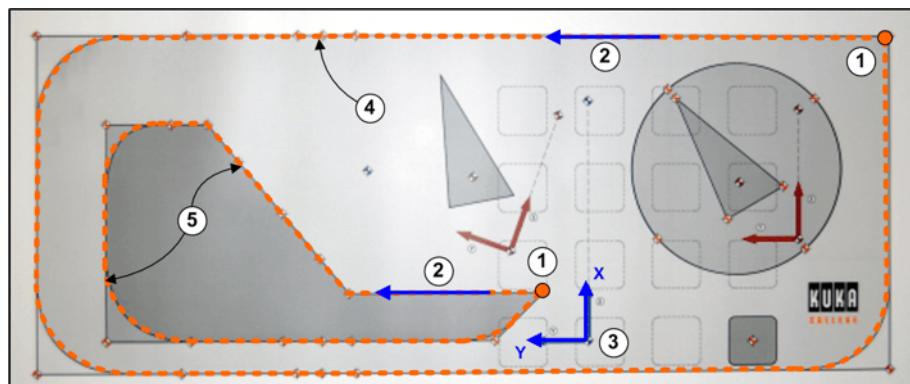


Fig. 6-26: Desplazamiento de trayectoria y posicionamiento aproximado: Contorno de pieza 1 y 2

- | | |
|--------------------------|--------------------------------|
| 1 Puntos de inicio | 2 Dirección del desplazamiento |
| 3 Base de referencia | 4 Contorno de la pieza 1 |
| 5 Contorno de la pieza 2 | |

Tarea sección B

Ejecutar las siguientes tareas: Copiar programa y posicionamiento aproximado

1. Cree un duplicado del programa Contorno de pieza 1 con la denominación **Pieza1_CONT**
2. Agregar la instrucción de aproximación en las instrucciones de desplazamiento del programa nuevo de tal modo que se desplace al contorno de modo continuo.
3. Las esquinas del contorno deben desplazarse con parámetros de aproximado diversos.
4. Compruebe el programa en los modos de servicio T1, T2 y Automático. Se deben tener en cuenta las prescripciones de seguridad enseñadas.

Tarea adicional	Ejecutar las siguientes tareas: Creación de programa contorno de pieza 2 1. Cree un segundo programa con la denominación Contorno de pieza 2 Utilizar la misma base y la misma herramienta. <ul style="list-style-type: none">■ La velocidad de desplazamiento sobre la mesa de trabajo es de 0,3 m/s.■ Tener en cuenta que el eje longitudinal de la herramienta siempre se encuentra en una posición vertical respecto al contorno de la trayectoria (control de la orientación). 2. Compruebe el programa en los modos de servicio T1, T2 y Automático. Se deben tener en cuenta las prescripciones de seguridad enseñadas. 3. Cree un duplicado del programa Contorno de pieza 2 con la denominación Pieza2_CONT 4. Agregar la instrucción de aproximación en las instrucciones de desplazamiento del programa nuevo de tal modo que se desplace al contorno de modo continuo. 5. Compruebe el programa en los modos de servicio T1, T2 y Automático. Se deben tener en cuenta las prescripciones de seguridad enseñadas.
	Lo que se debe saber tras el ejercicio:
	1. Cuales son las características de los movimientos LIN y CIRC?
	2. Como se indica la velocidad de desplazamiento de movimientos PTP, LIN y CIRC y cual es el punto de referencia de esta velocidad?
	3. Como se indica la distancia de aproximado de movimientos PTP, LIN y CIRC?
	4. ¿Cuáles son los puntos que deben tenerse en cuenta si se programan de nuevo las instrucciones CONT?
	5. ¿Qué debe tenerse en cuenta si se cambia la posición inicial?
	6. ¿Cuáles son los puntos que deben tenerse en cuenta si se corrigen o cambian los puntos programados?

6.7 Programación de movimiento con TCP externo

Programar movimientos con el TCP externo

Al programar movimientos con una herramienta fija, comparado con el movimiento estándar en este caso el movimiento presenta las diferencias siguientes:

- Identificación en el formulario inline: En la ventana de opciones **Vectores**, la entrada **TCP externo** debe estar en TRUE.

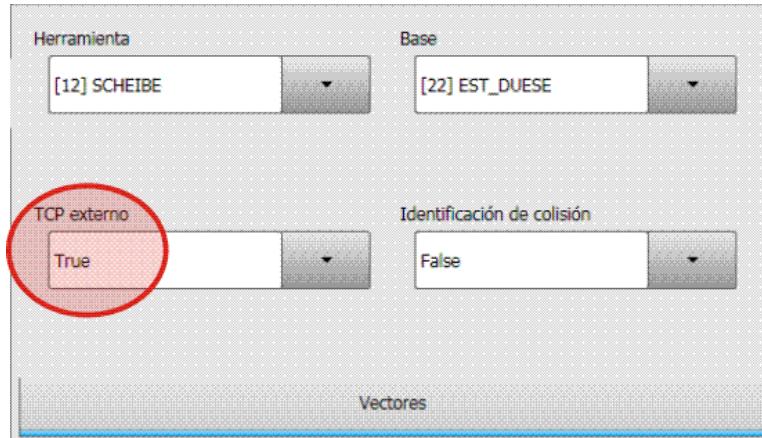


Fig. 6-27: Ventana de opciones "Vectores": TCP ext.

- La **velocidad de movimiento** está referenciada al TCP externo.
- La **orientación** a lo largo de la trayectoria está referenciada también al TCP externo.
- Se debe indicar tanto el sistema de coordenadas de base (herramienta fija / TCP externo) como el sistema de coordenadas de herramienta (pieza móvil).

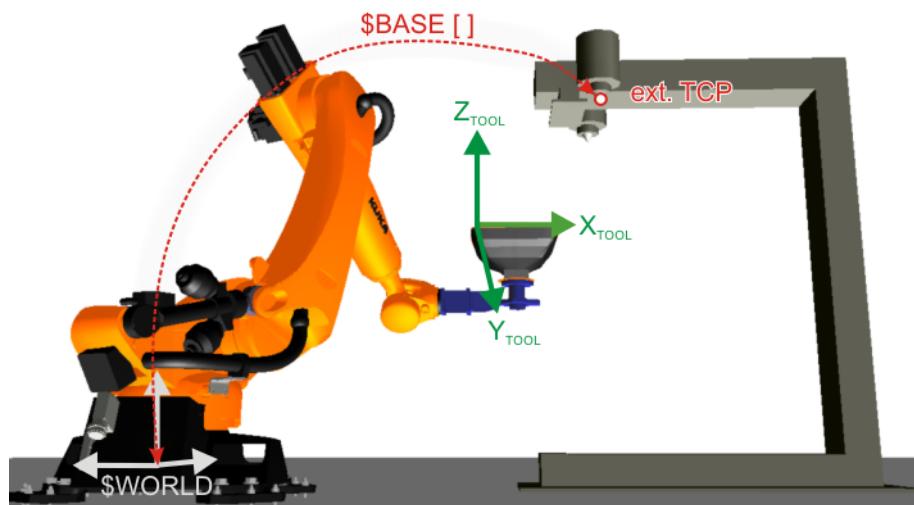


Fig. 6-28: Sistemas de coordenadas con herramienta fija

6.8 Ejercicio: Programación de movimientos con el TCP externo

Objetivo del ejercicio

Después de completar correctamente este ejercicio, se dispondrá de la competencia necesaria para efectuar las siguientes tareas:

- Programación de movimientos de una pieza desplazada por el robot respecto a una herramienta fija

Requisitos	<p>Los siguientes requisitos son necesarios para completar este ejercicio correctamente:</p> <ul style="list-style-type: none">■ Conocimientos de la activación de la herramienta externa al programar de movimientos.
Formulación	<p>Ejecutar las siguientes tareas: Programación del contorno para la aplicación de adhesivo</p> <ol style="list-style-type: none">1. Sujetar manualmente la placa en la garra.2. Programe por aprendizaje el contorno indicado sobre la placa con la denominación de programa Pegar_placa.<ul style="list-style-type: none">■ Utilizar para ello la herramienta externa medida Boquilla y la pieza Placa.■ Tener en cuenta que el eje longitudinal de la herramienta fija siempre debe encontrarse en una posición vertical respecto al contorno de pegado.■ La velocidad de desplazamiento sobre la placa es de 0,2 m/s3. Comprobar el programa según prescripción.4. Archivar el programa.

Lo que se debe saber tras el ejercicio:

1. ¿A qué está referenciada la velocidad de pegado programada?

.....
.....

2. Cómo se activa la herramienta externa en su programa?

.....
.....

7 Usar funciones lógicas en el programa del robot

7.1 Introducción a la programación lógica

Utilización de entradas y salidas en la programación lógica



Fig. 7-1: Entradas y salidas digitales

Para establecer la **comunicación con los periféricos** de la unidad de control de robot, se pueden utilizar **entradas y salidas digitales y analógicas**.

Definición

Término	Explicación	Ejemplo
Comunicación	Intercambio de señales a través de una interfaz	Consulta de un estado (garra abierta/cerrada)
Periféricos	"Ambiente"	Herramienta (p. ej., garra, pinzas de soldadura, etc.), sensores, sistemas de transporte del material, etc.
digital	Tecnología digital: señales de tiempo discreto y de valor discreto	Señal de sensor: la pieza está: valor 1 (TRUE/VERDADERO), la pieza no está: valor 0 (FALSE/FALSO)
analógico	Representación de una dimensión física	Medición de temperatura
Entradas	Las señales procedentes de la interfaz de bus de campo para el control	Señal de sensor: Garra abierta/garra cerrada
Salidas	Las señales enviadas a través de la interfaz de bus de campo para el control de los periféricos	Instrucción para la conexión de una válvula que provoca que se cierre un par de manipuladores

En la programación de robots de KUKA se utilizan señales de entrada y salida para instrucciones lógicas:

- **OUT** | Conexión de una salida en un lugar determinado del programa
- **WAIT FOR** | Función de espera dependiente de una señal: la unidad de mando espera una señal:
 - Entrada **IN**

- Salida **OUT**
- Señal horaria **TIMER**
- Dirección de memoria interna (indicador/memoria de 1 bit) **FLAG** o **CYCFLAG** (cuando se evalúe cíclicamente de manera constante)
- **WAIT** | Función de espera dependiente del tiempo: la unidad de mando espera en esta posición del programa durante un periodo de tiempo registrado

7.2 Programación de funciones de espera

Procesamiento en avance

La computarización en movimiento de avance lee (de manera invisible para el usuario) los pasos de movimiento en avance para poder permitir el control de la planificación de la trayectoria en instrucciones de aproximación. No sólo se ejecutan datos de movimiento con el avance sino también instrucciones aritméticas y de control de los periféricos.

```

1 DEF Depal_Box1( )
2
3 INI
4 PTP HOME Vel= 100 % DEFAULT
5 PTP P1 Vel=100 % PDAT1 Tool[5]:GRP1 Base[10]:STAT1
6 PTP P2 Vel=100 % PDAT2 Tool[5]:GRP1 Base[10]:STAT1 1
7 LIN P3 Vel=1 m/s CPDAT1 Tool[5]:GRP1 Base[10]:STAT1
8 OUT 26'' State=TRUE 2
9 LIN P4 Vel=1 m/s CPDAT2 Tool[5]:GRP1 Base[10]:STAT1
10 PTP P5 Vel=100 % PDAT3 Tool[5]:GRP1 Base[10]:STAT1 3
11 PTP HOME Vel=100 % PDAT4
12
13 END

```

Fig. 7-2: Procesamiento en avance

- 1 Posición del puntero de ejecución principal (barra gris)
- 2 Juego de instrucciones que activan una parada del movimiento de avance
- 3 Posible posición del puntero de movimiento de avance (no visible)

Algunas instrucciones crean una parada de la ejecución en avance. A éstas le pertenecen, entre otras, instrucciones que tengan influencia sobre la periferia, por ejemplo, instrucciones OUT (Cerrar garra, Abrir garra de soldadura). Si se para el puntero de movimiento de avance, no es posible un posicionamiento aproximado.

Funciones de espera

Las funciones de espera de un programa de movimiento son fácilmente programables a través de los formularios inline. Así, se distingue entre función de espera dependiente del tiempo y función de espera dependiente de señales.

Con **WAIT** se detiene el movimiento del robot durante un periodo de tiempo programado. WAIT genera una parada del procesamiento en avance.



Fig. 7-3: Formulario inline WAIT

Pos.	Descripción
1	Tiempo de espera ■ ≥ 0 s

Programa de ejemplo:

```
PTP P1 Vel=100% PDAT1
PTP P2 Vel=100% PDAT2
WAIT Time=2 sec
PTP P3 Vel=100% PDAT3
```

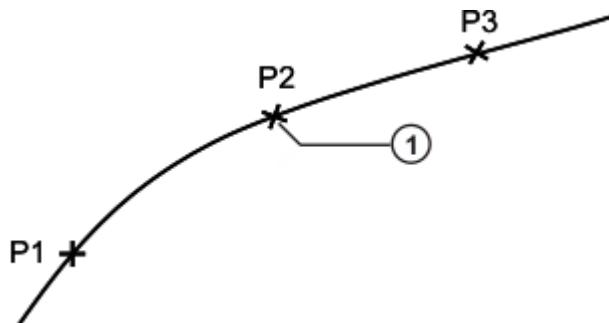


Fig. 7-4: Movimiento ejemplar para lógica

Pos.	Observación
1	El movimiento se interrumpe para 2 segundos en el punto P2.

WAIT FOR determina una función de espera dependiente de señales.

En caso necesario, pueden combinarse de forma lógica varias señales (máximo 12). Si se agrega una combinación lógica, en el formulario inline aparecen campos para las señales adicionales y para más combinaciones.

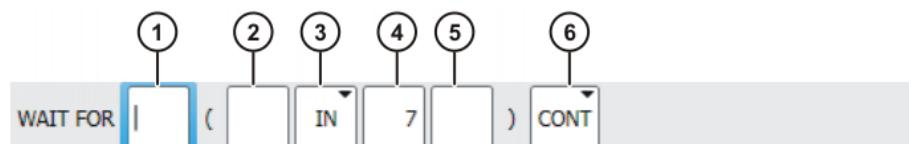


Fig. 7-5: Formulario inline WAITFOR

Pos.	Descripción
1	<p>Agregar la combinación lógica externa. El operador se ubica entre las expresiones colocadas entre paréntesis.</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ AND ■ OR ■ EXOR <p>Agregar NOT.</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ NOT ■ [vacío] <p>Agregar el operador deseado utilizando el correspondiente botón.</p>
2	<p>Agregar la combinación lógica interna. El operador se ubica dentro de una expresión colocada entre paréntesis.</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ AND ■ OR ■ EXOR <p>Agregar NOT.</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ NOT ■ [vacío] <p>Agregar el operador deseado utilizando el correspondiente botón.</p>
3	<p>Señal la cual se está esperando</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ IN ■ OUT ■ CYCFLAG ■ TIMER ■ FLAG
4	<p>Número de la señal</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 1 ... 4096
5	<p>Si la señal ya tiene nombre, éste se muestra.</p> <p>Sólo para el grupo del expertos:</p> <p>Pulsando en Texto largo puede introducirse un nombre. Se puede escoger cualquier nombre.</p>
6	<ul style="list-style-type: none"> ■ CONT: Procesamiento en movimiento de avance ■ [vacío]: Procesamiento con parada del movimiento de avance

ATENCIÓN

Durante la utilización de la entrada CONT debe asegurarse de que se va a consultar la señal en el movimiento de avance. Las modificaciones en la señal no se reconocen una vez transcurrido el periodo de avance.

Combinaciones lógicas

En la utilización de funciones de espera dependientes de señales se pueden utilizar también combinaciones lógicas. Gracias a las combinaciones lógicas se pueden combinar las consultas de diferentes señales o estados: p. ej., pueden tanto establecerse dependencias como excluirse determinados estados.

El resultado de una función con un operador lógico proporciona siempre un valor de verdad, es decir, el resultado final siempre es "VERDADERO" (valor 1) o "FALSO" (valor 0).



Fig. 7-6: Ejemplo y principio de una combinación lógica

Los **operadores** para las combinaciones lógicas son:

- **NOT** | este operador se utiliza para la negación, es decir, el valor se invierte (de "VERDADERO" pasa a "FALSO").
- **AND** | el resultado de la expresión es verdadero si ambas expresiones combinadas son verdaderas.
- **OR** | el resultado de la expresión es verdadero si al menos una de las expresiones combinadas es verdadera.
- **EXOR** | el resultado de la expresión es verdadero cuando ambas afirmaciones combinadas por este operador presentan diferentes valores de verdad.

Procesamiento con y sin movimiento de avance (CONT)

Las funciones de espera dependientes de señales pueden programarse con y sin el procesamiento en movimiento de avance. **Sin movimiento de avance** significa que, en cada caso, se detiene el movimiento en el punto y se controla la señal: (1) (=> Fig. 7-7). El punto tampoco puede repasararse.

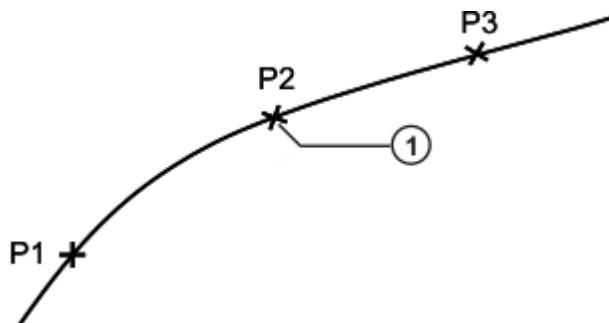


Fig. 7-7: Movimiento ejemplar para lógica

```
PTP P1 Vel=100% PDAT1
PTP P2 CONT Vel=100% PDAT2
WAIT FOR IN 10 'door_signal'
PTP P3 Vel=100% PDAT3
```

Con movimiento de avance, las funciones de espera dependientes de señales programadas permiten que se pueda repasar antes del punto creado antes de la línea de instrucción. No obstante, la anterior posición del puntero de movimiento de avance no es clara (valor estándar: tres conjuntos de movimientos), por lo que el momento exacto para el control de la señal es indefinido (1) (=> Fig. 7-8). Además, no se reconocerán las modificaciones en la señal tras el control de la señal.

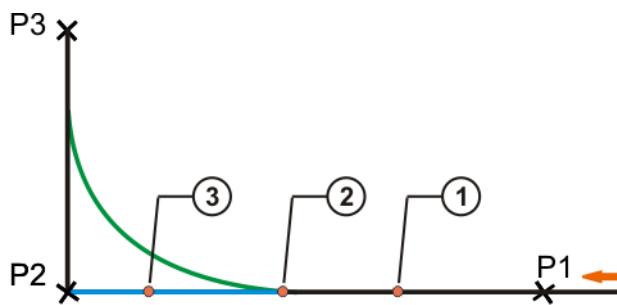


Fig. 7-8: Movimiento ejemplar para lógica con avance

```

PTP P1 Vel=100% PDAT1
PTP P2 CONT Vel=100% PDAT2
WAIT FOR IN 10 'door_signal' CONT
PTP P3 Vel=100% PDAT3

```

Procedimiento

1. Colocar el cursor en la línea detrás de la cual se insertará la instrucción lógica.
2. Seleccionar la secuencia de menú **Instrucciones > Lógica > WAIT FOR o WAIT**.
3. Declarar los parámetros en el formulario inline.
4. Guardar la instrucción pulsando **Instruc.OK**.

7.3 Programación de funciones de conmutación simples

Función de conmutación simple

Mediante una acción de conmutación puede enviarse una señal digital a los periféricos. Para ello, se utiliza el número de salida que se definió previamente para la interfaz.

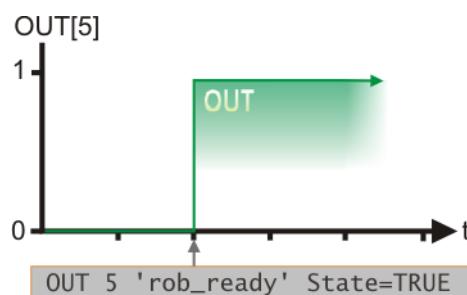


Fig. 7-9: Conectar estática

La señal será estática, es decir, se mantiene en tanto que la salida se ocupe con otro valor. La función de conmutación se ejecuta en el programa mediante un formulario inline:

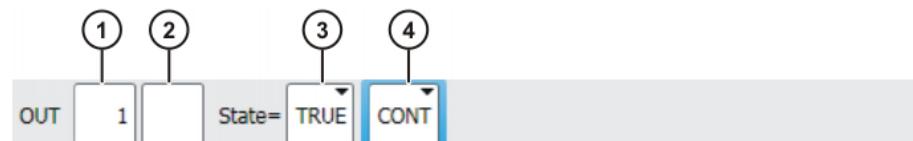


Fig. 7-10: Formulario inline OUT

Pos.	Descripción
1	Número de la salida ■ 1 ... 4096
2	Si para la salida existe ya un nombre, éste se muestra. Sólo para el grupo de expertos: Pulsando en Texto largo puede introducirse un nombre. Se puede escoger cualquier nombre.
3	Estado en el que la salida se conecta ■ TRUE ■ FALSE
4	■ CONT: Procesamiento en movimiento de avance ■ [vacío]: Procesamiento con parada del movimiento de avance

⚠ ATENCIÓN Durante la utilización de la entrada CONT debe asegurarse de que se va a establecer la señal en el movimiento de avance.

Funciones pulsadas de conmutación

Tal y como se produce en la función de conmutación simple, aquí también se modifica el valor para una salida. No obstante, con las pulsaciones se puede anular la señal transcurrido un periodo de tiempo definido.

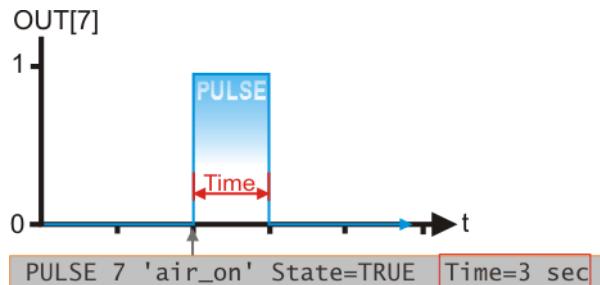


Fig. 7-11: Nivel pulsado

La programación se realiza también con un formulario inline en el que se determina un impulso con una duración determinada.

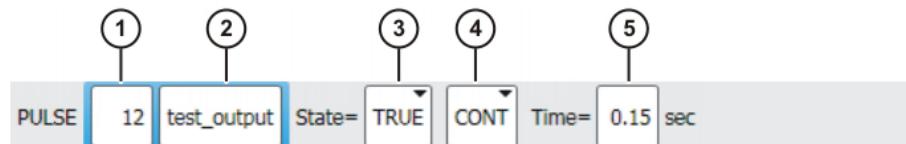


Fig. 7-12: Formulario inline PULSE

Pos.	Descripción
1	Número de la salida ■ 1 ... 4096
2	Si para la salida existe ya un nombre, éste se muestra. Sólo para el grupo de expertos: Pulsando en Texto largo puede introducirse un nombre. Se puede escoger cualquier nombre.
3	Estado en el que la salida se conecta ■ TRUE : Nivel "High" ■ FALSE : Nivel "Low"
4	■ CONT : Procesamiento en movimiento de avance ■ [vacío] : Procesamiento con parada del movimiento de avance
5	Longitud del impulso ■ 0,10 ... 3,00 s

Efectos de CONT en las funciones de conmutación

Si se suprime la entrada CONT en el formulario inline OUT, se fuerza una **parada del movimiento de avance** en el proceso de conmutación y se produce una parada exacta en el punto antes de la instrucción de conmutación. Tras establecer la salida se continúa con el movimiento.

```
LIN P1 Vel=0.2 m/s CPDAT1
LIN P2 CONT Vel=0.2 m/s CPDAT2
LIN P3 CONT Vel=0.2 m/s CPDAT3
OUT 5 'rob_ready' State=TRUE
LIN P4 Vel=0.2 m/s CPDAT4
```

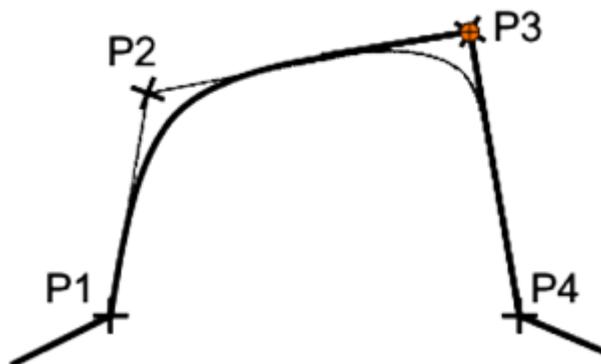


Fig. 7-13: Movimiento ejemplar con conmutación con parada del procesamiento en avance

El efecto producido por el establecimiento de la entrada CONT es que el puntero de movimiento de avance no se va a mantener (no se provoca ninguna parada del movimiento de avance). De este modo se puede aproximar un movimiento antes de la instrucción de conmutación. El establecimiento de la señal se produce en el **movimiento de avance**.

```
LIN P1 Vel=0.2 m/s CPDAT1
LIN P2 CONT Vel=0.2 m/s CPDAT2
LIN P3 CONT Vel=0.2 m/s CPDAT3
OUT 5 'rob_ready' State=TRUE CONT
LIN P4 Vel=0.2 m/s CPDAT4
```

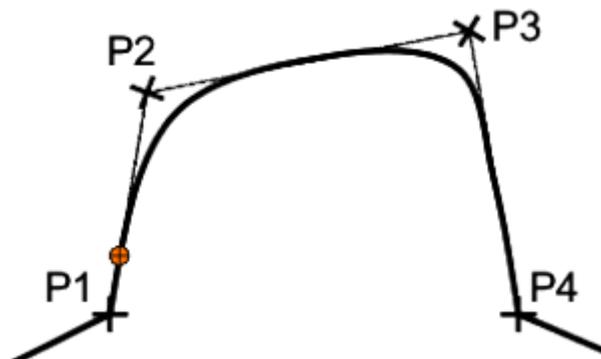


Fig. 7-14: Movimiento ejemplar con conmutación en el avance

⚠ ATENCIÓN

El valor estándar para el puntero de movimiento de avance es de tres líneas. No obstante, el movimiento de avance puede variar, es decir, debe tenerse en cuenta que el momento de conmutación no siempre es el mismo.

Procedimiento

1. Colocar el cursor en la línea detrás de la cual se insertará la instrucción lógica.
2. Seleccionar la secuencia de menú **Instrucciones > Lógica > OUT > OUT o PULSE**.
3. Declarar los parámetros en el formulario inline.
4. Guardar la instrucción pulsando **Instruc.OK**.

7.4 Programación de funciones de conmutación de trayectoria

En general

Es posible utilizar una función de conmutación de trayectoria para establecer una salida en un punto concreto de la trayectoria sin tener que interrumpir el movimiento del robot. En este caso, se distingue entre la conmutación "estática" (SNY OUT) y la "dinámica" (SYN PULSE). Así, para la conmutación de

un SYN OUT 5 se utiliza la misma señal que para un SYN PULSE 5, pero el modo en que se va a conectar es diferente.

Opción Start/End

Una función de conmutación puede ser disparada con referencia al punto de arranque o al de destino dentro de un paso de movimiento. La función de conmutación puede **aplazarse en el tiempo**. El paso de movimiento de referencia puede ser un movimiento LIN, CIRC o PTP.

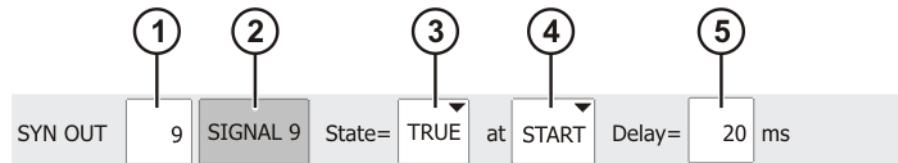


Fig. 7-15: Formulario inline SYN OUT, opción START

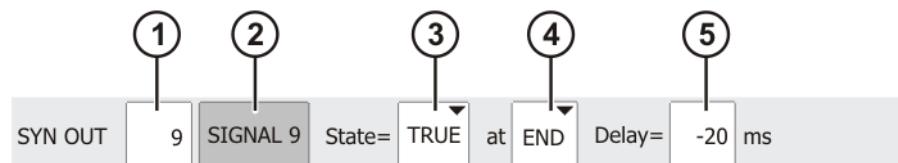


Fig. 7-16: Formulario inline SYN OUT, opción END

Pos.	Descripción	Rango de valores
1	Número de la salida	1 ... 4096
2	Si para la salida existe ya un nombre, éste se muestra. Sólo para el grupo del expertos: Pulsando la tecla de función Texto largo puede introducirse un nombre.	A libre elección
3	Estado, al cual se ha de activar o colocar la salida.	TRUE, FALSE
4	Punto en el que se conecta <ul style="list-style-type: none"> ■ START: se conmuta referido al punto de inicio del paso de movimiento. ■ END: se conmuta referido al punto de destino del paso de movimiento. 	START, END Opción PATH:
5	Desplazamiento en el tiempo de la acción de conmutación Indicación: El tiempo se indica en valores absolutos. La posición del punto de conmutación se modifica en función de la velocidad del robot.	-1000 ... +1000 ms

Opción PATH

Con la opción PATH es posible activar una función de conmutación con referencia al punto de destino de un paso de movimiento. La acción de conmutación puede ser desplazada en el espacio y/o en el tiempo. El paso de movimiento de referencia puede ser un movimiento LIN o CIRC. **No** puede ser un movimiento PTP.

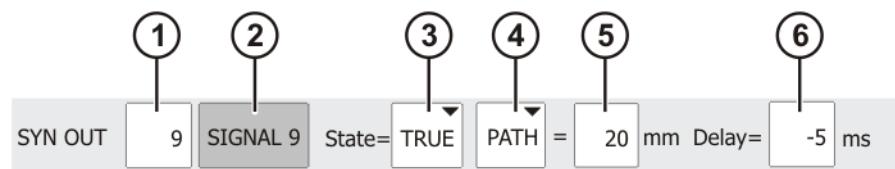


Fig. 7-17: Formulario inline SYN OUT, opción Path

Pos.	Descripción	Rango de valores
1	Número de la salida	1 ... 4096
2	Si para la salida existe ya un nombre, éste se muestra. Sólo para el grupo del expertos: Pulsando la tecla de función Texto largo puede introducirse un nombre.	A libre elección
3	Estado, al cual se ha de activar o colocar la salida.	TRUE, FALSE
4	Punto en el que se conecta PATH: se comunica referido al punto de destino del paso de movimiento.	START, END Opción PATH:
5	Desplazamiento en el espacio de la acción de conmutación Indicación: la indicación del lugar hace clara referencia al punto de destino del paso de movimiento. Así, la posición del punto de conmutación no se modifica modificando la velocidad del robot.	-1000 ... +1000 ms
6	Desplazamiento en el tiempo de la acción de conmutación Indicación: El desplazamiento en el tiempo está relacionado con el desplazamiento en el espacio.	

Efecto de la opciones de conmutación Start/End

Programa de ejemplo 1: opción Start

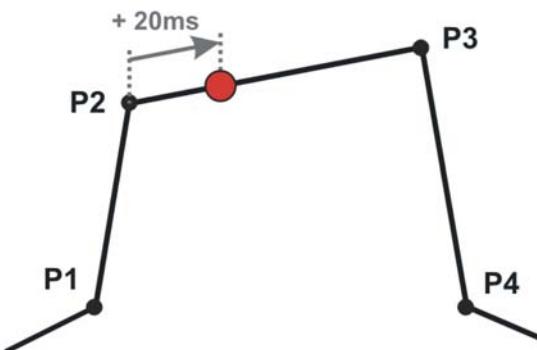


Fig. 7-18: Arranque SYN OUT con retraso positivo

```

LIN P1 VEL=0.3m/s CPDAT1
LIN P2 VEL=0.3m/s CPDAT2
;Schaltfunktion bezogen auf P2
SYN OUT 8 'SIGNAL 8' State= TRUE at Start Delay=20ms
LIN P3 VEL=0.3m/s CPDAT3
LIN P4 VEL=0.3m/s CPDAT4

```

Programa de ejemplo 2: Opción Start con CONT y retraso positivo

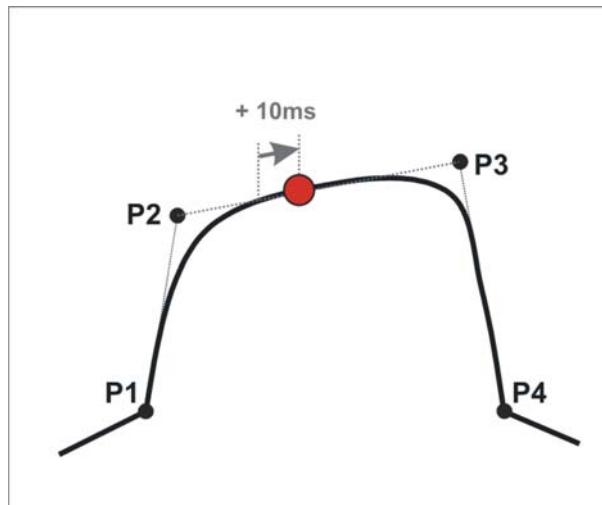


Fig. 7-19: Arranque SYN OUT con CONT y retraso positivo

```

LIN P1 VEL=0.3m/s CPDAT1
LIN P2 CONT VEL=0.3m/s CPDAT2
;Schaltfunktion bezogen auf P2
SYN OUT 8 'SIGNAL 8' State= TRUE at Start Delay=10ms
LIN P3 CONT VEL=0.3m/s CPDAT3
LIN P4 VEL=0.3m/s CPDAT4

```

Programa de ejemplo 3: Opción End con retraso negativo

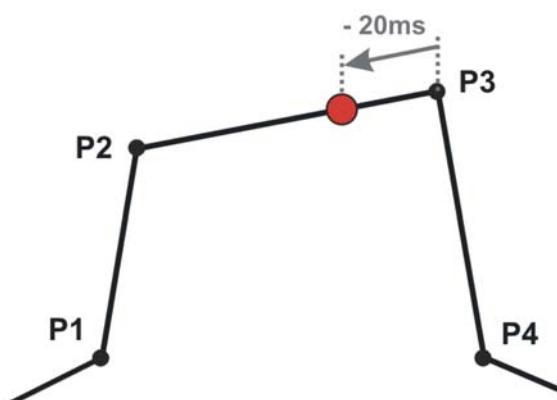


Fig. 7-20: SYN OUT END con retraso negativo

```

LIN P1 VEL=0.3m/s CPDAT1
LIN P2 VEL=0.3m/s CPDAT2
;Schaltfunktion bezogen auf P3
SYN OUT 9 'SIGNAL 9' Status= TRUE at End Delay=-20ms
LIN P3 VEL=0.3m/s CPDAT3
LIN P4 VEL=0.3m/s CPDAT4

```

Programa de ejemplo 4: Opción End con CONT y retraso negativo

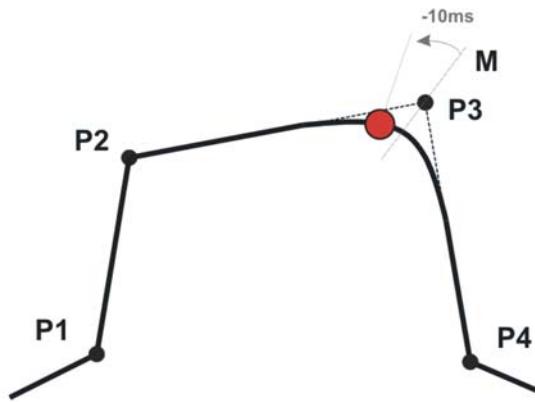


Fig. 7-21: SYN OUT con opción END con retraso negativo

```

LIN P1 VEL=0.3m/s CPDAT1
LIN P2 VEL=0.3m/s CPDAT2
;Schaltfunktion bezogen auf P3
SYN OUT 9 'SIGNAL 9' Status= TRUE at End Delay=-10ms
LIN P3 VEL=0.3m/s CPDAT3
LIN P4 VEL=0.3m/s CPDAT4

```

Programa de ejemplo 5: Opción End con CONT y retraso positivo

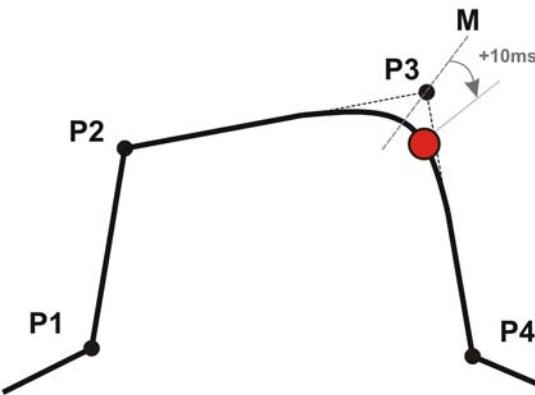


Fig. 7-22: SYN OUT con opción END con retraso positivo

```

LIN P1 VEL=0.3m/s CPDAT1
LIN P2 VEL=0.3m/s CPDAT2
;Schaltfunktion bezogen auf P3
SYN OUT 9 'SIGNAL 9' Status= TRUE at End Delay=10ms
LIN P3 VEL=0.3m/s CPDAT3
LIN P4 VEL=0.3m/s CPDAT4

```

Límites de comutación sin CONT:

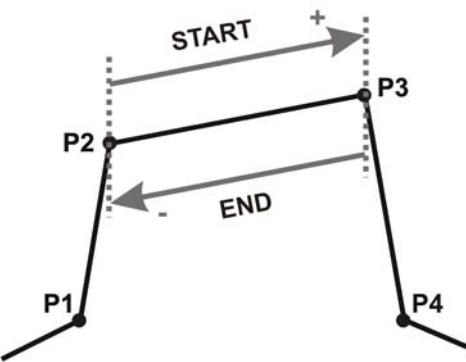


Fig. 7-23: Límites de comutación, opción Start/End sin CONT

Límites de comutación con CONT:

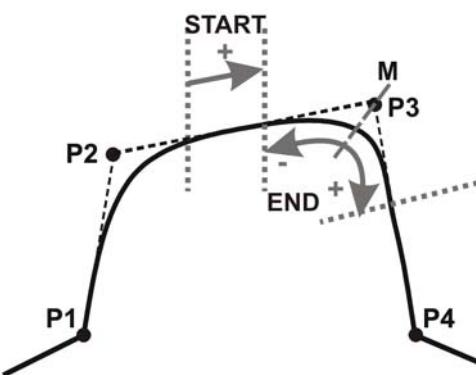


Fig. 7-24: Límites de comutación, opción Start/End con CONT

Efecto de la opción de comunicación Path

Programa de ejemplo:

Debe conectarse una fresadora en la trayectoria. El procesamiento del componente debe iniciarse libremente a 20 mm de P3. Para que la fresadora alcance su velocidad máxima a 20 mm de P3 (path = 20), debe haberse conectado 5 ms antes (retraso = -5 ms).

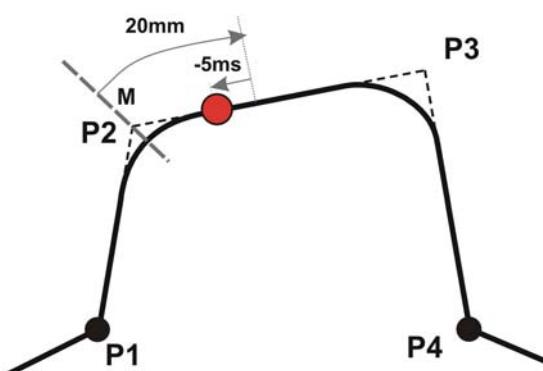


Fig. 7-25

```

LIN P1 VEL=0.3m/s CPDAT1
;Schaltfunktion bezogen auf P2
SYN OUT 9 'SIGNAL 9' Status= True Path=20 Delay=-5ms
LIN P2 CONT VEL=0.3m/s CPDAT2
LIN P3 CONT VEL=0.3m/s CPDAT3
LIN P4 VEL=0.3m/s CPDAT4

```

Límites de conmutación

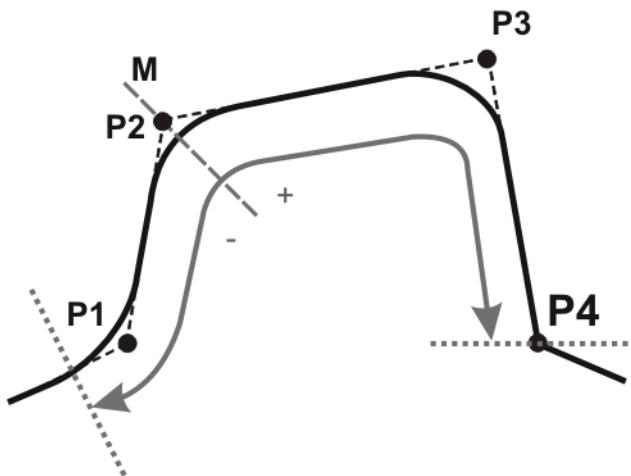


Fig. 7-26

Procedimiento

1. Colocar el cursor en la línea detrás de la cual se insertará la instrucción lógica.
2. Seleccionar la secuencia de menú **Instrucciones > Lógica > OUT > SYN OUT o SYN PULSE**.
3. Declarar los parámetros en el formulario inline.
4. Guardar la instrucción pulsando **Instruc.OK**.

7.5 Ejercicio: Instrucciones lógicas y funciones de conmutación**Objetivo del ejercicio**

Después de completar correctamente este ejercicio, se dispondrá de la competencia necesaria para efectuar las siguientes tareas:

- Programar instrucciones lógicas sencillas
- Efectuar funciones de conmutación sencillas
- Efectuar funciones de conmutación referidas a la trayectoria
- Programar funciones de espera dependientes del estado de señales

Requisitos

Los siguientes requisitos son necesarios para completar este ejercicio correctamente:

- Conocimientos teóricos de la programación de instrucciones lógicas sencillas
 - Conocimientos de funciones de conmutación sencillas
 - Conocimientos de funciones de impulso sencillas
 - Conocimientos de funciones de conmutación en función de la trayectoria
 - Conocimientos de funciones de impulso en función de la trayectoria
 - Conocimientos de funciones de espera

Formulación

Ejecutar las siguientes tareas: Programación lógica contorno de pieza 1 con aplicación de adhesivo

1. Cree un duplicado del programa Pieza1_CONT con la denominación **Contorno de pegado**
2. Amplíe el programa por la funcionalidad lógica siguiente:
 - Antes de abandonar la posición HOME, el PLC debe producir una señal de habilitación (entrada 11).
 - 0,5 segundos antes de alcanzar la pieza, la boquilla de pegamento debe activarse (salida 13).
 - En el punto de transición del plano a la curvatura de la pieza debe comutarse una lámpara de señal que debe apagarse de nuevo en el punto de transición de la curvatura al plano (salida 12).
 - 0,75 segundos antes de abandonar la pieza, la boquilla de pegamento debe desactivarse de nuevo (salida 13).
 - 50 mm antes de terminar el tratamiento de la pieza, el PLC debe recibir un aviso de tarea finalizada. La señal (salida 11) para el PLC debe estar presente durante 2 segundos.
3. Comprobar el programa según prescripción.

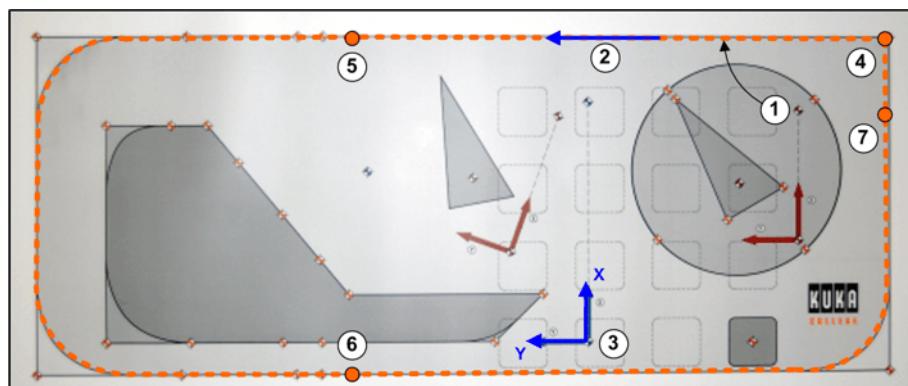


Fig. 7-27: Entradas y salidas: Aplicación de adhesivo

- | | |
|---------------------------------------|--|
| 1 Contorno de la pieza 1 | 2 Dirección del desplazamiento |
| 3 Base de referencia | 4 Punto de inicio y punto final del componente |
| 5 Transición plano - curvatura | 6 Transición curvatura - plano |
| 7 Punto antes del extremo de la pieza | |

Preguntas sobre el ejercicio

1. ¿Cuál es la diferencia entre las instrucciones OUT y OUT CONT? ¿Qué debe tenerse en cuenta?
-
-

2. ¿En qué se diferencian las instrucciones PULSE y OUT?
-
-

3. ¿Cuando se utilizan las indicaciones SYN OUT?
-
-

4. ¿Existen restricciones para las instrucciones SYN OUT Path en relación con la programación de movimiento?
-

-
-
5. ¿Cuáles son los peligros que se presentan al utilizar la instrucción WAIT FOR con una instrucción CONT?
-
-

8 Uso de variables

8.1 Indicación y modificación de valores de variables

Resumen de variables Las variables son marcadores de posición para las unidades de cálculo ("valores") que se presentan durante un proceso computarizado. Las variables se identifican mediante su espacio de almacenamiento, tipo, nombre y contenido.

Variable	
Luego almac.	local / global
Tipo	Nro. entero/nro. decimal, verd./falso, carácter
Nombre	Nombre
Valor	Contenido / valor

Fig. 8-1: Identificación de variables

El espacio de almacenamiento para una variable es de gran importancia para su validez. Una variable global está instalada en los archivos del sistema y es válida para todos los programas. Una variable local está instalada en el programa de aplicación y, por tanto, es válida únicamente para el programa en curso (y, así, únicamente será legible).

Ejemplos de variables utilizadas

Variable	Espacio de almacenamiento	Tipo	Nombre	Valor
Herramienta actual	global variable del sistema de KUKA	Número entero	\$ACT_TOOL	5
Base actual	global variable del sistema de KUKA	Número entero	\$ACT_BASE	12
Contador de piezas	local programa de aplicación	Número entero	Contador	3
Valor angular negativo para el interruptor de final de carrera de software del eje 2	global machine.dat	Número decimal	\$SoftN_End[2]	-104.5
Estado de error	global p. ej. en config.dat	Valor VERDADERO/FALSO	Avería	true

Disponibilidad y validez de las variables en la visualización

El espacio de almacenamiento necesario para una variable es de gran relevancia para sus posibilidades de visualización:

- **global** | Si la variable es global, puede visualizarse en cualquier momento. En tal caso, la variable debe estar almacenada en un archivo de sistema (p. ej., config.dat, machine.dat) o almacenada como variable global en una lista de datos local.
- **local** | Estas variables pueden diferenciarse entre variables locales en el programa Archivo (.src) o locales en la lista de datos local (*.dat). En caso de que la variable esté declarada en el archivo .src, existe en tanto que se ejecute el programa. En este caso se denominan "variables de duración temporal". En caso de que haya una variable declarada localmente en el

archivo .dat, únicamente la reconoce el programa correspondiente pero mantiene su valor tras seleccionar el programa.

Mostrar y modificar el valor de una variable

1. Seleccionar en el menú principal la secuencia **Indicación > Variable > Únicos**.

Se abre la ventana **Variables Indicación-Únicos**.

2. Introducir el nombre de la variable en el campo **Nombre**.
3. Cuando un programa está seleccionado, el programa se incluye automáticamente en el campo **Módulo**.

Si debe mostrarse una variable de otro programa, introducir el programa como sigue:

/R1/Nombre de programa

No indicar ninguna carpeta entre /R1/ y el nombre del programa. No indicar ninguna extensión de fichero al nombrar el programa.

4. Pulsar la tecla Enter.

En el campo **Valor actual** se visualiza el valor actual de la variable. Si no se indica nada, entonces significa que todavía no se ha asignado ningún valor a la variable.

5. Introducir el valor que se desee en el campo **Nuevo valor**.
6. Pulsar la tecla Enter.

En el campo **Valor actual** aparece el nuevo valor.

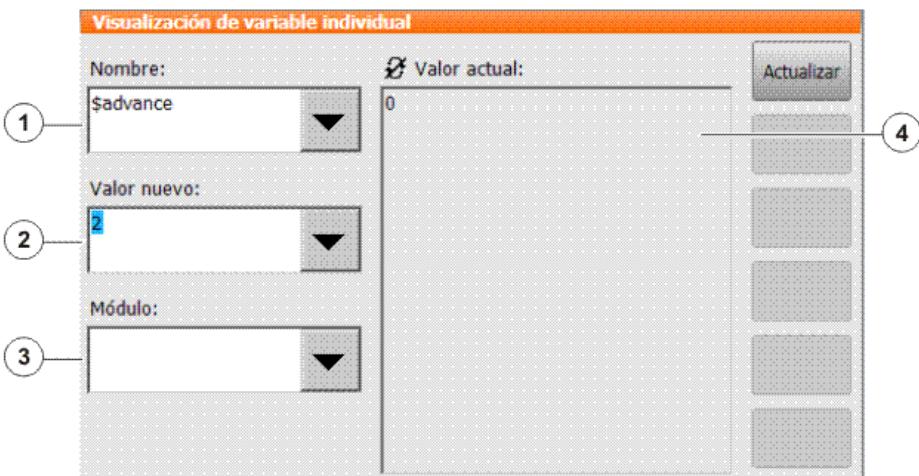


Fig. 8-2: Ventana Mostar variable, individual

Pos.	Descripción
1	Nombre de la variable que debe modificarse.
2	Nuevo valor que se debe asignar a la variable.
3	Programa en el cual se busca la variable. En las variables del sistema el campo Módulo no es relevante.
4	Este campo tiene dos estados: <ul style="list-style-type: none"> ■ : el valor mostrado no se actualiza de forma automática. ■ : el valor mostrado se actualiza de forma automática. Para alternar entre los diferentes estados: <ul style="list-style-type: none"> ■ pulsar Actualizar.

8.2 Consultar los estados del robot

Valores internos del sistema Pueden obtenerse muchas informaciones relativas al estado del robot mediante la consulta de valores internos del sistema. Estos valores pueden consultarse en cualquier momento.



Estos valores internos del sistema se denominan "Variables del sistema"

Una *variable* es un espacio de almacenamiento reservado. Este espacio de almacenamiento (también denominado "Marcador de posición para valores") dispone siempre de un nombre y una dirección determinada en la memoria del ordenador.

Para consultar los estados del robot se dispone, entre otras, de las siguientes variables de sistema:

- Temporizador (Timer)
- Indicadores (Flag)
- Contador
- Las señales de entrada y salida (IN/OUT) también se administran como variables del sistema.

Variable del sistema	Ejemplo de utilización de la consulta
\$TIMER[1..64]	Comprobación de tiempos de espera del robot (refrigeración de componentes, tiempo de espera debido a la duración del proceso, etc.)
\$FLAG[1..1024] \$CYCFLAG[1..256]	Los indicadores que se colocaron en un lugar del programa también pueden consultarse fuera del programa (global) Los indicadores cíclicos se evalúan permanentemente de manera adicional.
I[1..20]	Contador que se encarga de contar las operaciones de procesamiento
\$IN[1..4096]	Comprobar si hay una garra abierta o cerrada (los sensores de la garra comunican el estado a través de una señal de entrada)
\$OUT[1..4096]	Comprobar una instrucción de la garra (una señal de salida se encarga de transmitir una instrucción a los actuadores de la garra)

Características de variables del sistema

Las variables del sistema de KUKA empiezan siempre con un símbolo "\$". Estas variables se pueden consultar siempre, pues siempre son válidas. Como espacio de almacenamiento se utilizan las listas de datos globales.

Visualización de informaciones del sistema

Procedimiento para visualizar marcas, contadores y temporizadores:

- Seleccionar en el menú principal la secuencia **Indicación > Variable**.

Se pueden seleccionar diferentes variables del sistema:

- **Marcas cíclicas**
- **Marcas**
- **Contador**
- **Temporizador**

Procedimiento para visualizar entradas y salidas:

- Seleccionar en el menú principal la secuencia **Indicación > Entradas/salidas > Entradas digitales o Salidas digitales**.

8.3 Ejercicio: Visualización de variables del sistema

Objetivo del ejercicio	Después de completar correctamente este ejercicio, se dispondrá de la competencia necesaria para efectuar las siguientes tareas:
	<ul style="list-style-type: none">■ Abrir la visualización de las variables■ Visualización de variables del sistema
Requisitos	Los siguientes requisitos son necesarios para completar este ejercicio correctamente: <ul style="list-style-type: none">■ Conocimientos teóricos sobre la visualización de variables del sistema■ Conocimientos teóricos sobre variables del sistema
Formulación	Ejecutar las siguientes tareas: <ol style="list-style-type: none">1. Abrir la visualización de las variables2. Permitir la visualización de la posición inicial actual (nombre de la variable: XHOME)3. Permitir la visualización de la posición actual del robot (nombre de la variable: \$pos_act)4. Determinar la posición del interruptor de final de carrera del software para los ejes 1 a 3 del robot (nombre de la variable: \$softn_end[eje] y \$softp_end[eje])5. Determinar el valor del puntero de movimiento de avance (nombre de la variable: \$advance)

9 Utilizar paquetes tecnológicos

9.1 Manejo de las garras con KUKA.GripperTech

Paquete de tecnología KUKA.Gripper&SpotTech es un paquete software de tecnología para instalación posterior. Simplifica la utilización de una garra con respecto a:

KUKA.GripperTech Para el servicio de la garra son necesarias las siguientes teclas de estado:

Tecla de estado	Descripción
1	<p>Seleccionar la garra.</p> <p>Se muestra el número de la garra.</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Al accionar la tecla superior se cuentan empezando desde arriba. ■ Al accionar la tecla inferior se cuentan empezando desde abajo.
	<p>Cambiar entre los diferentes estados de la garra (p. ej., abrir o cerrar).</p> <p>No se muestra el estado actual. Los estados disponibles dependen del tipo de garra configurado. En el caso de pinzas de soldadura: los estados disponibles dependen de la configuración del control manual de la pinza.</p>

Procedimiento para el manejo de las garras

AVISO

Antes de poder manejar una garra con las teclas de estado, estas deberán activarse.

Seleccionar en el menú principal la secuencia **Configuración > Teclas de estado > GripperTech**.

ADVERTENCIA

¡Advertencia!

Al utilizar el sistema de garras existe riesgo de aplastamiento y corte. Aquellos que manejen las garras deben asegurarse de que no puedan quedar atrapados.

1. Seleccionar la garra con la tecla de estado.



2. Activar el modo de servicio T1 o T2.
3. Accionar el pulsador de validación.
4. Manejar la garra con la tecla de estado.



9.2 Programación de garra con KUKA.GripperTech

Programación de instrucciones de la garra Con el paquete de tecnología KUKA.GripperTech es posible programar directamente en el programa seleccionado las instrucciones de la garra utilizando los formularios inline ya preparados. Existen dos instrucciones disponibles:

- **SET Gripper** | Instrucción para abrir/cerrar la garra en el programa
- **CHECK Gripper** | Instrucción para comprobar la posición de la garra

Funciones de la programación de garra

Instrucción de garra durante el movimiento

- Básicamente, es posible programar la instrucción de garra de tal manera que se ejecute respecto al punto de inicio o de destino.
- Por tanto, en el formulario inline únicamente necesario activar la entrada **CONT** e introducir la duración del retraso en ms (**Retraso**)
-

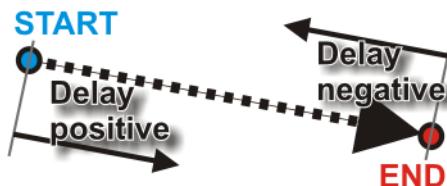


Fig. 9-1: Esquema de retardo

ADVERTENCIA

Debe seleccionarse una instrucción de garra con procesamiento durante el movimiento, ya que el uso imprudente puede provocar daños personales o materiales por piezas suspendidas o colisiones.

Ajustes de garra a aplicar durante la parada exacta

-

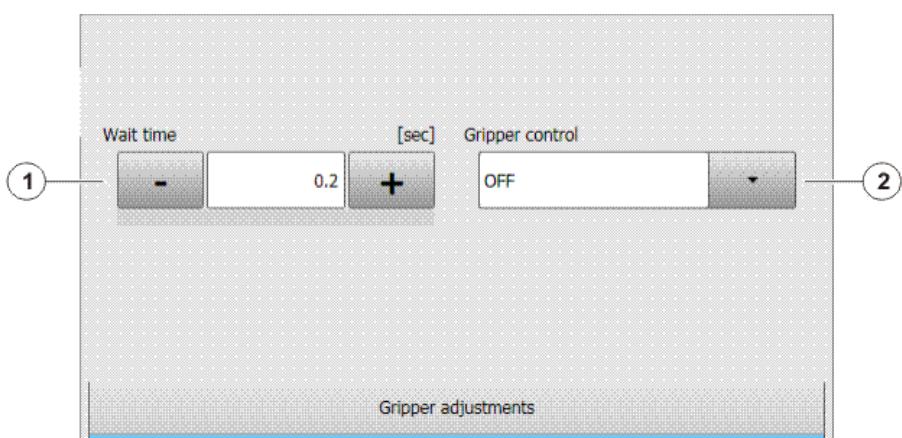


Fig. 9-2: Ajustes de garra

■ Utilizar el control de las garras:

- En caso de que el control de las garras se active con **ON**, se consultará la técnica de sensores parametrizada.
- En caso de respuesta defectuosa de los sensores, se produce un error de Timeout con la posibilidad de realizar una simulación del sensor en modo de prueba.
- En caso de que no se desconecte el control de las garras con **OFF**, se esperará durante el tiempo de espera parametrizado antes de continuar con el programa.

Procedimiento para la programación de garra

Procedimiento

1. Seleccionar la secuencia de menú **Instrucciones > GripperTech > Gripper**.
2. Declarar los parámetros en el formulario inline.
3. Guardar con **Instrucción OK**.

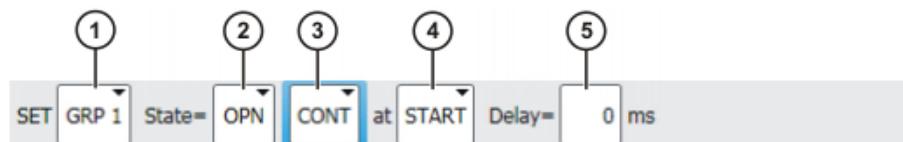


Fig. 9-3: Formulario inline Gripper con aproximación

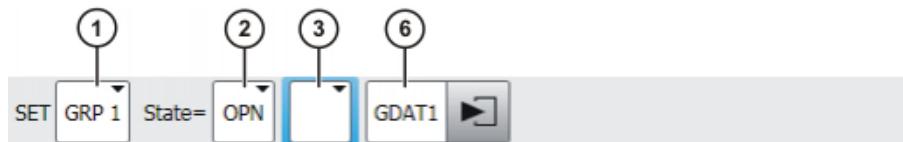


Fig. 9-4: Formulario inline Gripper sin posicionamiento aproximado

Pos.	Descripción
1	Seleccionar la garra. ■ en la selección se incluyen todas las garras configuradas.
2	Seleccionar el estado de comutación de la garra. ■ La cantidad depende del tipo de garra. ■ La denominación depende de la configuración.
3	Procesamiento en movimiento de avance. ■ CONT : Procesamiento en movimiento de avance. ■ [vacío]: Procesamiento con parada del movimiento de avance.
4	El campo únicamente está disponible al seleccionar CONT . ■ START : La acción de garra se realiza en el punto de inicio del movimiento. ■ END : La acción de garra se realiza en el punto de destino del movimiento.
5	El campo únicamente está disponible al seleccionar CONT . Determinar el tiempo de espera en el cual se ejecuta la función de garra respecto al punto de inicio o de destino del movimiento. ■ -200 ... 200 ms
6	Juego de datos con parámetros de garra

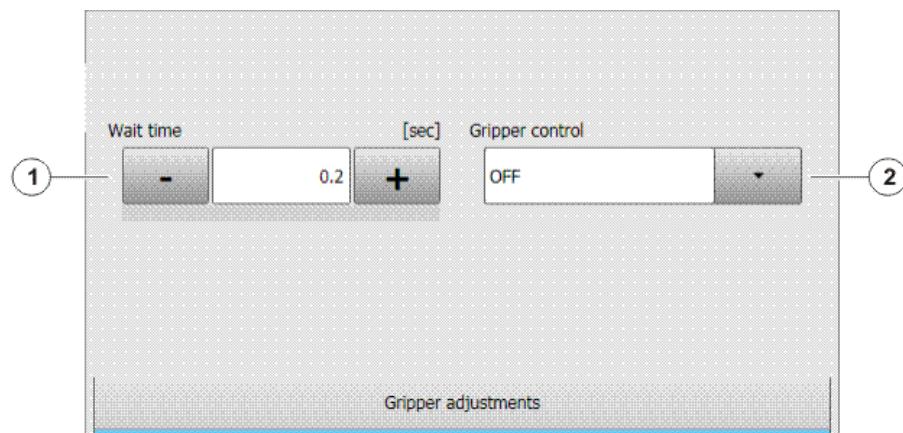


Fig. 9-5: Ajustes de garra

Pos.	Descripción
1	Tiempo de espera tras el que se va a continuar el movimiento programado ■ 0 ... 10 s
2	control de las garras ■ OFF (por defecto), ON

9.3 Configuración de KUKA.GripperTech

Posibilidades de configuración y tipos de garra

KUKA.GripperTech ofrece la posibilidad de configurar las garras de manera autónoma. Están disponibles cinco tipos predefinidos de garra. De manera adicional, pueden configurarse garras definidas por el usuario.

AVISO

Se pueden configurar hasta 16 tipos diferentes de garras en la unidad de control.

Tipos de garra

Tipo	OUT	IN	Estados	Ejemplo
Modelo 1	2	4	2	Garra simple con función DESCON. y CON.
Modelo 2	2	2	3	Carros con posición intermedia
Modelo 3	2	2	3	Garra de vacío con las funciones ASPIRACIÓN, SOPLADO, DESCON.
Modelo 4	3	2	3	Como el tipo 3, pero con tres salidas de control
Modelo 5	2	4	2	Como el tipo 1, pero con impulso en lugar de señal continua
libre	Configurable			

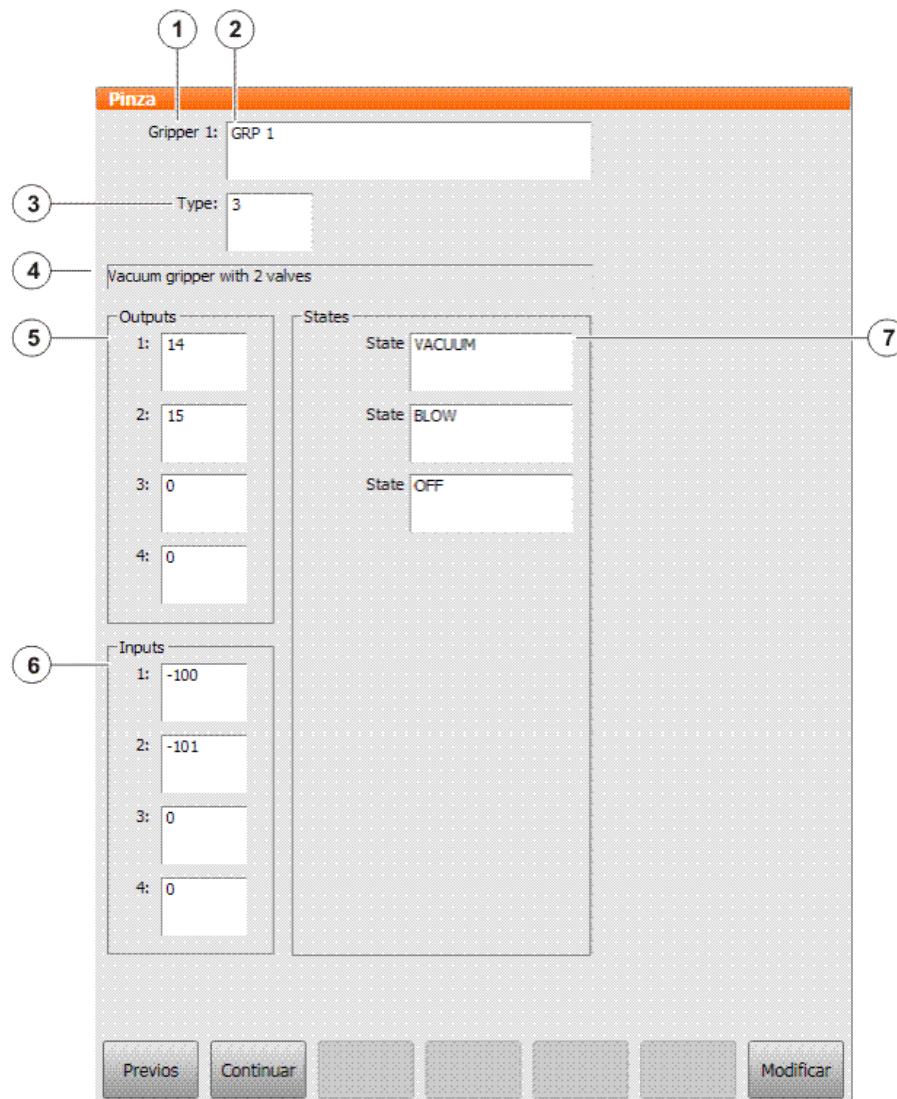


Fig. 9-6: Ejemplo: garra predefinida

Pos.	Descripción
1	Número de la garra ■ 1 ... 16
2	Nombre de la garra El nombre se muestra en el formulario inline. El nombre asignado por defecto se puede modificar: ■ 1 ... 24 caracteres
3	Tipo ■ Para la garra predefinida: 1 ... 5
4	Denominación del tipo de garra (se actualiza tras guardar) La denominación no se puede modificar.
5	Asignación de los números de salida Para las salidas que no sean necesarias se puede asignar "0". Así, se detecta inmediatamente que no se están utilizando. En caso de que a pesar de lo mencionado arriba, se les asigne un número, este no tendrá efecto alguno.

Pos.	Descripción
6	Asignación de los números de entrada Para las entradas que no sean necesarias se puede asignar "0". Así, se detecta inmediatamente que no se están utilizando. En caso de que a pesar de lo mencionado arriba, se les asigne un número, este no tendrá efecto alguno.
7	Estados de conmutación Los nombres asignados por defecto se pueden modificar: Los nombres se muestran en el formulario inline, siempre y cuando se haya seleccionado en el mismo la garra correspondiente.

Tipos libres de garra

Para poder satisfacer todas las necesidades del usuario, se ha integrado un tipo de garra programable. Mediante entradas en los archivos \$CONFIG.DAT, USERGRP.DAT y USER_GRP.SRC pueden configurarse todas las garras definibles que se deseen.

AVISO

Para más información sobre la configuración de garras, pueden consultarse las instrucciones de servicio KUKA System Technology KUKA.Gripper&SpotTech 3.0.

Procedimiento para la configuración de garras

Configuración con el tipo de garra predefinido

1. Seleccionar en el menú principal la secuencia **Configuración > Entradas/Salidas > Garra**. Se abre una ventana.
2. Seleccionar el número de garra deseado con **Continuar o Previo**.
3. Si se desea, modificar los nombres de la garra otorgados por defecto.
4. Asignar a la garra un tipo entre 1 y 5.
5. Asignar las entradas y las salidas.
6. Si se desea, modificar los nombres de los estados otorgados por defecto.
7. Guardar la configuración con **Modificar**.

9.4 Ejercicio: Programación de la garra - placa**Objetivo del ejercicio**

Después de completar correctamente este ejercicio, se dispondrá de la competencia necesaria para efectuar las siguientes tareas:

- Programación de instrucciones para mando y control de garras y pinzas (KUKA.Gripper & SpotTech)
- Activar y trabajar con teclas de estado específicas de la tecnología

Requisitos

Los siguientes requisitos son necesarios para completar este ejercicio correctamente:

- Conocimientos teóricos del paquete de tecnología KUKA.Gripper & SpotTech

Formulación

Ejecutar las siguientes tareas: Tomar y descargar placa

1. Cree un nuevo programa con la denominación **Tomar_placa**, utilice la herramienta garra y la base azul.
2. Programar por aprendizaje el proceso Tomar placa de modo que se obtenga la posición de descarga y de toma representada en la figura (**>>> Fig. 9-7**).
3. Compruebe el programa en los modos de servicio T1, T2 y Automático. Se deben tener en cuenta las prescripciones de seguridad enseñadas.
4. Cree un segundo programa con la denominación **Descargar_placa**, utilice la base necesaria y la herramienta correspondiente.

5. Programe por aprendizaje el proceso Descargar placa.
6. Compruebe el programa en los modos de servicio T1, T2 y Automático.
Se deben tener en cuenta las prescripciones de seguridad enseñadas.
7. Archive sus programas.



Fig. 9-7: Placa con posición de descarga

1 Cartel

2 Posición de descarga

Lo que se debe saber tras el ejercicio:

1. Cuándo se debe efectuar una instrucción sobre seguridades? (por lo menos 4 respuestas)

.....
.....
.....
.....

2. ¿Cuál es la función de un dispositivo de liberación en el robot KUKA?

.....
.....
.....

9.5 Ejercicio: Programación de la garra, clavija

Objetivo del ejercicio	Después de completar correctamente este ejercicio, se dispondrá de la competencia necesaria para efectuar las siguientes tareas:
	<ul style="list-style-type: none">■ Programación de instrucciones para mando y control de garras y pinzas (KUKA.Gripper & SpotTech)■ Activar y trabajar con teclas de estado específicas de la tecnología
Requisitos	Los siguientes requisitos son necesarios para completar este ejercicio correctamente: <ul style="list-style-type: none">■ Conocimientos teóricos del paquete de tecnología KUKA.Gripper & SpotTech
Formulación	Ejecutar las siguientes tareas: Tomar y descargar clavija 1 <ol style="list-style-type: none">1. Cree dos nuevos programas con la denominación Tomar_clavija 1 y Descargar_clavija12. Al programar disfrute las ventajas de la dirección de avance de la herramienta en el desplazamiento manual.3. Tenga en cuenta que al tomar y descargar en el depósito de clavijas, la velocidad de desplazamiento no sea mayor que 0,3 m/s.4. Antes de tomar la clavija, efectúe una pregunta de seguridad respecto a la posición de la garra.

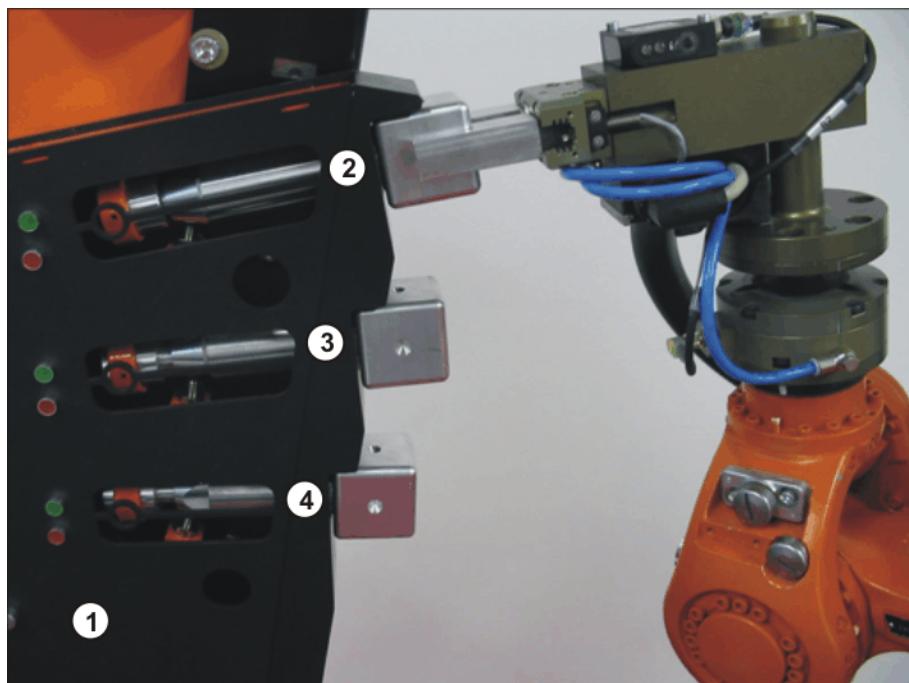


Fig. 9-8: Depósito de clavijas

- | | |
|------------------------|-------------|
| 1 Depósito de clavijas | 2 Clavija 1 |
| 3 Clavija 2 | 4 Clavija 3 |

Preguntas sobre el ejercicio

1. Cuál es la diferencia entre un tiempo de espera y el control de garra ON/OFF?

.....

.....

2. Aparece el aviso *Posicionamiento aproximado no posible* como texto de mensaje. Cuáles son las causas posibles para ello?

.....
.....
.....
.....
3. Cuántos tipos de garra estándar KUKA existen?
.....
.....

10 Programar con éxito en KRL

10.1 Estructura y composición de programas de robot

Control de la ejecución del programa

Además de las instrucciones de movimiento y comunicación puras (funciones de conmutación y espera), los programas de robot albergan una gran cantidad de rutinas útiles para el control de la ejecución del programa. Entre ellas se cuentan:

- **Bucles** | Los bucles son estructuras de control. Se repiten en un bloque de instrucción hasta que se produce una condición de interrupción.
 - Bucles infinitos
 - Bucles de conteo
 - Bucles finitos e infinitos
- **Ramificaciones** | La utilización de ramificaciones permite ejecutar secciones del programa únicamente en determinadas condiciones.
 - Ramificaciones condicionadas
 - Ramificaciones múltiples

Bucle infinito

Un bucle infinito repite con una frecuencia constante e infinita el bloque de instrucciones. No obstante, este bucle puede abandonarse mediante una cancelación anticipada (con la función **EXIT**).

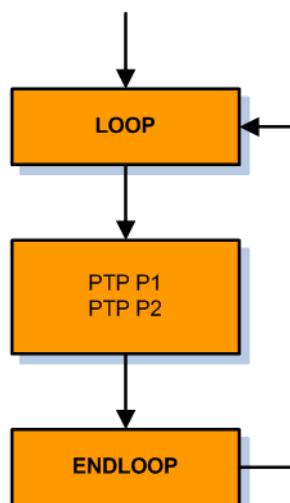


Fig. 10-1: Plano de desarrollo del programa: Bucle sinfín

Ejemplo de una instrucción LOOP:

- sin **EXIT**
 - las instrucciones de movimiento para P1 y P2 se ejecutan de manera permanente.

```

LOOP
  PTP P1 Vel=100% PDAT1
  PTP P2 Vel=100% PDAT2
ENDLOOP
  
```

- con **EXIT**
 - las instrucciones de movimiento para P1 y P2 se ejecutan hasta que se conmute la entrada 30 en TRUE.

```

LOOP
    PTP P1 Vel=100% PDAT1
    PTP P2 Vel=100% PDAT2
    IF $IN[30]==TRUE THEN
        EXIT
    ENDIF
ENDLOOP

```

Bucle de recuento

Con el bucle de recuento (bucle FOR), es posible repetir instrucciones para una cantidad definida. La cantidad de ejecuciones se controla con ayuda de una variable de recuento.

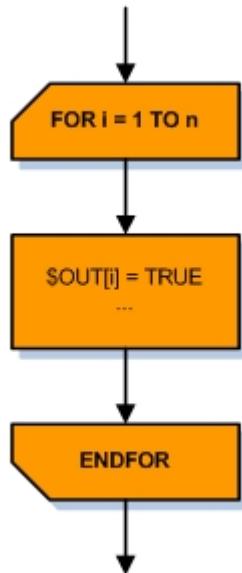


Fig. 10-2: Plano de desarrollo del programa: Bucle FOR

Ejemplo para un bucle FOR: Las salidas 1 a 5 se conectan una detrás de otra en TRUE. Para el recuento de ejecuciones en un bucle se utiliza la variable de números enteros (Entera) "i".

```

INT i
...
FOR i=1 TO 5
    $OUT[i] = TRUE
ENDFOR

```

Bucle finito

Un bucle WHILE es un bucle *finito* o *preliminar* al que se le va a comprobar la condición de interrupción antes de que se ejecute la sección de instrucción del bucle.

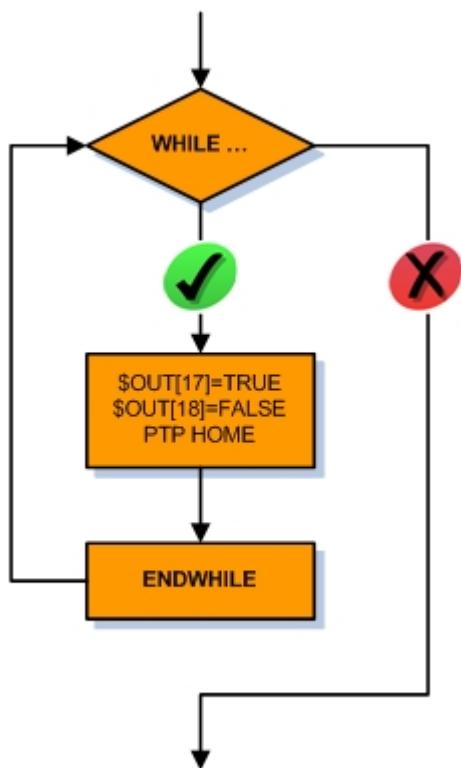


Fig. 10-3: Plan de ejecución del programa WHILE

Ejemplo para un bucle WHILE: La salida 17 se conectará en TRUE, la salida 18 se conectará en FALSE y el robot se desplazará a la posición inicial únicamente cuando se cumpla la condición (entrada 22 TRUE) al comienzo del bucle.

```

WHILE $IN[22]==TRUE
      $OUT[17]=TRUE
      $OUT[18]=FALSE
      PTP HOME
ENDWHILE
  
```

Bucle infinito

Un bucle REPEAT es un bucle *infinito* o *verificable* al que se le va a comprobar la condición de interrupción después que se ejecute por primera vez la sección de instrucción del bucle.

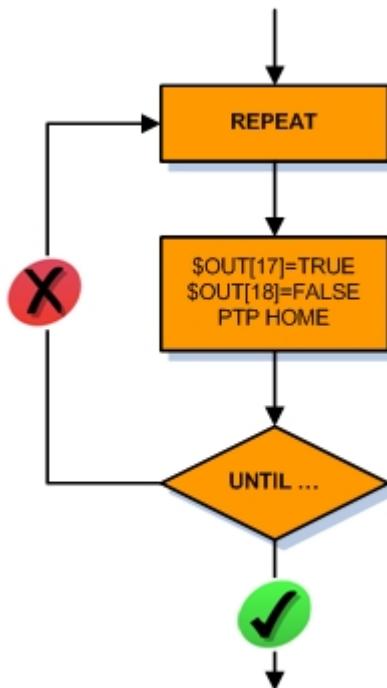


Fig. 10-4: Plan de ejecución del programa REPEAT

Ejemplo para un bucle REPEAT: La salida 17 se conectará en TRUE, la salida 18 se conectará en FALSE y el robot se desplazará a la posición inicial. Solo entonces se comprobará la condición.

```

REPEAT
  $OUT [ 17 ] =TRUE
  $OUT [ 18 ] =FALSE
  PTP HOME
UNTIL $IN [ 22 ] ==TRUE
  
```

Ramificación condicionada

Una *ramificación condicionada* (consulta IF) está compuesta por una condición y dos secciones de instrucción. En cuanto se cumple la condición, puede ejecutarse la primera instrucción. Si no se cumple la condición, se ejecuta la segunda instrucción.

Para una consulta IF se disponen también ciertas alternativas:

- La segunda sección de instrucción puede omitirse: consulta IF sin ELSE. Por tanto, en caso de que no se cumpla la condición, el programa continuará directamente tras la ramificación.
- Es posible intercalar varias consultas IF (*ramificación múltiple*): las consultas se ejecutan por orden hasta que se cumpla una condición.

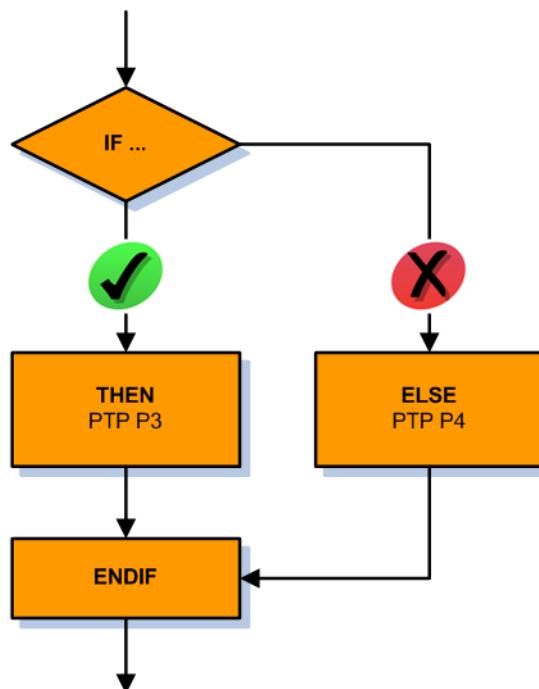


Fig. 10-5: Plano de desarrollo del programa: Ramificación IF

Ejemplo para una consulta IF: cuando se ha cumplido la condición (la entrada 30 debe ser TRUE) el robot se desplaza al punto P3 o, si no, al punto P4.

```

...
IF $IN[30]==TRUE THEN
  PTP P3
ELSE
  PTP P4
ENDIF
  
```

Distribuidor

Una ramificación SWITCH es un *distribuidor* o bien una *ramificación múltiple*. En este caso, se evalúa en primer lugar una expresión. A continuación, se compara el valor de la expresión con el valor de uno de los segmentos de caso (CASE). En caso de coincidencia se ejecutan las instrucciones del caso correspondiente.

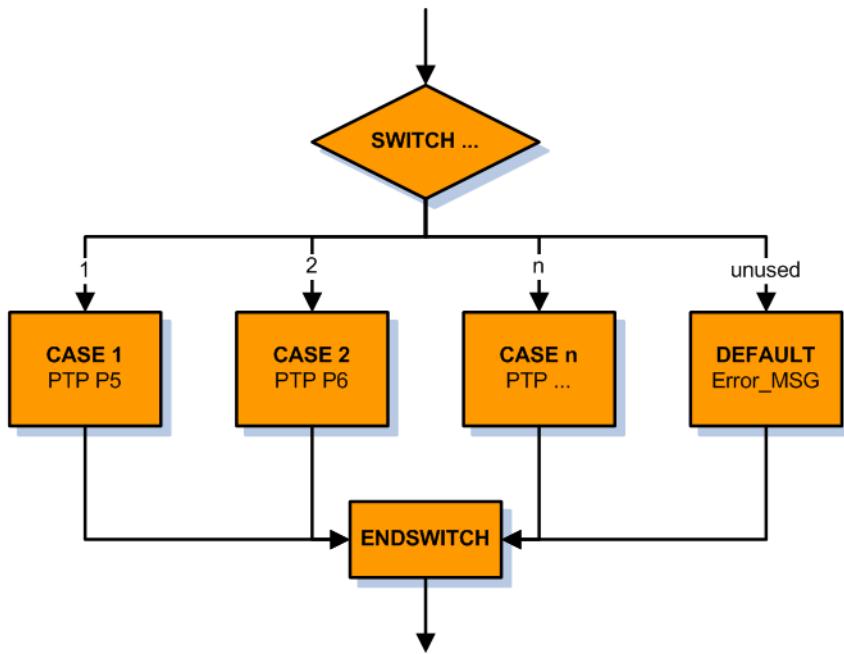


Fig. 10-6: Plano de desarrollo del programa: Distribuidor SWITCH - CASE

Debe comprobarse en primer lugar la valencia de la variable de números enteros (Entera) con el nombre "estado". Si el valor de la variable es 1, se ejecuta el caso 1 (CASE 1): el robot se desplaza en el punto P5. Si el valor de la variable es 2, se ejecuta el caso 2 (CASE 2): el robot se desplaza en el punto P6. En caso de que el valor de la variable no se ejecuta en uno de los casos (aquí todos a excepción de 1 y), se ejecutará la ramaficación POR DEFECTO: un mensaje de error.

```

INT status
...
SWITCH status
  CASE 1
    PTP P5
  CASE 2
    PTP P6
  ...
  DEFAULT
    ERROR_MSG
ENDSWITCH
  
```

10.2 Estructurar programas de robot

Posibilidades de estructuración de un programa de robot

La estructura de un programa de robot es un factor relevante para su valor de utilidad. Cuanto más estructurado esté un programa, más comprensible, efectivo, legible y rentable será. Para estructurar un programa pueden aplicarse las siguientes técnicas:

- **Comentar** | Comentarios y marcas
- **Acoplar** | Espacios en blanco
- **Ocultar** | Folds ("Plegar")
- **Tecnología de módulos** | Subprogramas

Comentarios y marcas

La opción para añadir un comentario permite colocar un texto en el programa de robot dirigido a los lectores del programa. Por tanto, el intérprete de robot va a leer este texto. Se incluye únicamente para mejorar la legibilidad de un programa.

Los comentarios pueden introducirse en el programa de robot con diferentes fines:

- **Informaciones** sobre el texto del programa | Autor, versión, fecha de creación



```

Editor
1 DEF welding1( )
2 ; Programmed by JACK SPARROW
3 ; Version 1.5 (10/10/2010)
4 INI
5
6 PTP HOME Vel= 100 % DEFAULT
7

```

Fig. 10-7: Ejemplo de comentario: informaciones

- **Subdivisión** del texto del programa | Especialmente si se utilizan elementos gráficos (caracteres especiales como #, *, ~,)

```

0
7 ;*****Initialisation*****
8 INIT
9 BASISTECH INI
10 CHECK HOME

```

Fig. 10-8: Ejemplo de comentario: Esquematización

- **Definir comentario** (nivel experto) | Al colocar un punto y coma al principio de una línea de programa, esta línea se define como comentario y se obviará en el flujo de ejecución del programa.

```

10 CHECK HOME
11 PTP HOME Vel= 100 % DEFAULT
12 ;$OUT[33]=TRUE
13 AUTOEXT INI
14 LOOP

```

Fig. 10-9: Ejemplo de comentario: Insertar punto y coma

- **Aclaración** de cada una de las líneas,
así como indicación sobre el trabajo a realizar | Identificación de partes del programa insuficientes

```

17
18 CASE 1
19     P00 (#EXT_PGNO,#PGNO_ACKN,DMY[],0) ; Reset
        ↴ Progr.No.-Request
20     Main_Prog() ; Call User-Program
21

```

Fig. 10-10: Ejemplo de comentario: Explicaciones

AVISO

El uso de comentarios tienen sentido únicamente si se mantienen actualizados. Es obligatorio actualizar los comentarios siempre que se realicen modificaciones en las instrucciones.

Pueden introducirse diferentes tipos de comentarios:

- Punto y coma (nivel experto) | Al introducir un punto y coma (" ; ") se comenta la parte que sigue en la línea.
- Introducción del formulario inline "Comentario"

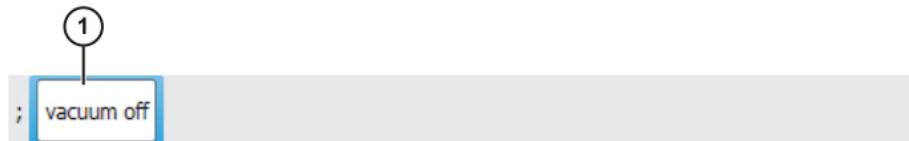


Fig. 10-11: Formulario inline Comentario

Pos.	Descripción
1	Texto cualquiera

- Introducción del formulario inline "Marca" | Se incluye además una marca de tiempo. Asimismo, existe la posibilidad de introducir el nombre del editor de la marca.

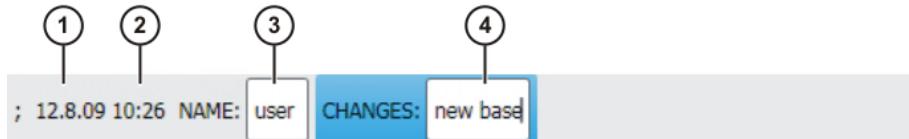


Fig. 10-12: Formulario inline Sello

Pos.	Descripción
1	Fecha del sistema (no editable)
2	Hora del sistema (no editable)
3	Nombre o identificación del usuario
4	Texto cualquiera

Insertar marcas y comentarios relativos al procedimiento

1. Marcar la línea detrás de la cuales debe insertarse el comentario o la marca.
2. Seleccionar la secuencia de menú **Instrucciones > Comentario > Normal o Marca**.
3. Introducir los datos deseados. Si ya se introdujo anteriormente un comentario o una marca, el formulario inline contendrá las mismas indicaciones.
 - En el caso de los comentarios, con **Texto NUEVO** es posible vaciar el campo para poder introducir texto nuevo.
 - En el caso de las marcas, con **Hora NUEVA** es posible actualizar el sistema y con **Nombre NUEVO**, es posible vaciar el campo **NOMBRE**.
4. Guardar con **Instrucción OK**.

Acoplar líneas de programa

Un método efectivo para aumentar la legibilidad de un programa de robot es el acoplamiento de líneas de programa. De este modo se consigue aclarar la relación entre módulos de programa.

```

13 AUTOEXTINI
14 LOOP
15 P00 (#EXT_PGNO,#PGNO_GET,DMY[],0 )
16 SWITCH PGNO ; Select with Programnumber
17 CASE 1
18 P00 (#EXT_PGNO,#PGNO_ACKN,DMY[],0 )
19 Main_Prog( ) ; Call User-Program
20 CASE 2
21 P00 (#EXT_PGNO,#PGNO_ACKN,DMY[],0 )
22 Sub_Prog1( ) ; Call User-Program
23 DEFAULT
24 P00 (#EXT_PGNO,#PGNO_FAULT,DMY[],0 )
25 END_SWITCH
26 ENDLOOP

```

Fig. 10-13: Acoplar líneas de programa

AVISO

El efecto del acoplamiento es meramente visual.
Durante la ejecución del programa las partes aco-
pladas se procesan igual que las partes normales.

**Ocultar las líneas
del programa a
través de FOLD**

El lenguaje del robot de KUKA ofrece la posibilidad de agrupar y ocultar en *FOLD* las líneas del programa. Así, ciertas partes del programa no serán visibles para el usuario, lo que simplifica la lectura del programa. En el grupo de usuario Experto es posible abrir y editar los *FOLD*.

```

13
14
15 CHECK HOME
16

```

Fig. 10-14: Fold cerrado

```

14
15 CHECK HOME
16 $H_POS=XHOME
17 IF CHECK_HOME==TRUE THEN
18 P00 (#CHK_HOME,#PGNO_GET,DMY[],0 ) ;Test HPos
19 ENDIF

```

Fig. 10-15: Fold abierto

Marcas de color en las folds:

Color	Descripción
Rojo oscuro	Fold cerrado
Rojo claro	Fold abierto
Azul oscuro	Subfold cerrado
Azul claro	Subfold abierto
Verde	Contenido del fold

10.3 Concatenación de programas del robot**Técnica de
subprogramas**

La técnica de subprogramas permite estructurar modularmente los programas de robot y, así, lograr una composición estructuralmente eficiente. El objetivo no es registrar todas las instrucciones en un programa, si no almacenar determinadas secuencias, cálculos o procesos en programas independientes.

Ventajas de la utilización de subprogramas:

- El programa principal tiene una estructura clara y es más fácil de leer ya que se ha reducido la longitud del programa.
- Los subprogramas se pueden desarrollar por separado: el esfuerzo de programación puede dividirse y se minimizan las causas de fallos.
- Los subprogramas pueden reutilizarse varias veces.

Básicamente, se pueden distinguir entre dos tipos de subprogramas diferentes:

- Subprogramas globales

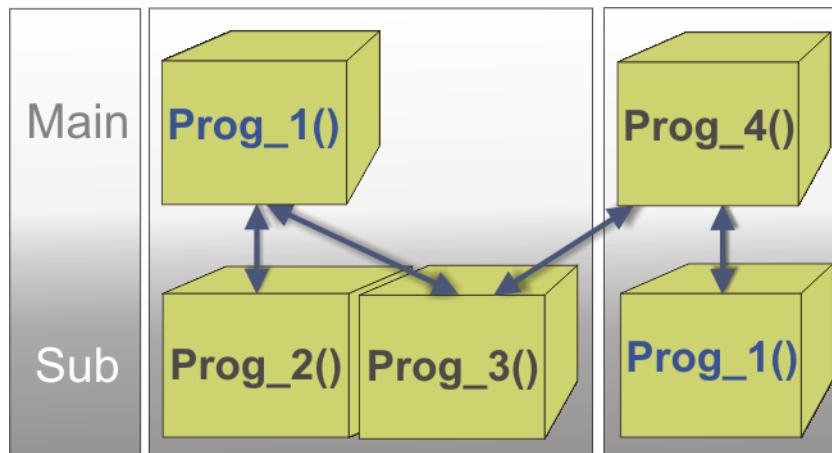


Fig. 10-16: Ejemplo de esquema para subprogramas globales

Un subprograma global es un programa de robot independiente que se activa con otro programa de robot. La ramificación de los programas puede realizarse específicamente para una aplicación, es decir, un programa puede ser una vez un programa principal, pero la siguiente vez, puede operar como un subprograma.

- Subprogramas locales

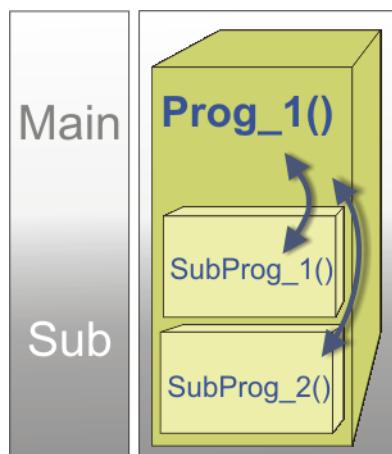


Fig. 10-17: Esquema: subprogramas locales

Los subprogramas locales son programas integrados en un programa principal, es decir, las instrucciones están incluidas en el mismo archivo SRC. Las coordenadas de punto del subprograma se guardan así en el mismo archivo DAT.

Procedimiento de apertura de un subprograma

Cada programa empieza con una línea DEF y acaba con una END. En caso de que se active un subprograma en el programa principal se procesará, por regla general, ese subprograma de DEF a END. Al llegar a la línea END, el

puntero de ejecución del programa saltará otra vez al programa desde el que se abrió (programa principal).

```

1 DEF main( )
2INI
3 PTP HOME Vel= 100 % DEFAULT
4 PTP P1 Vel=100 % PDAT1 Tool[2] Base[2]
5 PTP P2 Vel=100 % PDAT2 Tool[2] Base[2]
6 PTP P3 Vel=100 %
7
8 sub_prog()
9
10 PTP P4 Vel=100 %
11 PTP P5 Vel=100 %
12 PTP P6 Vel=100 % PDAT6 Tool[2] Base[2]
13 PTP HOME Vel= 100 % DEFAULT
14 END
15

```



```

1 DEF Sub_Prog( )
2INI
3 PTP P1 Vel=100 % PDAT1 Tool[2] Base[2]
4 OUT 25'' State=TRUE
5 PTP P4 Vel=100 % PDAT4 Tool[2] Base[2]
6 END

```

Fig. 10-18: Procedimiento de apertura de un subprograma

AVISO

Para poder abandonar un subprograma antes de tiempo (es decir, antes de las líneas DEF y END), se puede programar la instrucción RETRUN. La lectura de esas líneas de programa provoca la cancelación anticipada del subprograma.

Procedimiento para abrir un subprograma

Para poder programar la apertura de un subprograma, debe estar seleccionando el grupo de usuario Experto. La **sintaxis** para la apertura de un subprograma es:

Nombre ()

1. Seleccionar en el menú principal la secuencia **Configuración > Grupo de usuario**. Se muestra el grupo de usuario actual.
2. Para cambiar a otro grupo de usuario: Pulsar en **Iniciar sesión....** Marcar el grupo de usuario **Experto**.
3. Introducir la contraseña **kuka** y confirmar con **Iniciar sesión**.
4. Cargar el programa principal deseado en el editor pulsando en **Abrir**.

```

INI
PTP HOME Vel= 100% DEFAULT
PTP HOME Vel= 100% DEFAULT

```

5. Posicionar el cursor en la línea deseada.
6. Introducir el nombre del subprograma entre paréntesis, p. ej., **myprog()**

```

INI
PTP HOME Vel= 100% DEFAULT
myprog( )
PTP HOME Vel= 100% DEFAULT

```

7. Cerrar el editor pulsando sobre el símbolo de cierre y guardar las modificaciones.

10.4 Ejercicio: Programación en el KRL

Objetivo del ejercicio

Después de completar correctamente este ejercicio, se dispondrá de la competencia necesaria para efectuar las siguientes tareas:

- Programación de bucles sinfín
- Programación de llamadas de subprogramas
- Ajuste de CELL.SRC para el servicio Automático externo

Requisitos	<p>Los siguientes requisitos son necesarios para completar este ejercicio correctamente:</p> <ul style="list-style-type: none">■ Conocimientos en la utilización del navegador en el nivel del experto■ Conocimientos principales de la programación a nivel de experto (KRL)■ Conocimientos de la programación de subprograma y de bucle■ Conocimientos sobre la estructura de CELL.SRC
Formulación	<p>Ejecutar las siguientes tareas:</p> <ol style="list-style-type: none">1. Cree un nuevo módulo con la denominación Procedimiento en el nivel del experto. A partir de este programa central se llaman todos los demás programas como subprogramas.2. El desarrollo exacto del programa se encuentra en el plano de desarrollo del programa. (>>> Fig. 10-19)3. Compruebe su programa nuevo Procedimiento en los modos de servicio T1, T2 y Automático. Se deben tener en cuenta las prescripciones de seguridad enseñadas.4. Complementar CELL.SRC de la siguiente manera:<ul style="list-style-type: none">■ Al enviar el número de programa 1, la clavija se toma del depósito.■ Al enviar el número de programa 2, el contorno se desplaza hacia la mesa.■ Al enviar el número de programa 3, la clavija se devuelve al depósito.5. Comprobar el CELL.SRC

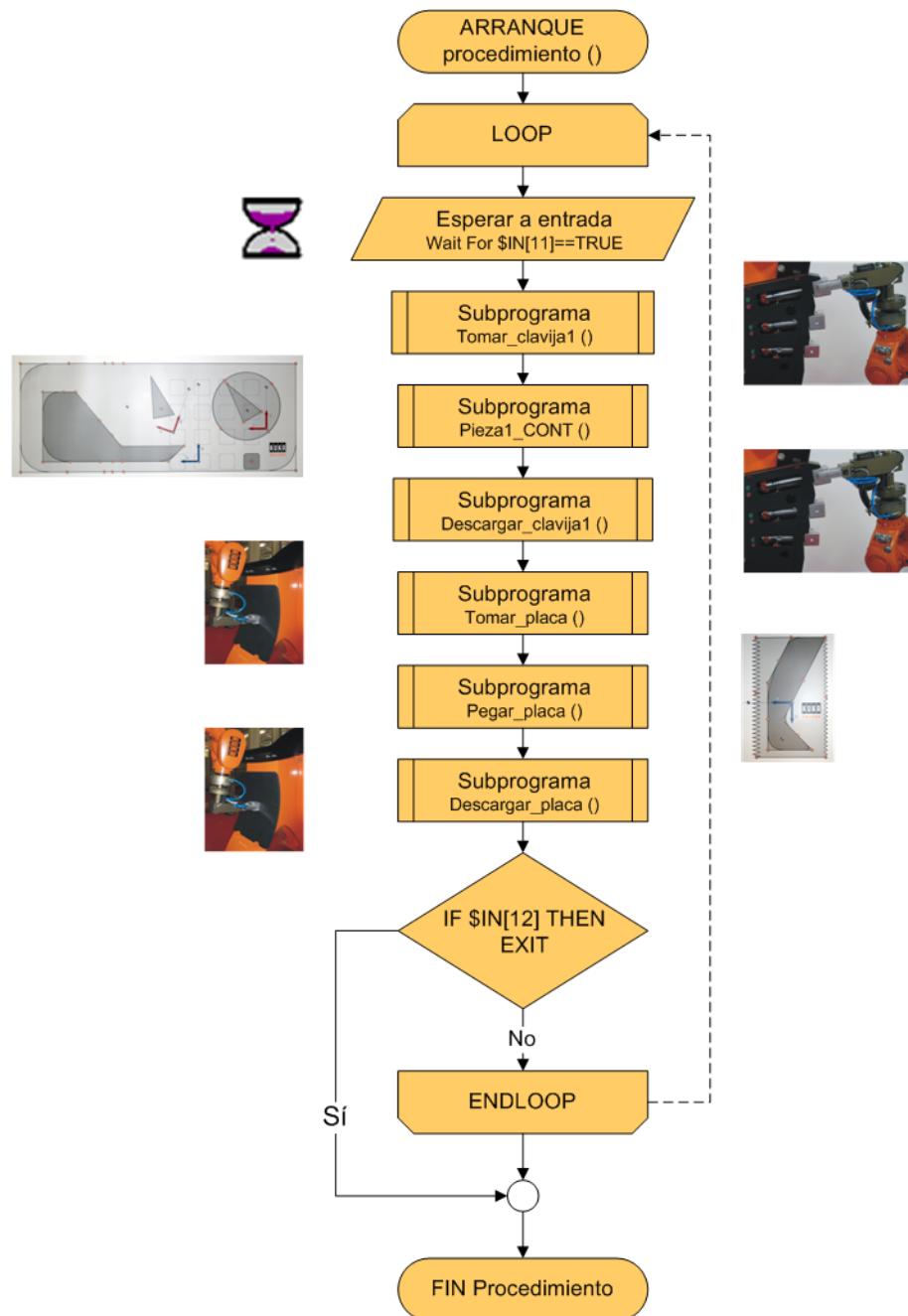


Fig. 10-19: Plano de desarrollo del programa: Programa Procedimiento

Lo que se debe saber tras el ejercicio:

1. ¿Qué significan las extensiones SRC y DAT de los ficheros KUKA?
-
-

2. ¿Con qué instrucción puede abandonarse un bucle sinfín?
-
-

3. ¿Cuál es la sintaxis que se necesita para un distribuidor?
-
-
-

11 Trabajar con un control superior

11.1 Preparación para el inicio de programa del PLC

Robots en red

Si desde el puesto central se deben controlar procesos de robots (desde un ordenador principal o un PLC), se efectúa por medio de la interfaz Automático externo.



Fig. 11-1: Enlace PLC

Principio de la estructura del sistema

Para que pueda establecerse una buena comunicación entre el KR C4y el PLC es importante lo siguiente:

- **Modo de servicio Automático Externo:** Modo de servicio en el que un ordenador central o un PLC asume el control del sistema de robot.
- **CELL.SRC:** Programa de organización para seleccionar los programas del robot desde fuera.
- Intercambio de señales PLC y robot: **Interfaz Automático Externo** para configurar las señales de entrada y salida:
 - Señales de control al robot (entradas): Señal de inicio y de detención, número de programa, confirmación de error
 - Estado del robot (salidas): Estado sobre los accionamientos, posición, errores, etc.

Advertencias de seguridad en el inicio de programa externo

Después del seleccionar el programa CELL debe realizarse un desplazamiento COI.

ADVERTENCIA

Cuando el paso de movimiento seleccionado contiene la instrucción de avance PTP, se produce un desplazamiento COI a modo de movimiento PTP desde la posición real hasta la posición de destino. Si el paso de movimiento seleccionado contiene LIN o CIR, el desplazamiento COI se ejecuta como movimiento LIN. Observar el movimiento para evitar colisiones. En el desplazamiento COI la velocidad se reduce automáticamente.

Cuando se ha ejecutado el desplazamiento COI una vez, en el inicio externo ya no ejecutará ningún desplazamiento COI más.

ADVERTENCIA

En el modo de servicio automático externo no se efectúa ningún desplazamiento COI. Esto significa que, una vez arrancado, el robot se desplaza a la primera posición programada a la velocidad programada (no reducida). El robot no para allí.

Procedimiento para el inicio de programa externo

Requisitos

- Modo de servicio T1 o T2
 - Las entradas/salidas para Automático Externo y el programa CELL.SRC están configuradas
1. En el navegador, seleccionar el programa CELL.SRC. El programa CELL se encuentra siempre en el directorio KRC:\R1.
 2. Ajustar el override del programa al 100% (es el ajuste recomendado; en caso necesario, se puede ajustar otro valor).

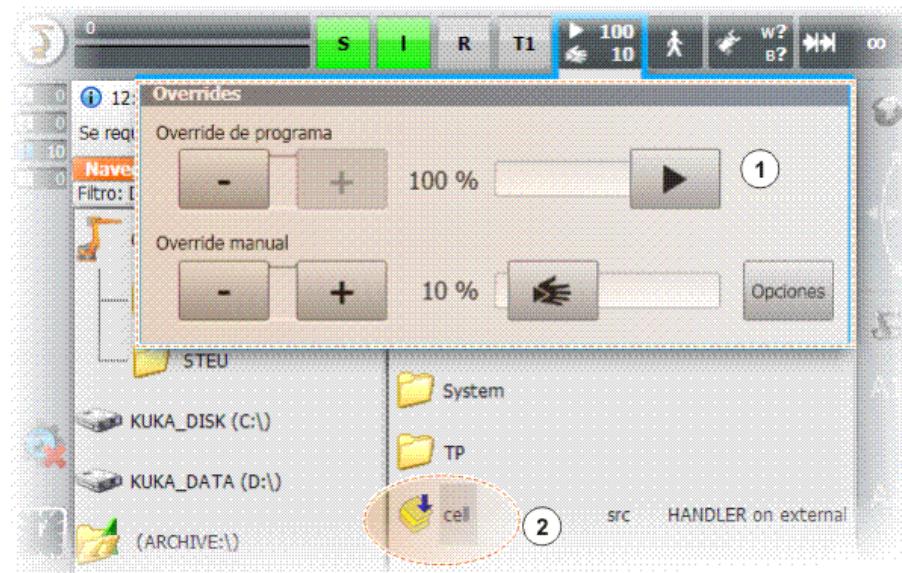


Fig. 11-2: Selección de Cell y ajuste del override manual

- 1 Ajuste HOV
- 2 Selección de CELL.SRC
3. Realizar un desplazamiento COI:
Pulsar y mantener el interruptor de validación. Mantener pulsada la tecla de arranque hasta que en la ventana de mensajes aparezca la leyenda "COI alcanzado".
4. Seleccionar el modo de servicio "Automático externo".
5. Iniciar el programa desde una unidad de control superior (PLC).

11.2 Adaptar el enlace PLC (Cell.src)

Programa de organización Cell.src

Para administrar los números de programas transmitidos por el PLC, se utiliza el programa organizativo Cell.src. Se encuentra siempre en la carpeta "R1". Como cualquier otro programa, el programa Cell puede adaptarse individualmente mientras que la estructura de base del programa debe mantenerse igual.

Estructura y funcionalidad del programa Cell

```

1 DEF CELL ( )
6 INIT
7 BASISTECHINI
8 CHECK HOME
9 -> PTP HOME Vel= 100 % DEFAULT
10 AUTOEXTINI
11 LOOP
12 P00 (#EXT_PGNO,#PGNO_GET_DMY[],0)
13 SWITCH PGNO ; Select with Programnumber
14
15 CASE 1
16   P00 (#EXT_PGNO,#PGNO_ACKN,DMY[],0)
17   ;EXAMPLE1( ) ; Call User-Program
18
19 CASE 2
20   P00 (#EXT_PGNO,#PGNO_ACKN,DMY[],0)
21   ;EXAMPLE2( ) ; Call User-Program
22
23 CASE 3
24   P00 (#EXT_PGNO,#PGNO_ACKN,DMY[],0)
25   ;EXAMPLE3( ) ; Call User-Program
26
27 DEFAULT
28   P00 (#EXT_PGNO,#PGNO_FAULT,DMY[],0)
29 ENDSWITCH
30 ENDOOLP
31 END

```

Fig. 11-3: Programa CELL

- 1 Inicialización y posición inicial
 - Inicialización de los parámetros básicos
 - Comprobación de la posición del robot respecto a la posición inicial
 - Inicialización de la interfaz "Automático externo"
- 2

Bucle infinito:

 - Consulta del número de programa a través del módulo "P00"
 - Acceso al bucle de selección con el número de programa facilitado.
- 3 Bucle de selección con número del programa
 - El salto en la ramificación correspondiente ("CASE") se realiza conforme al número de programa (determinado en la variable "PGNO").
 - Se ejecuta el programa de robot registrado en la ramificación.
 - Los números de programa no válidos provocan que se salte a la ramificación "Por defecto".
 - Tras la correcta ejecución, se repite el bucle.

Procedimiento

1. Cambiar al grupo de usuario "Experto"
2. Abrir CELL.SRC
3. Reemplazar en la sección "CASE" la denominación "EXAMPLE" por el nombre del programa que se debe activar con el correspondiente número de programa. Eliminar el punto y coma de delante del nombre.

```
LOOP
P00 (#EXT_PGNO,#PGNO_GET,DMY[],0 )
SWITCH PGNO ; Select with Programnumber

CASE 1
P00 (#EXT_PGNO,#PGNO_ACKN,DMY[],0 )
main()

CASE 2
P00 (#EXT_PGNO,#PGNO_ACKN,DMY[],0 )
body_38()
body_515()

DEFAULT
P00 (#EXT_PGNO,#PGNO_FAULT,DMY[],0 )
ENDSWITCH
ENDLOOP
```

Fig. 11-4: Ejemplo de un programa Cell adaptado

4. Cerrar el programa y guardar las modificaciones.

Indice

A

Acoplar 168
Ajuste 45
Aproximación 111
Aproximación CIRC 119
Aproximación LIN 119
Aproximación PTP 107
Archivar 99
Automático externo 175

B

Bucle de recuento 162
Bucle finito 162
Bucle FOR 162
Bucle infinito 161, 163
Bucle REPEAT 163
Bucle WHILE 162
Bucle Bucle de recuento 162
Bucle Bucle infinito 161
Bucle finito 162
Bucle infinito 163
Bucles 161

C

Cargas sobre el robot 54
Categoría de detención 0 39
Categoría de detención 1 40
Categoría de detención 2 40
COI 89
Comentarios 166
Configuración de garras 154
Consulta IF 164
Control de la ejecución del programa 161
Control de la orientación 117, 122

D

Datos de carga adicional (opción de menú) 57
Datos de carga de la herramienta 54
Datos de carga de la herramienta (opción de menú) 55
Dispositivo de liberación 23
Distribuidor 165

E

Ejercicio, ajuste de carga con Offset 52
Ejercicio, Ajuste de robots 52
Ejercicio, CELL.SRC 171
Ejercicio, desplazamiento de trayectoria 126
Ejercicio, ejecutar programas del robot 96
Ejercicio, funciones de conmutación 144
Ejercicio, KRL 171
Ejercicio, lógica 144
Ejercicio, medición de base en mesa 77
Ejercicio, medición de herramienta ABC World 66
Ejercicio, medición de herramienta clavija 66
Ejercicio, Medición de herramienta garra 69
Ejercicio, medición de herramienta XYZ de 4

puntos 66

Ejercicio, medición numérica de herramienta 69
Ejercicio, medir herramienta externa 82
Ejercicio, método de 3 puntos 77
Ejercicio, Operación y desplazamiento manual 40
Ejercicio, posicionamiento aproximado 126
Ejercicio, procesos manuales con herramienta fija 43
Ejercicio, Programa en el aire 112
Ejercicio, programación 171
Ejercicio, Programación de la garra - placa 156
Ejercicio, programación de la garra, clavija 158
Ejercicio, programación de movimientos con el TCP externo 129
Ejercicio, visualización de variables del sistema 150
Estructura de programa 161

F

FOLD 169
Formularios inline 105
Función de conmutación, simple 136
Función de conmutación, trayectoria 138
Función de espera 132

G

Gestor de conexiones 11

H

Herramienta fija, procesos manuales 42

I

Indicación, variables 147
Inicialización 89
Inicio de programa 90
Inicio de programa del PLC 175

K

KUKA.GripperTech 151

L

Listado LOG 100
LOOP 161
Lógica, general 131

M

Manejo de las garras 151
Marcas 166
Medición de base 71
Medición, herramienta fija 79
Medición, pieza guiada por robot 81
Medir herramienta 57
Mensaje de confirmación 17
Mensaje de diálogo 18
Mensaje de espera 17
Mensaje de estado 17
Mensaje de observación 17

Mensajes 17
Modificación, instrucciones de movimiento 123
Modificar variable 148
Modo de interpolación 110, 122
Modo de servicio 18
Mover ejes del robot individualmente 21
Movimiento CIRC 115
Movimiento LIN 115
Movimiento PTP 106

P

PARADA DE EMERGENCIA 11
Parada de seguridad 0 39
Parada de seguridad 1 39
Parada de seguridad 2 39
Parada de seguridad STOP 0 39
Parada de seguridad STOP 1 39
Parada de seguridad STOP 2 39
Parada de seguridad, externa 15
Parada de servicio segura 39
Posicionamiento aproximado 122
Posición de pánico 22
Procesos manuales específicos del eje 21
Procesos manuales, base 35
Procesos manuales, herramienta 31
Procesos manuales, herramienta fija 42
Procesos manuales, universales 26
Programa Borrar 98
Programa duplicar 99
Programa renombrar 98
Programación de garra 151
Programación del movimiento 105
Programación, TCP externo 129
Pulsador de PARADA DE EMERGENCIA 14
Punto de la raíz de la muñeca 115, 116

R

Ramificación 161
Ramificación condicionada 164
Ramificación múltiple 165
Restaurar 99
Robroot 25

S

Seguridad del robot 13
Selección de programa 90
Singularidad 115
Sistema de coordenadas 25
Sistema de coordenadas Base 25
Sistema de coordenadas Flange 25
Sistema de coordenadas Tool 25
Sistema de coordenadas World 25
Space Mouse 11
STOP 0 39
STOP 1 40
STOP 2 40
Subprograma global 170
Subprograma local 170
Subprogramas 169

T

Tecla de arranque 11
Tecla de arranque hacia atrás 11
Tecla del teclado 11
Tecla STOP 11
Teclado 11
Teclas de desplazamiento 11
Teclas tecnológicas 11

Ú

Únicos (opción de menú) 148

V

Variable, mostrar individual 148
Variables 147
Variables del sistema 149

W

WAIT 132
WAIT FOR 133

