

# **ROBOT FANUC ARC MATE 100i**

Proyecto final Robótica Industrial



*Presentado a:*  
Andrés Fernando Perez Gonzalez

*Presentado por:*  
Santiago Orozco Castañeda  
CC: 1026161546  
Julián David Longas Arteaga  
CC: 1040755620  
Laura Carolina Sandoval Acosta  
CC : 1061818611

*Universidad de Antioquia*  
2021-2  
08/04/2022

# **MANUAL DE USUARIO ROBOT FANUC ARCMATE 100i**

## **TABLA DE CONTENIDO**

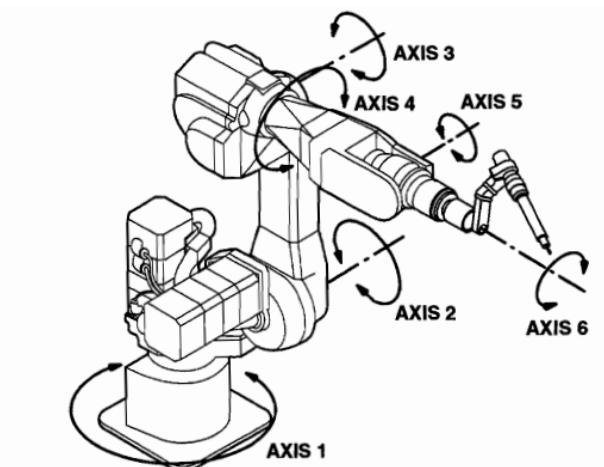
1. Robot
2. Controlador
  - 2.1. Partes del controlador
  - 2.2. Teach pendant
  - 2.3. Panel de operación estándar
  - 2.4. Comunicaciones del controlador
  - 2.5. Movimiento
  - 2.6. Memoria del controlador
3. ArcTool Software
  - 3.1. Partes básicas de un programa
4. Encendido y accionamiento del Robot.
  - 4.1. Encendido y apagado
  - 4.2. Accionamiento
5. Planificación y creación de un programa
  - 5.1. Definiciones generales
  - 5.2. Posiciones del robot
  - 5.3. Escribir o modificar un programa
  - 5.4. Añadir instrucciones y creación del programa.
6. Paso a paso de la creación de un código de movimiento del robot.
7. Copia de seguridad del programa y del sistema.

## 1. ROBOT

El robot es una serie de eslabones mecánicos movidos por servomotores, las uniones entre estos eslabones son llamadas articulaciones o ejes del robot, los primeros 3 ejes son los más grandes y constituyen a los ejes principales como se puede observar en la imagen 1. Además los robots son clasificados por el número de articulaciones prismáticas o rotacionales que tengan, y tienen la capacidad de ejecutar movimientos en el efecto final de torsión, subir, bajar y trasladarse de un lugar a otro.

Los robots *ARC Mate* tienen en su mayoría 6 articulaciones de tipo revolución ya que poseen 3 ejes principales de rotación y 3 ejes menores de rotación. La herramienta con la que están equipados estos robots para aplicaciones de soldadura es una antorcha de soldadura, la cual es colocada en el efecto final del robot.

A continuación se presenta un esquema de la configuración del robot.

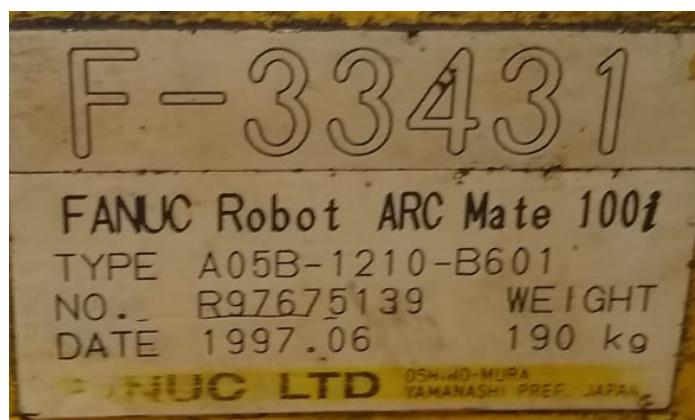


*Imagen 1: Esquema del robot.*

El robot que se encuentra en el laboratorio de máquinas y herramientas de la facultad de ingeniería es un robot *FANUC ARC MATE 100i*, y se va a presentar una imagen donde se muestra el robot y otra de la placa de datos del robot donde se muestran sus especificaciones como el peso, su fecha de creación, el número de serie, y el tipo.



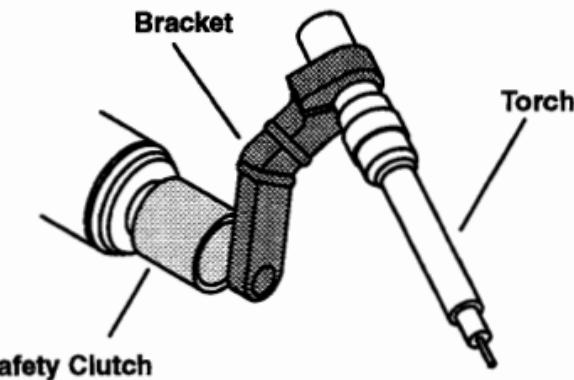
*Imagen 2: Robot FANUC ARC Mate 100i en el laboratorio.*



*Imagen 3: Placa de datos del robot.*

Este robot posee en su efecto final una antorcha de soldadura de las cuales existen diferentes tipos según el tipo de soldadura, entre las cuales están GMAW, FCAW, PAW, PAC, GTAW, OFC. En este caso el software ArcTool controla la antorcha y el equipo de soldadura para que logre la soldadura adecuada.

Para la sujeción de la antorcha se usa un sistema de sujeción de 2 elementos los cuales se muestran en la siguiente imagen; en el caso de ocurrir una colisión el clutch de seguridad se envía una señal de emergencia al controlador, el cual detiene inmediatamente el robot y la señal de soldadura.



**Imagen 4:** Sujeción de la antorcha del Robot para soldadura

Antes de cualquier procedimiento u operación con el robot es importante verificar aspectos como el espacio de trabajo que este tiene, el cual está relacionado con los rangos angulares de cada articulación, además la máxima velocidad por articulación, el torque máximo que puede ejercer cada articulación y la carga máxima en el muñón (efector final). Además se debe comprobar que el ambiente de trabajo del robot sea el adecuado. En la siguiente tabla se muestran las condiciones de operación del robot.

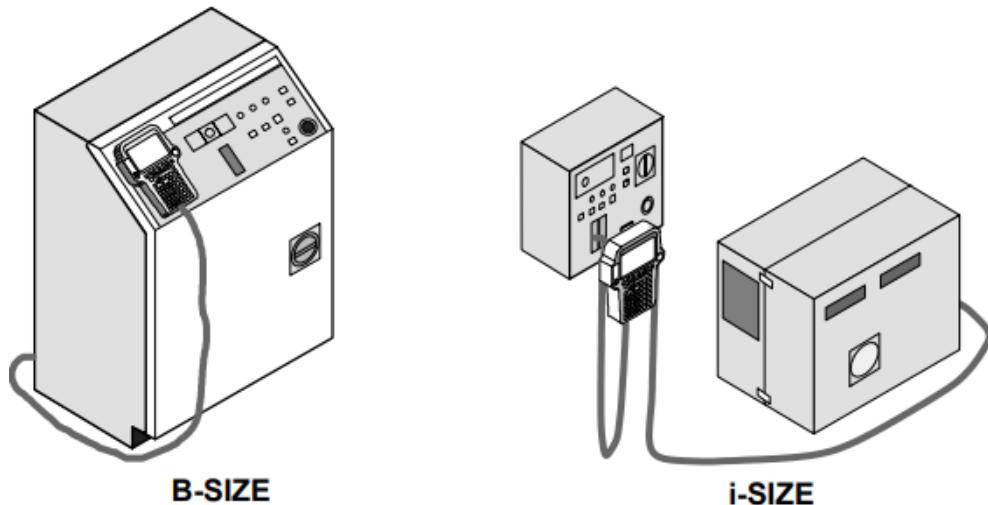
Specification													
Item	R-2000i/165F												
Type	Articulated type												
Controlled axes	6 axes (J1, J2, J3, J4, J5, J6)												
Installation	Floor, Upside-down (Wall & Angle mount) (Note 1)												
Motion range (Maximum speed)	<table> <tr><td>J1 axis rotation</td><td>340° (5.93rad)</td></tr> <tr><td>J2 axis rotation</td><td>250° (4.36rad)</td></tr> <tr><td>J3 axis rotation</td><td>315° (5.60rad)</td></tr> <tr><td>J4 axis wrist rotation</td><td>380° (6.63rad)</td></tr> <tr><td>J5 axis wrist swing</td><td>280° (4.89rad)</td></tr> <tr><td>J6 axis wrist rotation</td><td>720° (12.57rad)</td></tr> </table>	J1 axis rotation	340° (5.93rad)	J2 axis rotation	250° (4.36rad)	J3 axis rotation	315° (5.60rad)	J4 axis wrist rotation	380° (6.63rad)	J5 axis wrist swing	280° (4.89rad)	J6 axis wrist rotation	720° (12.57rad)
J1 axis rotation	340° (5.93rad)												
J2 axis rotation	250° (4.36rad)												
J3 axis rotation	315° (5.60rad)												
J4 axis wrist rotation	380° (6.63rad)												
J5 axis wrist swing	280° (4.89rad)												
J6 axis wrist rotation	720° (12.57rad)												
Maximum speed	<table> <tr><td>J1 axis</td><td>150°/s (2.62rad/s)</td></tr> <tr><td>J2 axis</td><td>160°/s (2.79rad/s)</td></tr> <tr><td>J3 axis</td><td>170°/s (2.97rad/s)</td></tr> <tr><td>J4 axis</td><td>400°/s (6.98rad/s)</td></tr> <tr><td>J5 axis</td><td>400°/s (6.98rad/s)</td></tr> <tr><td>J6 axis</td><td>500°/s (8.73rad/s)</td></tr> </table>	J1 axis	150°/s (2.62rad/s)	J2 axis	160°/s (2.79rad/s)	J3 axis	170°/s (2.97rad/s)	J4 axis	400°/s (6.98rad/s)	J5 axis	400°/s (6.98rad/s)	J6 axis	500°/s (8.73rad/s)
J1 axis	150°/s (2.62rad/s)												
J2 axis	160°/s (2.79rad/s)												
J3 axis	170°/s (2.97rad/s)												
J4 axis	400°/s (6.98rad/s)												
J5 axis	400°/s (6.98rad/s)												
J6 axis	500°/s (8.73rad/s)												
Max. load capacity at wrist	6kg												
Max. load capacity on J3 cutting	12kg												
Allowable load moment at wrist	<table> <tr><td>J4 axis</td><td>15.7N·m (1.8kgf·m)</td></tr> <tr><td>J5 axis</td><td>9.8N·m (1.0kgf·m)</td></tr> <tr><td>J6 axis</td><td>5.9N·m (0.5kgf·m)</td></tr> </table>	J4 axis	15.7N·m (1.8kgf·m)	J5 axis	9.8N·m (1.0kgf·m)	J6 axis	5.9N·m (0.5kgf·m)						
J4 axis	15.7N·m (1.8kgf·m)												
J5 axis	9.8N·m (1.0kgf·m)												
J6 axis	5.9N·m (0.5kgf·m)												
Allowable load inertia at wrist	<table> <tr><td>J4 axis</td><td>0.63kg·m² (6.4kgf·cm·s²)</td></tr> <tr><td>J5 axis</td><td>0.22kg·m² (2.2kgf·cm·s²)</td></tr> <tr><td>J6 axis</td><td>0.061kg·m² (0.62kgf·cm·s²)</td></tr> </table>	J4 axis	0.63kg·m² (6.4kgf·cm·s²)	J5 axis	0.22kg·m² (2.2kgf·cm·s²)	J6 axis	0.061kg·m² (0.62kgf·cm·s²)						
J4 axis	0.63kg·m² (6.4kgf·cm·s²)												
J5 axis	0.22kg·m² (2.2kgf·cm·s²)												
J6 axis	0.061kg·m² (0.62kgf·cm·s²)												
Drive method	Electric servo drive by AC servo motor												
Repeatability	±0.06mm												
Weight of mechanical unit	134kg (2-axis brake type) 138kg (6-axis brake type)												
Installation environment	<p>Ambient temperature : 0 ~ 45°C</p> <p>Ambient humidity : Normally :75%RH or less : Short time 95%RH or less (within 1 month) (No dew or frost allowed)</p> <p>Vibration : 0.5G (4.9m/s²) or less</p>												

**Imagen 5:** Condiciones de operación del Robot.

## 2. CONTROLADOR R-J2

El controlador R-J2, está unido al robot y contiene la fuente de alimentación eléctrica para el robot, los controles del operador, los circuitos de control y además permite la comunicación del robot con otros dispositivos externos a través de la memoria, el robot es controlado a través de un dispositivo electrónico manual llamado Teach Pendant o panel del operador.

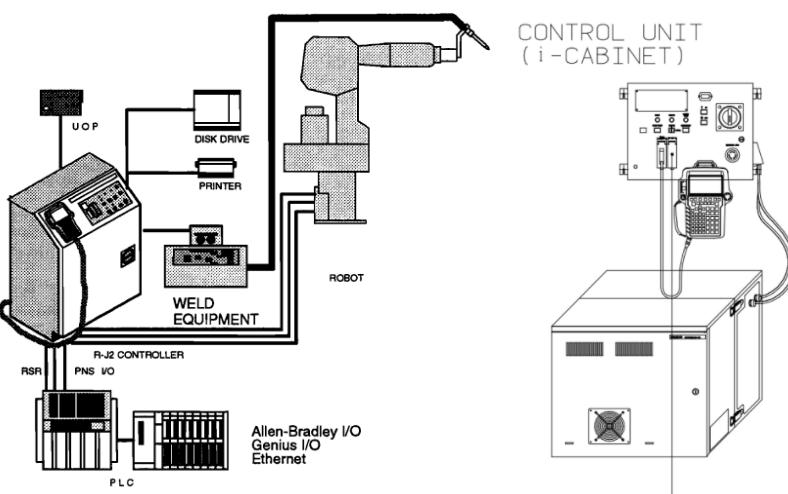
Existen 2 tamaños de controladores, el tamaño B y el tamaño I, ambos se muestran en la siguiente imagen.



*Imagen 6: Tamaños de controladores del robot.*

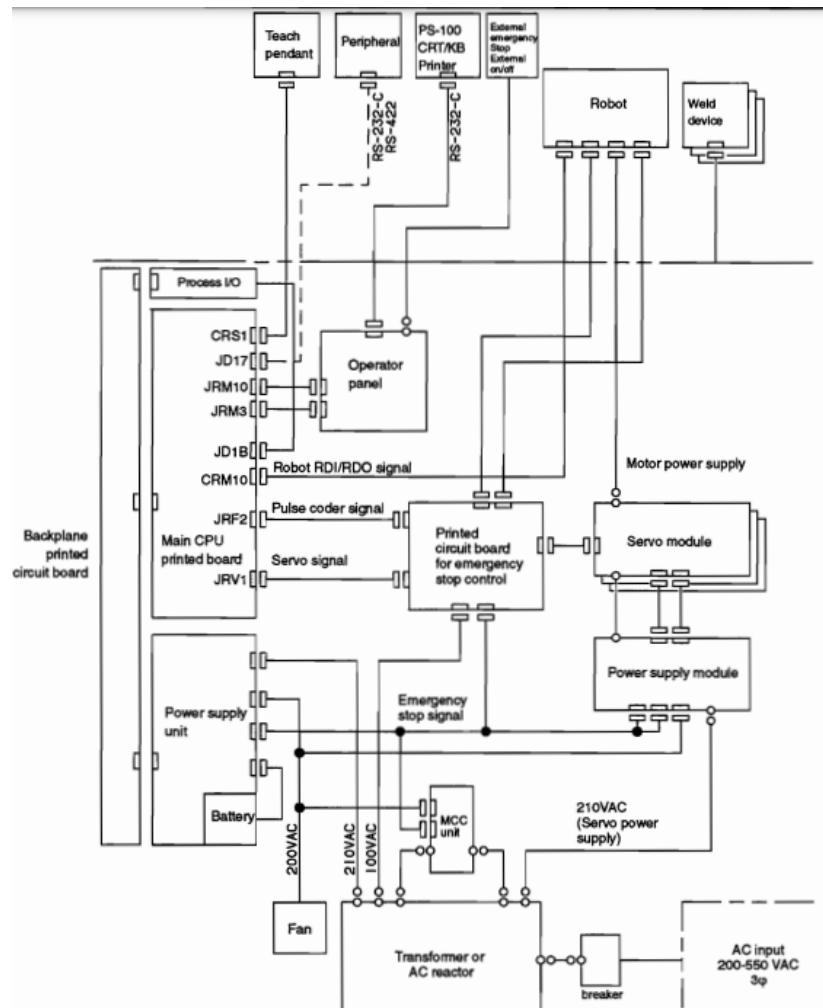
Para el caso en cuestión el robot fanuc que se encuentra en el laboratorio de máquinas y herramientas de la facultad de ingeniería es el tamaño i (i-size).

A continuación se presenta un esquema general de conexión del controlador del robot con el robot, en este caso para el controlador de tamaño B, es importante mencionar que no hay cambios importantes en la conexión del controlador tipo i al tipo B



**Imagen 7: Esquema de conexión general del controlador.**

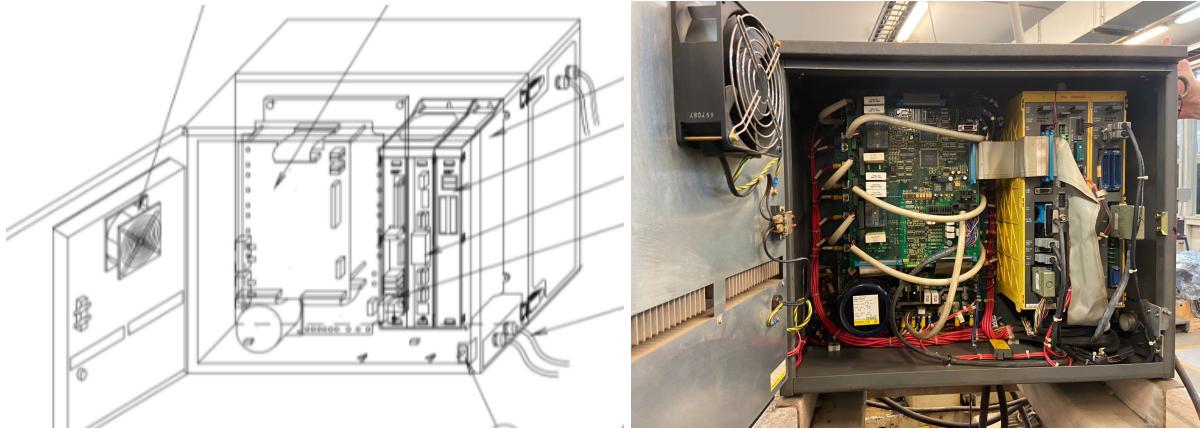
A continuación se presenta un esquema un poco más detallado de las conexiones internas del robot, en el cual se incluyen; entrada entre 200 y 550 V AC, transformador interno del controlador, conexión con el robot, conexión con la CPU, conexión con el teach pendant, conexión con el equipo de soldadura, entre otras que son importantes para el correcto funcionamiento del robot.



**Imagen 8: Esquema de conexión interna del controlador.**

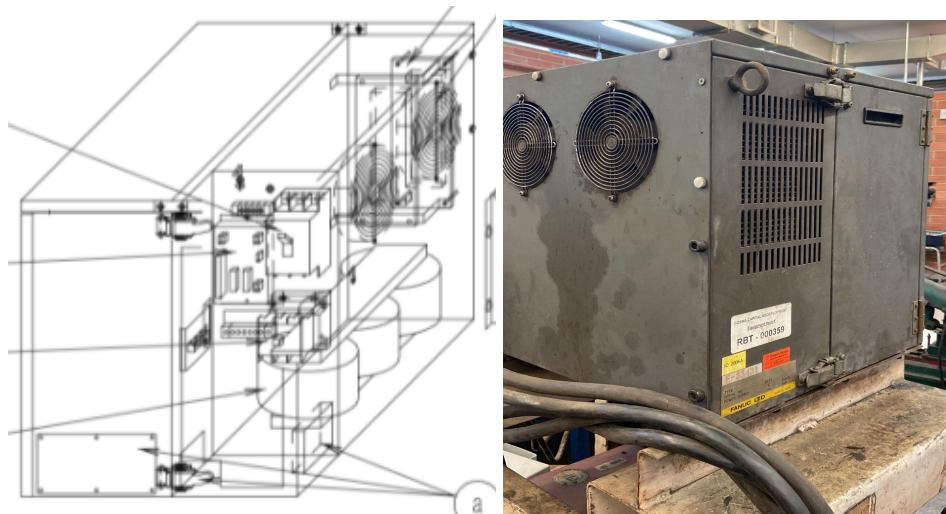
El controlador está compuesto internamente de varios dispositivos detallados en el esquema de conexión anterior, a continuación se presenta su ubicación física dentro del controlador.

**2.1. Parte frontal interior del controlador:** Al abrir esta puerta se encuentra al lado derecho en color amarillo la CPU principal del controlador y la fuente de alimentación del circuito de control, al lado izquierdo se encuentra la tarjeta controlada que envía la señal AC cuadrada a los servomotores y en la puerta el ventilador de refrigeración del equipo.



**Imagen 9:** Parte frontal interior del controlador.

**2.2. Parte trasera interior del controlador:** Al abrir la compuerta trasera se encuentran los sistemas de protección eléctrica y el transformador del control, el cual se encarga de alimentar eléctricamente al equipo de soldadura, a la fuente que está al lado de la CPU y a los servomotores.

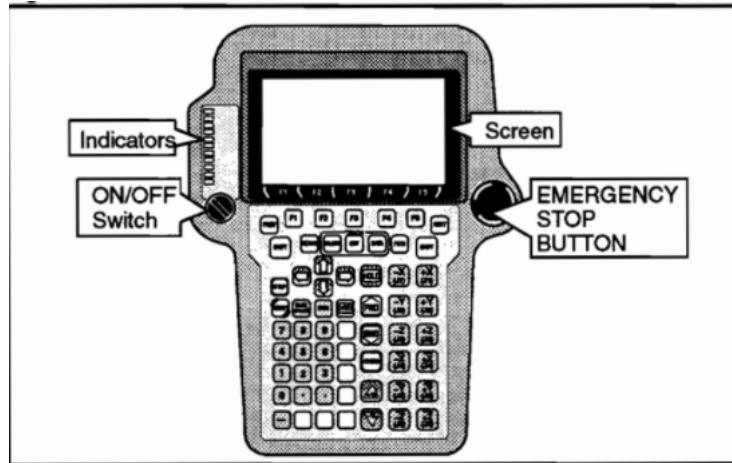


**Imagen 10:** Parte trasera interior del controlador.

### 2.3. Teach Pendant:

El Teach Pendant es un dispositivo de interfaz de operador que muestra los distintos menús del software ArcTool. Este dispositivo está conectado a través de un cable que se conecta a la placa de la CPU Principal dentro del controlador, o por el contrario si es un dispositivo de programación desconectable se conecta al panel del operador.

El Teach Pendant se utiliza para mover el robot, crear programas, probar programas, ejecutar la producción y comprobar el estado del robot. Además este proporciona una pantalla colgante de enseñanza de 16 líneas por 40 caracteres, 11 indicadores de estado y teclas colgantes de enseñanza diseñadas para hacer que ArcTool sea una herramienta más fácil de usar para el usuario. El Teach Pendant no se permite operar si se tienen guantes en las manos.



**Imagen 11: Teach Pendant**

El Teach Pendant posee diversas funciones, tiene un *indicador de estados* en la parte superior izquierda desde el cual se muestra si se ha pausado el programa, si se está corriendo, si está ocupado, si se ha encendido una alarma, entre otros. Cada uno de estos estados tiene unos *LEDs indicadores* asignados que se prende a medida que los estados se vayan activando.

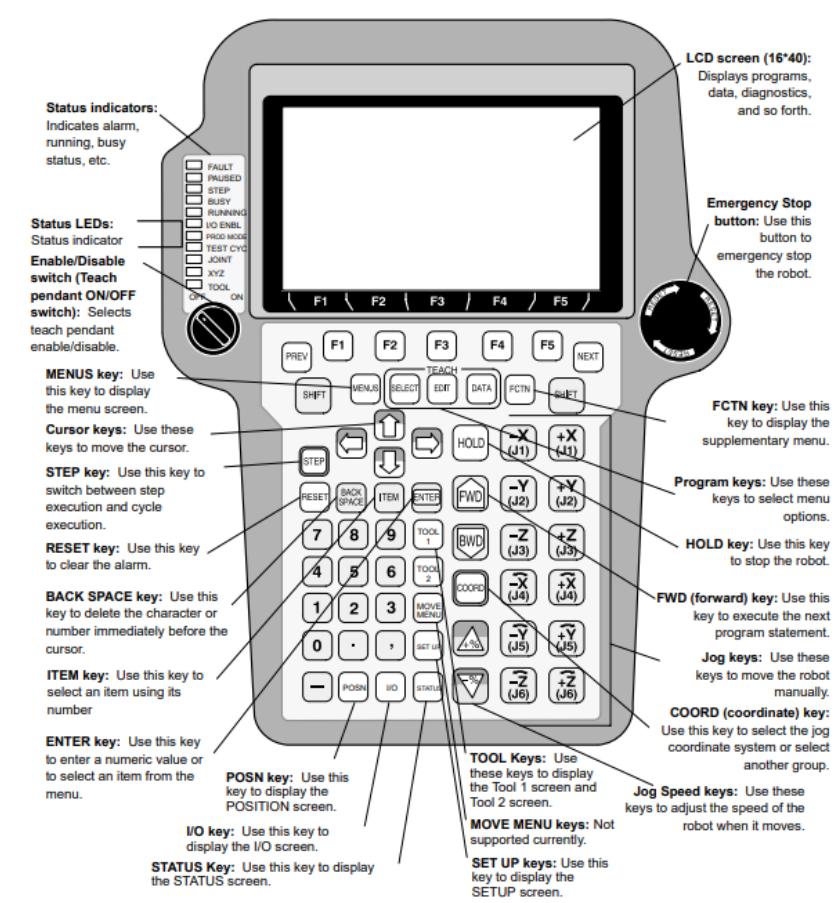
Este dispositivo posee un *switch on/off* y un *botón de parado de emergencia* de color negro los cuales están ubicados a cada lado de la pantalla LCD que consta de 16 x 40 píxeles desde la cual se muestran los diagnosticos del programa, los datos, etc.

En la parte central del Teach Pendant se encuentran las *teclas*, estas se clasifican en grupos los cuales son:

- Teclas del programa* que se usan para seleccionar las opciones de menú.
- Teclas cursores* son el conjunto de flechas desde las cuales se mueve el cursor.
- Teclas de movimiento* que son las que mueven el robot o también llamadas en inglés Jog Keys.
- Teclas de velocidad* son las que ajustan la velocidad del robot cuando este se mueve.
- Teclas coordenadas* son las que seleccionan el sistema de coordenadas u otro grupo de estos.
- Teclas numéricas* que se usan para seleccionar items de un menú con ayuda de la tecla ITEM.

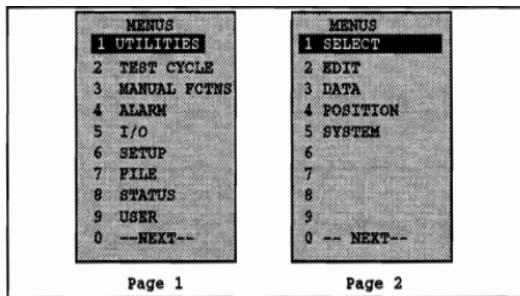
También existen teclas para otras funciones como lo son la tecla de frenado del robot, la tecla FCTN la cual despliega un menú suplementario, la tecla FWD que ejecuta la siguiente declaración del programa en curso, teclas I/O que muestran este menú, también hay teclas que muestran en pantalla la posición actual del robot, entre otras.

En la siguiente imagen se pueden ver más teclas a detalle con sus respectivas funciones.

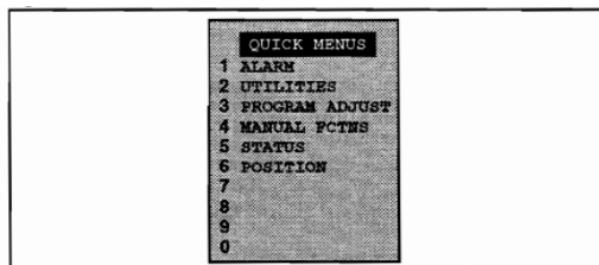


*Imagen 11: Teclas del Teach Pendant*

En la pantalla del Teach Pendant se pueden mostrar dos menús, el full menú y el quick menú los cuales son desplegados por las teclas Menú y FCTN, como se muestra a continuación.

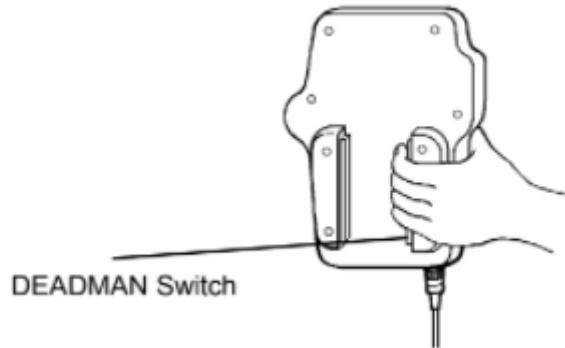


*Imagen 11: Pantalla del Teach Pendant desplegando el menú completo*



*Imagen 12: Pantalla del Teach Pendant desplegando el menú rápido*

El dispositivo cuenta con un interruptor DEADMAN que se usa como dispositivo habilitador. Cuando la botonera de aprendizaje está habilitada este interruptor permite el movimiento del robot únicamente mientras el interruptor deadman está presionado. Si este se suelta el robot se detiene de inmediato.

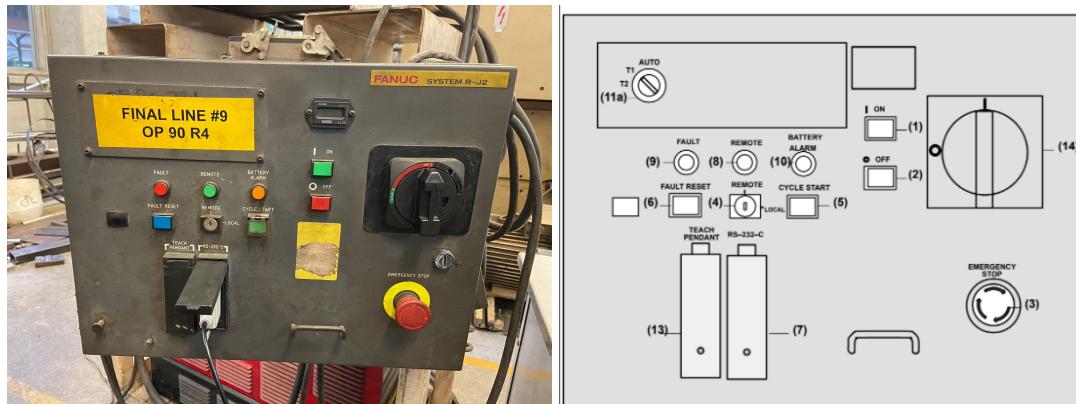


*Imagen 13: Deadman Switch*

#### 2.4. Panel de operador estándar (POE)

El panel del operador estándar consta de botones, interruptores de llave y puertos de conectores que están ubicados en la parte frontal del gabinete del controlador R-J2.

El panel del operador del controlador de tamaño B se coloca horizontalmente mientras que el tamaño i se ubica de forma independiente. En la siguiente imagen se puede ver el OP de tamaño i en el laboratorio.



*Imagen 14: Panel de operador estándar.*

Este panel está conformado por el botón de encendido y apagado que se ven de color rojo y verde en la parte central del panel. En la parte inferior derecha se encuentra un botón rojo que funciona como frenado de emergencia. El botón de color verde claro debajo de los LEDs es el de inicio de ciclo, el cual inicia el programa actualmente seleccionado durante la ejecución del programa este botón está iluminado siempre. El panel del operador cuenta con un puerto de comunicación RS-232, una impresora, una disquetera, entre otros. Posee 3 LEDs que indican si el modo remoto está activado, si hay una alarma activada y finalmente si la batería está agotada. En la parte superior derecha se encuentra un disyuntor usado para la desconexión de la fuente de alimentación. Finalmente en la parte de

abajo a lado del puerto de comunicación se encuentra el puerto de conexión con el Teach Pendant.

## 2.5. Comunicaciones del controlador

El controlador tiene la capacidad de comunicación serial usando los siguientes puertos serie:

1. *RS-422*: El cual se puede utilizar para funciones como Teach Pendant (Colgante de aprendizaje), colgante de aprendizaje remoto y el enlace serial personalizado entre dispositivos
2. *RS-232-C* que se puede usar para compatibilidad con computadores IBM, unidades de disco PS-100, PS-110 o PS-200, impresoras y supervisión de depuración.
3. *Interfaz de red de E/S GEFANUC Genius*
4. *Interfaz de E/S remotas de Allen-Bradley*

## 2.6. Movimiento

El sistema de robot R-J2 utiliza un sistema de movimiento para controlar el movimiento del robot, este regula las características del movimiento del robot, incluida la trayectoria, la aceleración, desaceleración y velocidad del robot.

El TCP en el robot Fanuc es el punto de la antorcha donde se realizará la soldadura, por ello el movimiento de un sólo segmento es el movimiento del punto central de la herramienta TCP desde una posición inicial hasta la posición de destino deseada.

Existen tres tipos diferentes de movimiento: lineal, circular y articular y se usan para realizar movimientos y tareas del robot, por ejemplo:

- Se utiliza el movimiento lineal si el robot debe moverse en línea recta entre dos posiciones.

-Se utiliza el movimiento circular cuando las posiciones deben estar a lo largo del arco de un círculo.

El tipo de *determinación* de este robot se puede determinar como *fina y continua*, y la *velocidad* se especifica en *grados de unidades angulares o en longitud* para un tiempo determinado y así ejecutar el movimiento.

El controlador permite al robot crear opcionalmente hasta 3 grupos de movimientos, de forma predeterminada un grupo de movimiento siempre está disponible y se pueden configurar grupos de movimientos adicionales para realizar tareas que se ejecuten simultáneamente con las del robot.

Cada grupo de movimiento puede contener hasta un máximo de 9 ejes, y el número total de ejes no puede exceder los 16.

## 2.7. Memoria del controlador

Están disponibles los siguientes tipos de memoria interna del controlador:

- D-RAM (memoria dinámica de acceso aleatorio)
- RAM CMOS (memoria de acceso aleatorio)
- Flash ROM (FROM) (Memoria de solo lectura)

Además, el controlador es capaz de almacenar información externamente en la

DRAM que es una RAM volátil que se utiliza para:

- Memoria de trabajo para el sistema.
- Programas KAREL cargados
- La mayoría de las variables KAREL

La RAM CMOS es una RAM respaldada por batería que se utiliza para:

- Software Handling Tool
- Programas de usuario
- Datos variables

La Flash ROM, o FFROM, es una memoria no volátil que contiene HandlingTool y no cambia, tiene la capacidad de realizar copias de seguridad y almacenar archivos en una memoria externa, como un disquete, discos, y en la computadora personal fuera de línea (OLPC) de FANUC.

### **3. ARCTOOL SOFTWARE**

ArcTool es un producto de software el cual se ejecuta en el controlador R-J2 y está personalizado para la aplicación de soldadura por arco. Este utiliza una interfaz de enseñanza (Teach Pendant) que proporciona comandos y menús necesarios para que pueda completar su tarea. Este software contiene todos los comandos que le permiten comunicarse con el robot y los dispositivos externos, los cuales pueden incluir paneles de soldadura y paneles de operador remotos, también controla todo el movimiento del robot de ejes estándar y ejes extendidos, así como las entradas y salidas que se usan entre el controlador y otros dispositivos como controladores de celda y dispositivos de almacenamiento de archivos externos.

Entre las funciones principales están:

- Configuración de la información requerida para la aplicación
- Programación de la aplicación
- Prueba del programa
- Ejecución de la producción
- Mostrar y monitorear la información del proceso.

Los programas de aplicación son un conjunto de instrucciones que cuando se ejecutan en una secuencia completan su tarea de soldadura por arco.

#### **3.1. Programa**

Este software permite modificar un programa de diversas maneras como:

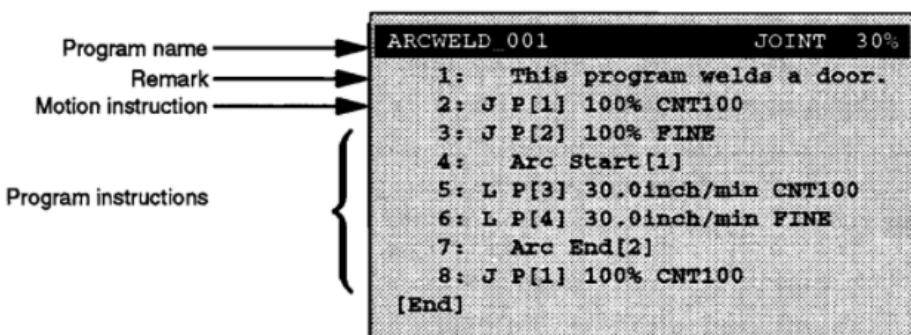
- Instrucción de encendido y apagado* para controlar el arc.
- Instrucción de movimiento* para controlar la posición del robot o la pieza de trabajo en el lugar adecuado de la celda de trabajo.
- Instrucción de offset* para compensar las variaciones en la pieza de trabajo.
- Instrucción de registro* usada para almacenar información numérica del programa.
- Instrucción de registro de posición* encargada de manipular la información posicional del programa.
- Instrucción I/O* para enviar y recibir señales de equipos en la celda de trabajo.
- Instrucción de espera* usada para retrasar la ejecución del programa.

-*Instrucciones misceláneas* para permitir funciones como escribir mensajes a la pantalla.

-*Instrucciones de comando macro* para realizar acciones específicas y de uso frecuente.

-*Instrucciones de bifurcación* para controlar la dirección y el orden del flujo del programa.

-*Instrucciones del sensor* para controlar los distintos sensores.



En esta imagen se puede ver un ejemplo de programa.

*Imagen 15: Programa del ArcTool*

#### 4. ENCENDIDO Y ACCIONAMIENTO DEL ROBOT

Antes de que pueda crear un programa y ejecutarlo, primero se debe saber cómo encender y mover el robot.

Encender el robot proporciona energía al robot y al controlador, los siguientes métodos son usados para encender un robot.

##### 4.1. Encendido y apagado

###### Encendido:

1. *Cold Start:* Se demora un promedio de 30 segundos, lo que hace es inicializar las variables del sistema, inicializar los cambios I/O y mostrar el banner de la herramienta ArcTool en pantalla.

Ahora para poder ejecutar el cold start se deben seguir los siguientes pasos:

- Visualmente inspeccionar el robot, controlador, celda de trabajo, y el área alrededor del robot.
- Encender el breaker en el panel de operación.
- Presionar el botón de encendido de color verde del panel de operación. Este botón se va a iluminar una vez esté activado y en la pantalla del Teach Pendant se va a visualizar el banner del ArcTool y su versión instalada.

###### Apagado:

Si el programa está corriendo o el robot se está moviendo se debe presionar HOLD en el Teach Pendant y se siguen los siguientes pasos.

- Se detiene cualquier ejecución o comando que se esté ejecutando antes de apagarse.
- Se presionar el botón de apagado en el panel de operación
- Se apaga el breaker de alimentación de energía.

## 4.2. Accionamiento del robot

El accionamiento del robot es mover los ejes de este presionando las teclas en el control remoto. Antes de agregar una instrucción de movimiento al robot primero se debe desplazar el robot a la posición que se deseé.

Los siguientes elementos afectan la forma en que el robot se desplaza:

- Velocidad de desplazamiento: rapidez con la que se mueve el robot.
- Sistema de coordenadas: La forma en la que se mueve el robot cuando se desplaza.
- La muñeca del eje menor: Como se moverán los ejes de la muñeca.

Los elementos que afectan a los ejes que se mueven durante el desplazamiento son:

- Grupos de movimiento: El grupo de movimiento que se selecciona

**La velocidad de trote (jog speed)** es un porcentaje de la velocidad máxima a la que puede trotar el robot. Usualmente esta velocidad se muestra en la esquina derecha del Teach Pendant como se muestra en la siguiente figura



*Imagen 16: Jog Speed en la pantalla*

Cuando está al 100% indica que el robot se moverá con la máxima velocidad del jog posible y la velocidad de avance máxima posible varía según el modelo del robot. Esta última está definida por el punto central de la herramienta TCP moviéndose a una velocidad igual o inferior a 250mm/s.

Cuando se usan los valores VFINE y FINE, el robot se mueve un paso a la vez, se debe soltar la tecla jog y presionar otra vez para que el robot se mueva de nuevo.

Speed Values	Joint	Cartesian
100, 95, 90, 85, ... 20, 15, 10 ,5 ,4 ,3 ,2 ,1	% of jog speed	% of jog speed
FINE (incremental steps)	Approximately 0.001 degrees	Approximately 0.023 mm
VFINE (incremental steps)	Approximately 0.0001 degrees	Approximately 0.002 mm

*Imagen 17: Valores FINE y VFINE del jog speed.*

Como se muestra en la tabla de la imagen 16, FINE y VFINE sirven para disminuir e incrementar la velocidad. Cuando se va a manipular esto en el robot se debe establecer la velocidad de avance lento en un valor que sea apropiado para la celda de trabajo y se debe usar esta velocidad hasta que se familiarice con el robot. Entre más lenta sea la velocidad del jog más control va a tener sobre él.

Para manipularlo desde el Teach Pendant esta velocidad solo aumenta cuando se muestra en la pantalla COORD/JOG SPEED y para que aparezca eso se deben presionar las teclas COORD o +% o -% y así mismo para hacer cambios en la velocidad.

### **Sistema de coordenadas.**

Un sistema de coordenadas define cómo se moverá el robot. Hay tres sistemas de coordenadas:

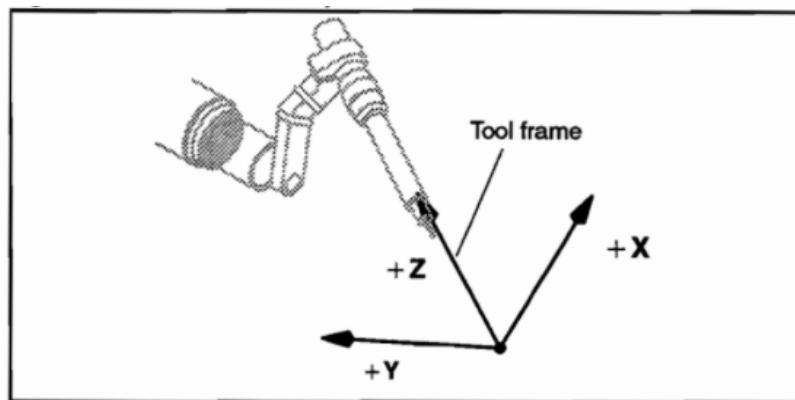
-JOINT

-XYZ el cual incluye WORLD, JGFRM y USER.

-TOOL

Se cambia el sistema de coordenadas oprimiendo la tecla COORD en el Teach Pendant y se muestra el sistema de coordenadas que se tiene en la pantalla en la esquina superior derecha y en los LEDs indicadores del Teach Pendant.

1. **Sistema de coordenadas joint:** Mueve los ejes individuales del robot.
2. **Sistema de coordenadas xyz:** Mueve la placa frontal del robot en las direcciones x, y o z, y sobre los ejes x, y o z (w, p o r).  
Se puede desplazar el robot usando sistemas de coordenadas WORLD, USER o JGFRM.
3. **Sistema de coordenadas TOOL:** Mueve el robot TCP en las direcciones x, y o z.



*Imagen 18: Sistema de coordenadas tool.*

### **Desplazamiento de la muñeca**

Permite controlar cómo se desplazarán los ejes del robot cuando utilicen un sistema de coordenadas cartesianas como WORLD o TOOL. En el movimiento de la muñeca los ejes de la muñeca son fijos y no cambian cuando se les realiza el movimiento en las coordenadas x, y y z.

Cuando se mueve un eje de la muñeca usando el movimiento de la muñeca, los otros ejes de ella permanecen estacionarios y el resto de los ejes del robot se mueven para adaptarse a este movimiento de los ejes de la muñeca.

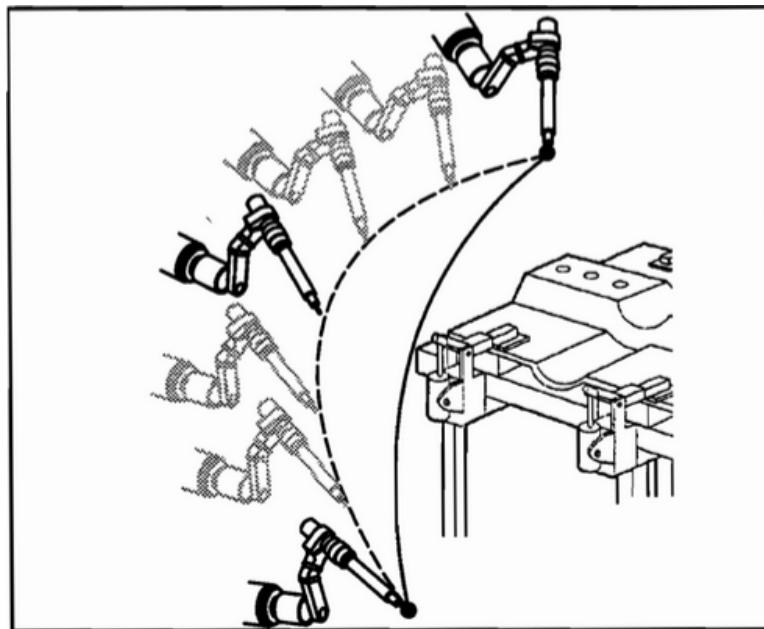
Para seleccionar este movimiento se oprime la tecla FCTN en el Teach Pendant y así se puede ver el sistema de coordenadas y permite su movimiento.

## **5. PLANIFICACIÓN Y CREACIÓN DEL PROGRAMA**

Lo primero que se debe tener en cuenta para la creación de los programas de movimientos y tareas del robot son el tipo de movimientos y para qué tarea se pueden usar estos.

Los movimientos llamados **joint** son tienen un ciclo de trabajo más rápido y por lo general se usan para pasar entre trayectorias de soldadura. Los movimientos **lineales** se realizan en tiempos más lentos, por ende se usan para realizar la soldadura o cuando son lugares

muy lejanos de la base y en el que el torque generado por el brazo puede desestabilizar la base.



*Imagen 19: Movimientos del robot.*

Para la creación y planificación de un programa se tienen que tener en cuenta ciertos aspectos de los que se va a hablar a continuación.

### 5.1. Definiciones generales

#### **Posiciones predefinidas**

Estas son las posiciones que se pueden utilizar varias veces en un mismo programa o en otros. Por lo general estas posiciones vienen predefinidas y ligadas a una entrada.

Estas posiciones también se usan para señalizar el momento en que el robot alcanza una respectiva posición.

Las formas de ingresar al robot las posiciones predefinidas son por medio de **Macros o programas**, de ambas maneras se deben usar los registros de posición que tienen dichas coordenadas.

#### **Macros**

Para ejecutar un macro se pueden usar las llaves específicas del **teach pendant**, los botones específicos del panel del operador o con un programa que utilice la instrucción **MACRO COMMAND**.

Esta forma de programar las posiciones permite tener cierta flexibilidad a la hora de volver el robot a una posición predefinida.

Las posiciones de los macros se pueden ajustar utilizando el programa **TOUCHUP**, además, se puede pulsar la opción **USER PB\*** al inicio de cada ciclo de producción o turno para que el robot comience el movimiento en una posición conocida.

## **Programas**

Los programas se pueden usar para que el robot se mueva entre posiciones establecidas, estas también pueden ser posiciones de referencia o posiciones predefinidas, y también pueden ser ajustadas mediante el **TOUCHUP**.

## **Registro de posiciones**

Estos registros sólo permiten guardar una posición y pueden usarse también para guardar posiciones preestablecidas.

**Las posiciones de referencia guardadas en el registro de posiciones se cargan de forma global, por ende, al cambiar una posición de referencia, cambiará todos los movimientos en los que se use dicha posición de referencia.**

Para establecer un registro de posición como posición predefinida se deben seguir los siguiente pasos

1. Presione **DATA**
2. Presione **F1, [TYPE]**
3. Seleccionar **Position Reg.**
4. Mueva el cursor hasta el registro de posición que desee configurar
5. Desplazar el robot hasta la posición que desea definir
6. Mantenga pulsada la tecla **SHIFT** y presione **F3, RECORD**.

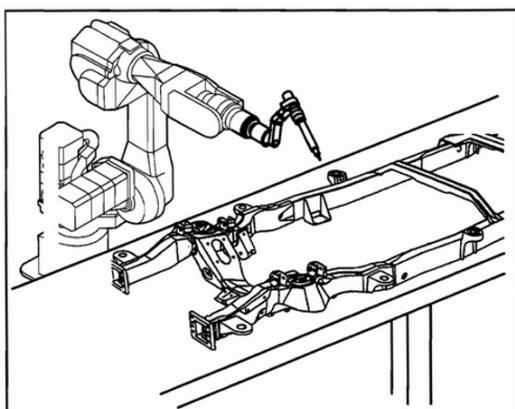
Para utilizar un registro de posición como posición de referencia en un programa, incluya el registro de posición que se configuró en una instrucción de movimiento.

**NOTA:** *Las posiciones grabadas y los registros de posición se ven afectados por UFRAME, y UFRAME tiene un efecto durante la reproducción, si se cambia UFRAME, las posiciones grabadas y los registros de posición también cambiarán.*

## **5.2. Posiciones del robot**

### **-Posición Home**

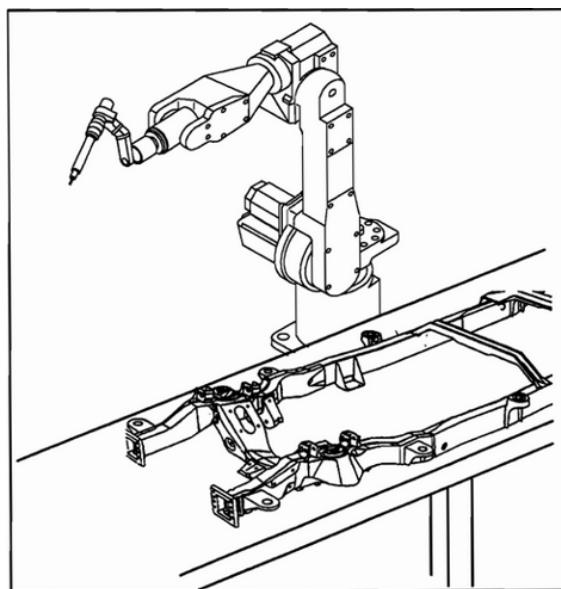
Se programa el robot para que se mueva a la posición de inicio antes de la primera posición de soldadura por arco, entre ciclos y en cualquier momento en que el robot deba estar alejado de la actividad realizada en la celda de trabajo.



**Imagen 20:** Posición home del robot.

### **-Posición de reparación**

La posición de reparación es una posición en la que se realizan las operaciones de reparación del robot. programe el robot para que se mueva a la posición de reparación cada vez que se deban realizar operaciones de reparación. Registre la posición de reparación lejos de otros equipos y del área de transferencia.



*Imagen 21: Posición de reparación del robot.*

### **-Posición de seguridad**

Está alejada de los dispositivos y de la zona de transferencia de la pieza. Se programa el robot para que se mueva a la posición de seguridad cada vez que sea necesario alejar el robot de la celda de trabajo.

## **5.3. Escribir o modificar un programa**

### **Como escribir o modificar un programa**

Se pueden escribir nuevos programas y modificar los existentes para dirigir al robot a realizar una tarea específica para esto la escritura del programa incluye:

- Nombrar el programa
- Definir las instrucciones por defecto
- Añadir instrucciones al programa

La modificación de un programa incluye:

- Seleccionar el programa

- Modificar las instrucciones por defecto
- La búsqueda de instrucciones
- Renumeración de las instrucciones.

Cuando escriba un nuevo programa debe:

- Nombrar el programa y establecer la información de la cabecera del programa.
- Modificar la información de las instrucciones por defecto. Esto incluye la modificación de las instrucciones de movimiento y de las instrucciones de soldadura por arco.
- Añadir instrucciones de movimiento al programa.
- Añadir instrucciones de soldadura por arco y otras instrucciones al programa.

Se puede nombrar un programa utilizando tres métodos diferentes:

**-Palabras:** Seleccionar palabras predefinidas para insertar en el menú.

Las palabras predefinidas son:

- RSR
- PNS
- PRINCIPAL
- SUB
- TEST

**-Mayúsculas:** Este método le permite utilizar letras mayúsculas y cualquier número.

**-Minúsculas:** Este método le permite utilizar letras minúsculas y cualquier número. Para el nombre del programa, las letras minúsculas se convierten automáticamente en mayúsculas después de introducirlas.

Las opciones anteriormente nombradas le permiten al usuario cambiar si está sobrescribiendo, insertando o borrando el nombre del programa o la información de los comentarios. Además, puede combinar palabras, letras mayúsculas y minúsculas para formar el nombre del programa. Hay que tener en cuenta un punto muy importante y es la información a detalle de la cabecera.

### **Definición de la información de detalle**

El detalle de la información de la cabecera del programa incluye:

- Fecha de creación
- Fecha de modificación
- Origen de la copia
- Número de posiciones y tamaño del programa.
- Nombre del programa
- Subtipo
- Comentario
- Máscara de grupo
- Protección de escritura
- Ignorar pausa

## **5.4. Añadir instrucciones y crear un programa**

### ***Definición de información de instrucciones por defecto***

Las instrucciones de movimiento indican al robot que se mueva hacia un arco en la celda de trabajo de una manera específica. Al crear un programa, puede definir, por adelantado, la forma en que desea que se mueva el robot al añadir una instrucción de movimiento. Para ello, defina la información de la instrucción de movimiento por defecto. Las instrucciones de movimiento predeterminadas pueden incluir insuficiencias de soldadura por arco, así como otras opciones de movimiento.

Después de definir las instrucciones por defecto, puede añadirlas al programa. Puede seleccionar una de las instrucciones por defecto disponibles para que sea la instrucción por defecto actual moviendo el cursor a esa instrucción. Puede definir y cambiar las Instrucciones por defecto en cualquier momento mientras escribe o modifica un programa.

### ***Añadir instrucciones***

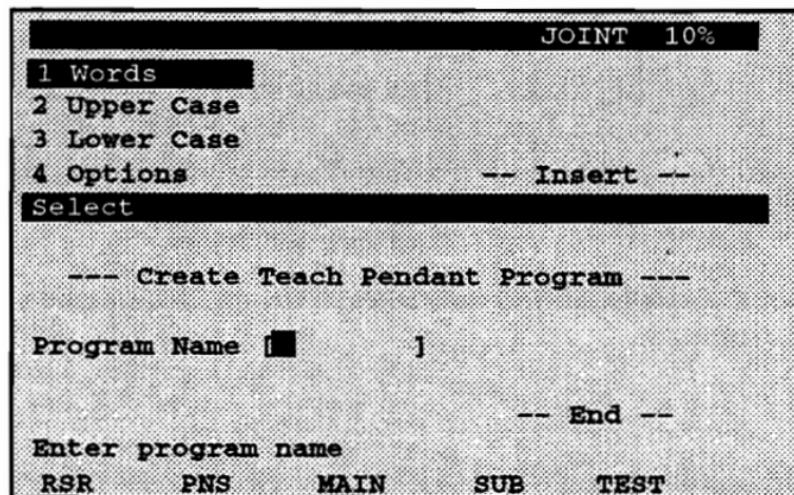
También puede añadir a su programa otras instrucciones no incluidas en la instrucción de movimiento por defecto. Por defecto a su programa. Para añadir estas instrucciones, seleccione el tipo de instrucción que desee añadir al programa y utilice la información de la pantalla para introducir la información específica de la instrucción. Todas las instrucciones se añaden siguiendo el mismo procedimiento general. Las instrucciones de movimiento. Sin embargo, las instrucciones de movimiento requieren cierta información específica.

### ***Condiciones para realizar un programa***

- Todos los equipos personales y no necesarios están fuera de la celda de trabajo.
- La consola de aprendizaje está encendida (Teach Pendant)
- Ajustado el número de bastidor del usuario a un valor entre 1 y 5

### ***Nombrando el programa***

1. Presione la tecla SELECT
2. Si no aparece F2, CREATE, pulse NEXT, >.
3. Pulse continuamente el interruptor DEADMAN y ponga el interruptor Teach Pendant ON/OFF en ON.
4. Pulse F2, CREATE. Verá una pantalla similar a la siguiente:



*Imagen 22: Nombrar programa.*

5. Ingrese el nombre del programa nuevo

Sí está escribiendo un programa para la operación de producción usando RSR o PNS, nombre el programa como sigue:

-Un programa RSR debe ser RSRnnnn donde nnnn es un número de cuatro dígitos, como, por ejemplo; RSR 0001

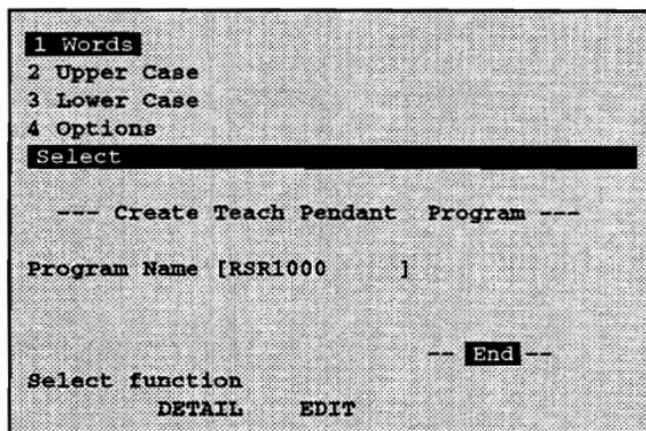
-Un programa PNS debe ser PNSnnnn donde nnnn es un número de cuatro dígitos, como, por ejemplo; PNS 0001

Ahora se van a seguir los siguientes comandos:

- A. Se mueve el cursor para seleccionar un método para nombrar el programa: Palabras, Mayúsculas o Minúsculas.
- B. Se pulasan las teclas de función cuyos rótulos corresponden al nombre que desea dar al programa. estos rótulos varían en función del método de denominación elegido en el paso A

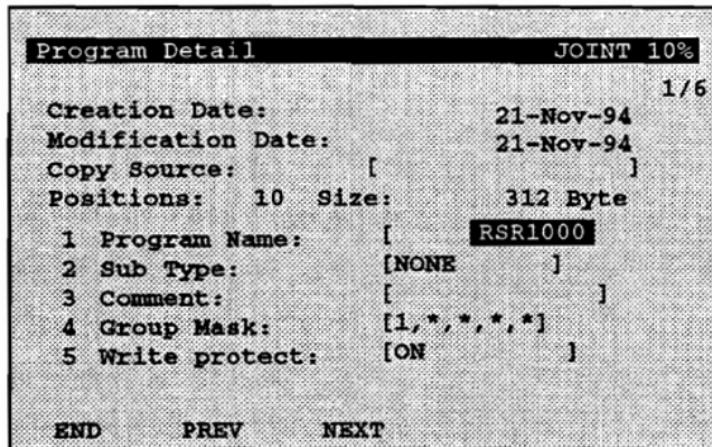
**Para borrar un carácter, pulse BACK SPACE.**

- C. Cuando se haya terminado, pulse ENTER. Verá una pantalla similar a la siguiente



*Imagen 23: Pantalla del Teach Pendant*

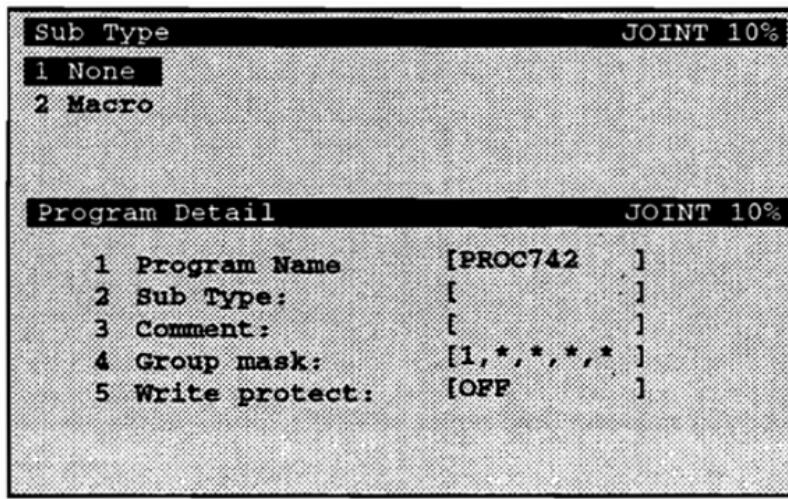
- Para mostrar la información de la cabecera del programa, pulse F2, DETAIL. Verá una pantalla similar a la siguiente.



*Imagen 24: Información de cabecera*

**Nota:** Para omitir la configuración de la información de la cabecera del programa y comenzar a editarlo, pulse F1, END, y pase a Definir las instrucciones de movimiento por defecto en este procedimiento.

- Para fijar o renombrar el programa, mueva el cursor hasta el nombre del programa y pulse ENTER.
- Para seleccionar un subtipo, desplace el cursor hasta el subtipo y pulse F4, [CHOISE]. Se va a ver una pantalla similar a la siguiente.



*Imagen 25: Selección de subtipo*

9. Para escribir un comentario, mueva el cursor a comentario y pulse ENTER.
10. Para establecer la máscara de grupo (o grupo de movimiento), mueva el cursor hasta el grupo que desee activar o desactivar. Puede utilizar varios grupos en un mismo programa, pero sólo dos grupos pueden realizar movimientos cartesianos dentro de un mismo programa. La primera posición de la máscara de grupo corresponde al primer grupo. Actualmente sólo están disponibles los grupos 1, 2 y 3.
  - A. Para activar un grupo, desplácese hasta el grupo que desee y pulse F4, 1, para cada grupo activado.
  - B. Para desactivar un grupo, desplácese hacia la derecha hasta el grupo que desee y pulse F5, \*. Si desactiva todos los grupos, no podrá añadir instrucciones de movimiento a su programa.

**NOTA:** Si su sistema no está configurado para múltiples grupos, sólo podrá seleccionar un 1, para el primer grupo, o un \*, para ningún grupo.

**NOTA:** Una vez configurada la máscara de grupo, y añadidas las instrucciones de movimiento al programa, la pantalla de la unidad de control se mostrará en la parte inferior de la pantalla. De movimiento al programa, la máscara de grupo no puede ser cambiada para ese programa.

11. Para establecer la protección contra escritura, mueva el cursor a Protección contra escritura.
12. Para establecer la pausa de ignorar, mueva el cursor a Ignorar pausa.
13. Cuando haya terminado de introducir la información del programa, pulse F1, FIN. Aparecerá la pantalla del editor de la consola de aprendizaje.

**NOTA:** Siempre que quiera volver al primer menú SELECT, pulse PREV hasta que aparezca en la pantalla.

14. Se coloca el interruptor ON/OFF de la consola de programación en la posición OFF y suelte el interruptor DEADMAN.

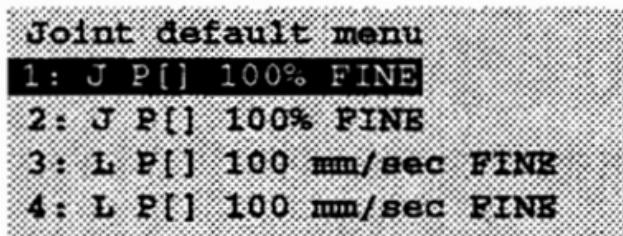
#### **Edición del programa de fondo**

Si la variable del sistema BACKGROUND es FALSE, la consola de aprendizaje debe permanecer encendida durante la programación. Si desea apagarlo, debe escribir el programa en segundo plano.

1. Presione el interruptor DEADMAN y cambie el interruptor ON/OFF de la consola de aprendizaje a ON.
2. Pulse EDIT.
3. Pulse F1, PUNTO:

Va a observar las instrucciones de movimiento por defecto.

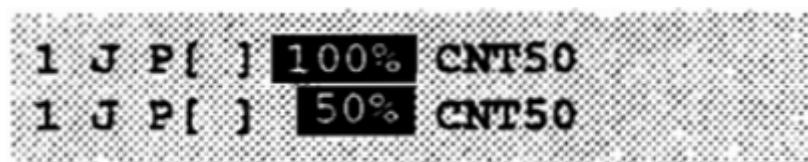
- Dos motivos de articulación.
- Dos para movimientos lineales



**Imagen 26:** Instrucciones de movimiento por defecto

**Nota:** Si las instrucciones listadas son las que usted quiere usar, no las modifique. Vaya a definir las instrucciones de soldadura de arco por defecto.

4. Para modificar las instrucciones de movimiento por defecto, pulse F1, ED\_DEF
5. Mueva el cursor a la instrucción por defecto que deseé modificar
6. Mueva el cursor al componente que deseé modificar.
7. Utilice las teclas de flecha y de función adecuadas para modificar el componente y pulse ENTER. Si aparece la tecla de función [CHOICE], pulse F4 para que aparezca una lista de valores para el componente seleccionado.



**Imagen 27:** Lista de valores

8. Repita los pasos 5 a 7 para cada instrucción por defecto que desee definir.
9. Cuando haya terminado de definir las instrucciones de movimiento por defecto, mueva el cursor o la instrucción que desee que sea la instrucción por defecto actual y pulse F5, DONE.



*Imagen 28: Instrucción movimiento por defecto*

10. Para guardar las instrucciones de movimiento por defecto modificadas.
11. Para cargar los archivos de instrucciones de movimiento por defecto.

#### **Para agregar posiciones**

1. Para registrar la posición utilizando la instrucción de movimiento predeterminada actual
  - Mueva el robot hasta la ubicación de la célula de trabajo en la que desee grabar la instrucción de movimiento.
  - Mantenga pulsada la tecla SHIFT y pulse F1, PUNTO: La instrucción se añadirá al programa automáticamente
2. Para grabar la posición utilizando una de las otras tres posiciones de movimiento por defecto posiciones
  - Mueva el robot hasta la posición de la célula de trabajo en la que desea grabar la instrucción de movimiento.
  - Pulse F1, PUNTO
  - Mueva el cursor a una nueva posición por defecto.
  - Pulse ENTER y esta posición se convierte en la actual posición por defecto.
3. Para grabar la instrucción de punto de soldadura para el inicio o el final del arco, pulse y mantenga pulsada la tecla SHIFT y pulse F3, WELD\_PT. Para registrar la posición utilizando una de las otras tres instrucciones por defecto de weld\_pt.
  - Mueva el robot hasta la posición de la celda de trabajo en la que desee grabar la instrucción de movimiento.
  - Pulse WELD\_PT.
  - Utilice el cursor para seleccionar una nueva instrucción de punto de soldadura por defecto.
  - Pulse ENTER. Esto se convierte en el punto de soldadura por defecto actual por defecto.
4. Para añadir otras instrucciones, pulse NEXT hasta que aparezca F2, [INST] y luego pulse F2, [INST]. Seleccione el tipo de instrucción que desee y utilice las selecciones adecuadas en la pantalla para construir la instrucción.

#### **Cuando haya terminado**

Se pone el interruptor Teach Pendant ON/OFF en OFF y suelte el interruptor DEADMAN

## Modificar un programa

1. Se pulsa seleccionar
2. Se muestra la lista de preprogramas correspondiente pulse F1, [TIPO]. Seleccione la lista que deseé desplace el cursor hasta el nombre del programa que desea modificar
3. Se pulsa ENTER
4. Se pulsa continuamente el interruptor DEADMAN y ponga el interruptor teach pendant ON/OFF en ON

## 6. PASO A PASO DE LA CREACIÓN DE UN CÓDIGO DE MOVIMIENTO

Se va a explicar el paso a paso de la creación de un código de movimiento en el robot fanuc Arc Mate 100i en el laboratorio de la universidad de Antioquia.

Inicialmente cabe resaltar que para la creación de un programa en el robot primero se debe acceder al *usuario de instalador*, así como se describe a continuación.

Se debe presionar la tecla MENU y seleccionar la opción USER; tal y como se muestra en la siguiente imagen.



Imagen 29 : Menú del robot.

Posteriormente se presenta una lista de todos los usuarios que tiene el robot, para el caso del robot que se encuentra en el laboratorio de máquinas y herramientas de la facultad de ingeniería se debe acceder al usuario de instalador (INSTALL).

A continuación se muestra una imagen con algunos de los usuarios que tiene el robot.

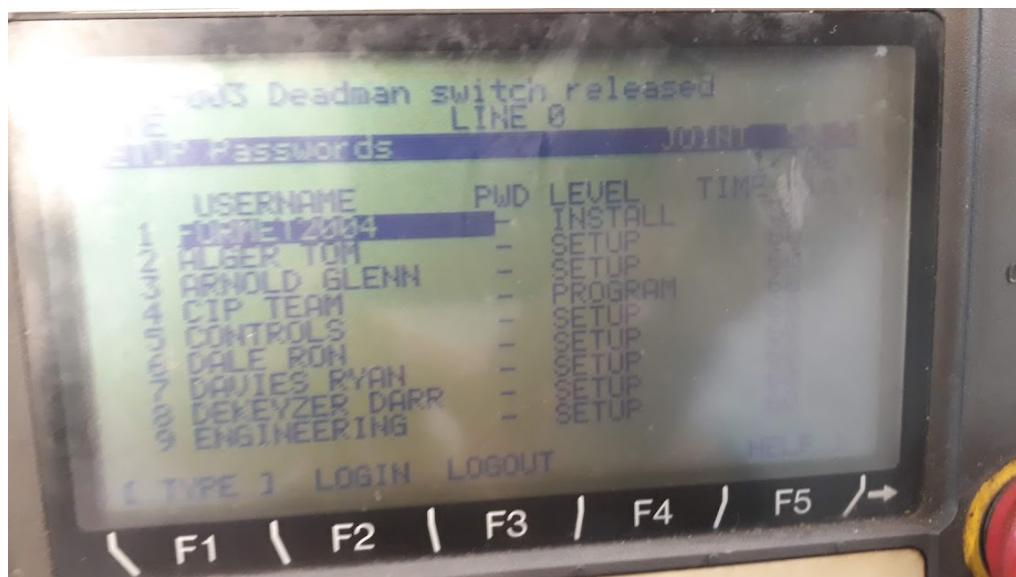


Imagen 30 : Usuarios del robot.

Para este caso el usuario se llama FORMET2004, el siguiente paso es presionar el botón F2 ( LOGIN), posteriormente se debe ingresar la clave de instalador, para este robot la clave es numérica, así; **4652**.

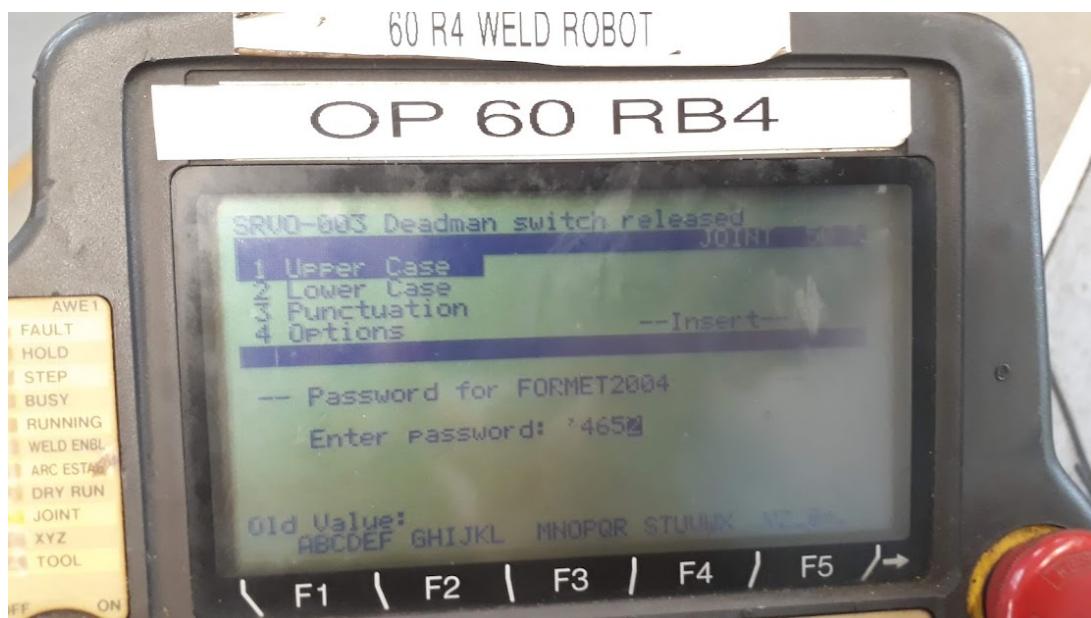
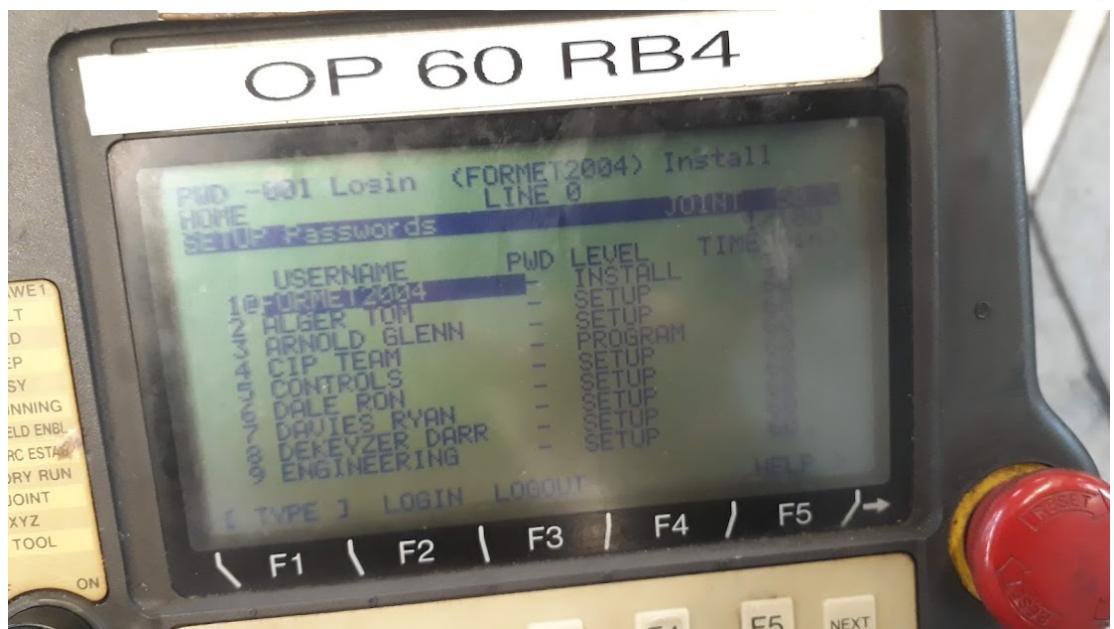


Imagen 31 : Clave del usuario instalador.

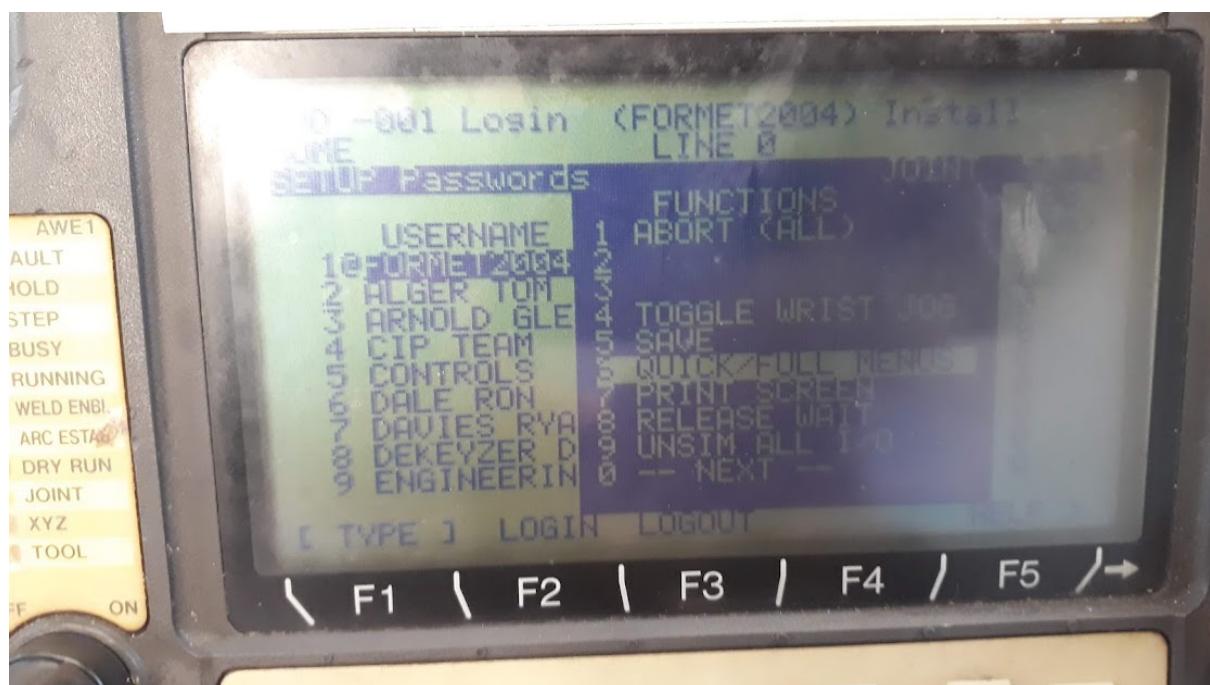
Una vez se ha ingresado se debe verificar que en la lista de usuarios se indique un @ al lado del usuario instalador, lo cual indica que se ha ingresado correctamente al usuario.



*Imagen 32 : Acceso correcto al usuario instalador.*

Posteriormente se oprime la tecla SELECT y a continuación se presenta una lista de todos los programas que se pueden ejecutar.

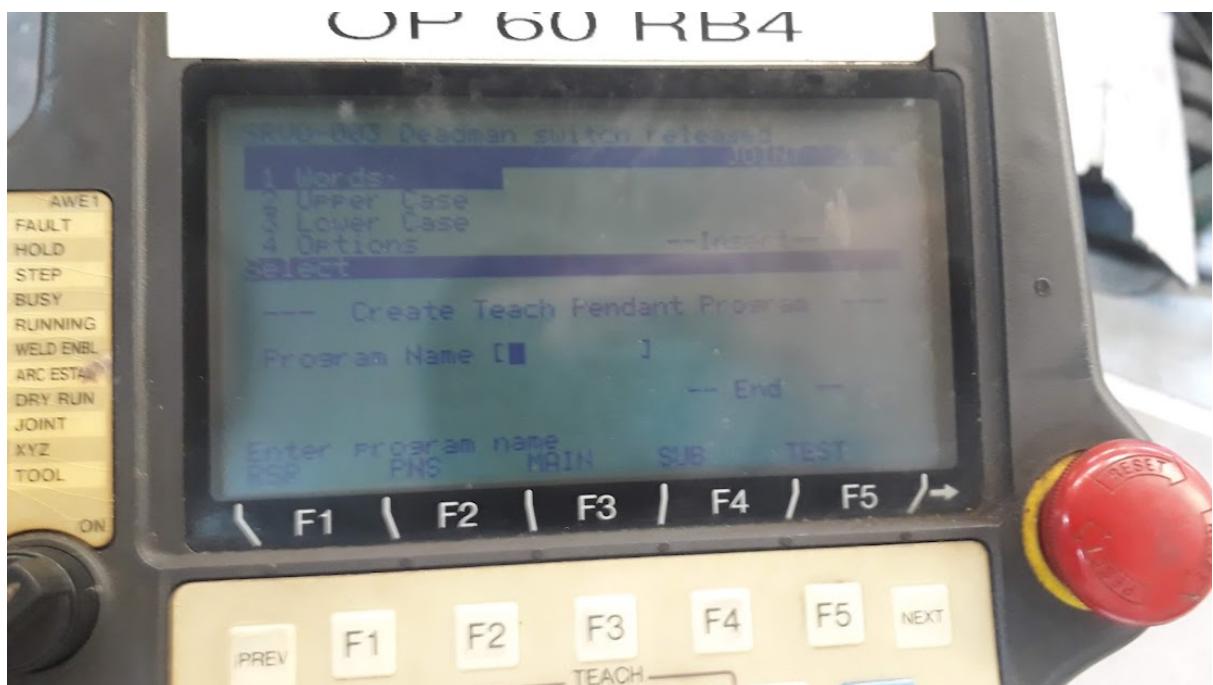
Para continuar con la creación del nuevo programa se deberán activar algunas opciones que no aparecen inicialmente cuando se accede a la lista de programas; para activar todas las opciones se debe oprimir el botón FCTN (funcion) y seleccionar la opción 6 FULL MENUS, así.



*Imagen 33 : Activación de las opciones*

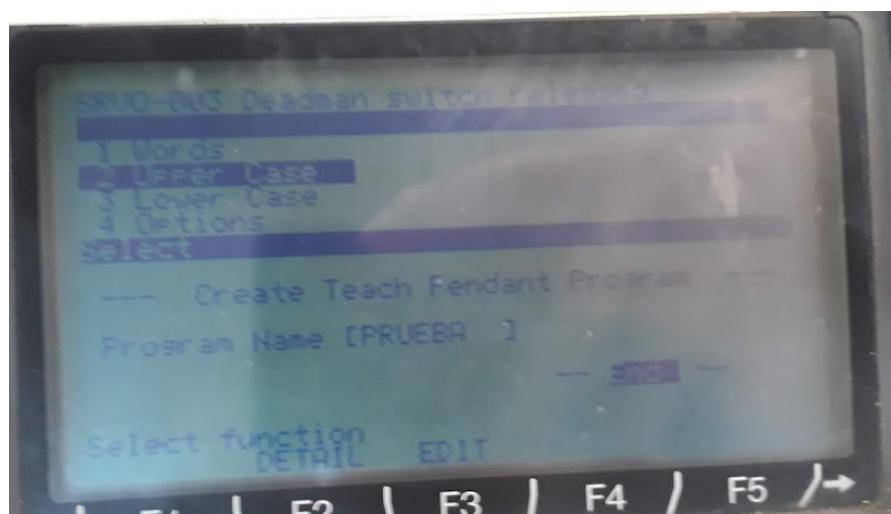
El siguiente paso es presionar el botón SELECT nuevamente, allí se listan todos los programas que hay actualmente disponibles para ejecutar, se procede a presionar el botón F1 el cual indica la opción CREATE, el cual indica la creación de un nuevo proyecto.

El primer paso de la creación de un nuevo programa es darle un nombre, tal y como se mencionó en el capítulo anterior de este documento.



*Imagen 34 : Nombre del programa.*

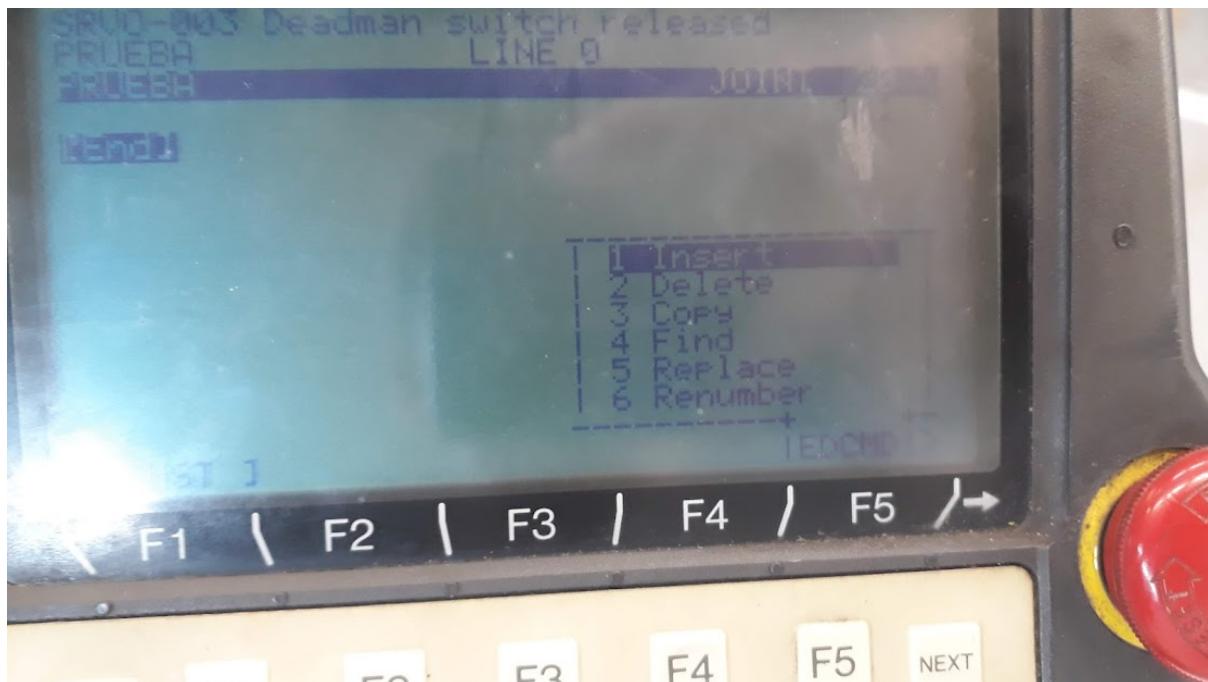
El programa que se realizó se nombró PRUEBA, tal y como se muestra en la siguiente imagen.



*Imagen 35 : Nombramiento del programa.*

Después de colocar el nombre se selecciona END a través del botón ENTER.

Con lo anterior se crea un programa vacío, el cual no tiene ninguna línea de código, por lo que se debe presionar el botón NEXT, para que aparezca la opción EDCMD la cual se selecciona con la tecla F5, así.



**Imagen 36 : Opciones para insertar líneas de código.**

Lo siguiente es presionar la tecla enter para insertar líneas, para después digitar el número de líneas que se deseen insertar.

Finalmente se procede a completar cada línea, se pueden agregar los siguientes comandos; POINT, ARC START, ARC END, WELD\_AT, entre otros, para este caso solamente se agregaron puntos, con el fin de programar únicamente el movimiento del robot.

Al seleccionar la opción POINT con F1 se presentan los siguientes comandos;

J P[ ] 100% CNT100  
L P[ ] 100 mm/sec FINE  
L P[ ] 100 mm/sec CNT100

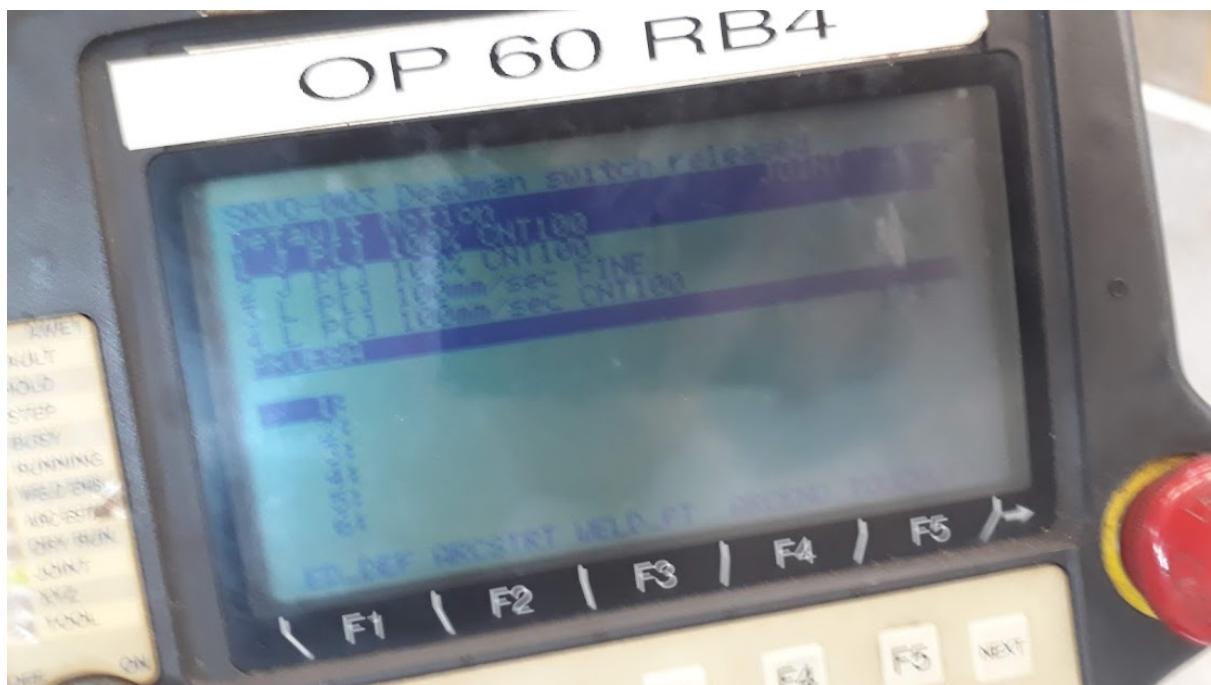
La **L** hace referencia a el tipo de movimiento que se ejecutara, en este caso Lineal.

La **J** hace referencia a el tipo de movimiento que se ejecutara, en este caso JOINT (articulación).

Al interior del corchete que acompaña la letra P se indica el punto que se está programando o editando.

Posteriormente se debe definir la velocidad de avance del recorrido, entre el punto anterior y el actual, para esto cabe resaltar que la velocidad de recorridos tipo JOINT se establece en porcentaje y la velocidad de movimientos lineales en milímetros por segundo.

Finalmente se debe especificar un parámetro de precisión CNT o FINE según el movimiento seleccionado.



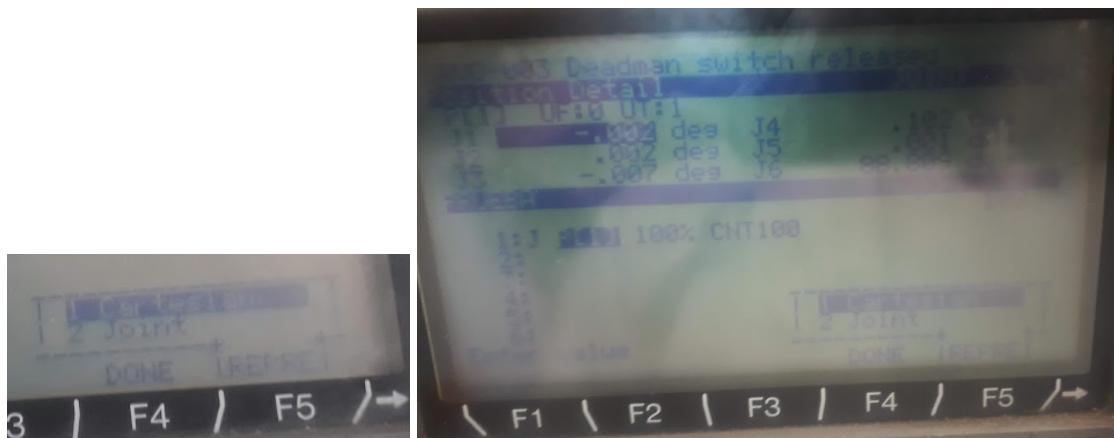
**Imagen 37 : Creación de un punto del recorrido**

Cabe resaltar que cada línea de programación se puede editar, a continuación se presenta que se puede editar el tipo de movimiento.



**Imagen 38 : Edición del tipo de movimiento.**

También se puede visualizar el punto en el que se está actualmente, este se puede visualizar en marcos de referencia cartesianos o JOINT, como se muestra a continuación.

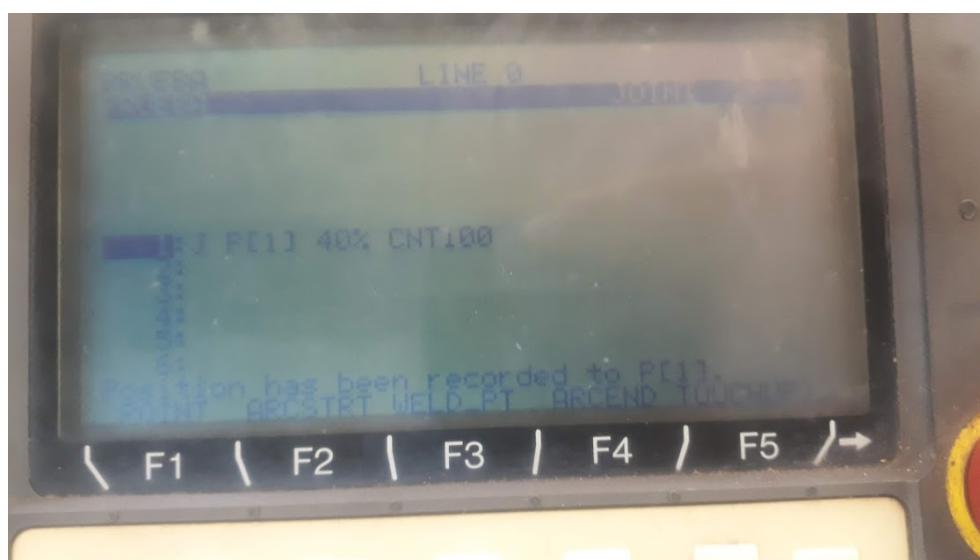


*Imagen 39 :Visualización del punto actual.*

Finalmente el procedimiento para asignar las coordenadas de todos los puntos del recorrido es el siguiente.

Se deben crear tantas líneas de código como puntos necesarios, en cada línea crear un punto con su tipo de movimiento, velocidad y precisión, después de esto se modifica cada punto.

Para la modificación de cada punto se debe poner el robot en modo JOG, en el cual este se mueve al mantener presionada la tecla SHIFT y DEADMAN al tiempo con la mano izquierda y con la mano derecha realizar un movimiento del robot, una vez el robot llega a el punto deseado se presiona el botón TOUCHUP, e inmediatamente se guarda la posición actual del robot en la línea deseada.



*Imagen 40: Punto guardado de manera exitosa..*

Finalmente se verifica que el punto haya quedado guardado de manera exitosa en el punto deseado. Para correr el código se debe mantener presionada la tecla SHIFT y DEADMAN al tiempo con la mano izquierda y con la mano derecha presionar el botón FWD (forward).

El proceso de programación es cíclico por lo que es usualmente llamado de enseñanza, en el cual se le debe enseñar al robot punto por punto hasta así completar el recorrido deseado.

## 7. COPIA DE SEGURIDAD DEL PROGRAMA Y DEL SISTEMA.

Para realizar una copia del sistema es preciso tener una memoria Flash ROM o una memoria que se pueda comunicar con el archivo creado en la pantalla.

Cuando se realiza la copia de seguridad, quedan todos los archivos cargados en la memoria del controlador que usó el teach pendant.

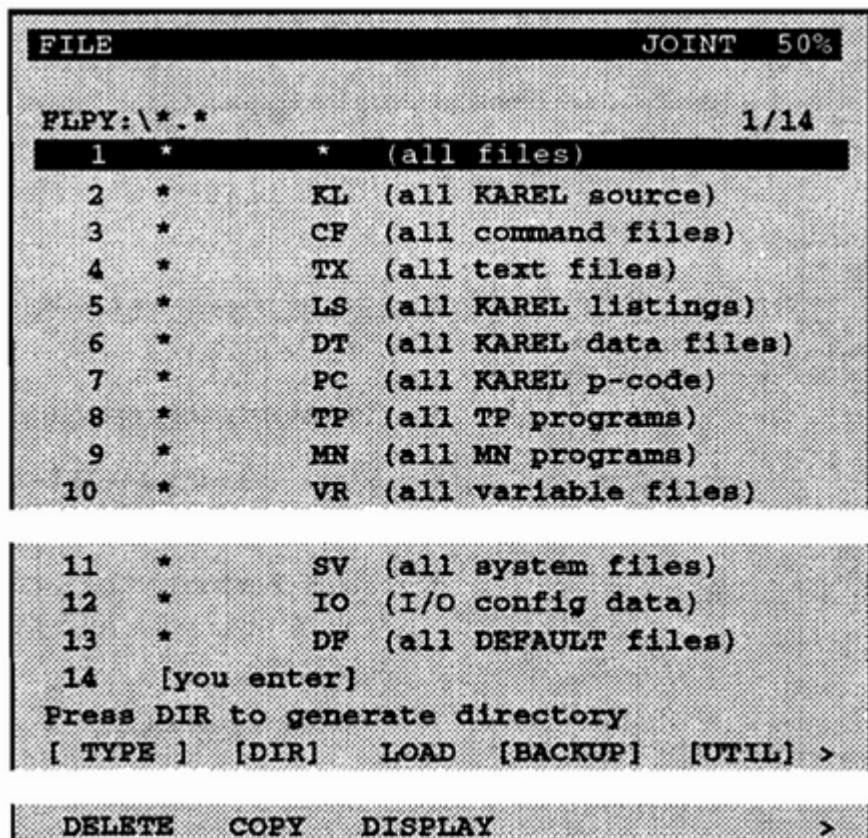
Los archivos del sistema son archivos binarios que almacenan los valores de las variables del sistema, los datos de los parámetros del servo y los datos de masterización. Contienen información específica del controlador, del robot y del software. Cuando se hace una copia de seguridad de los archivos del sistema, todos los datos de las variables del sistema, de los servoparámetros y de la masterización que se encuentran actualmente en la memoria del controlador se guardan en el dispositivo por defecto.

Los archivos que se pueden guardar son los siguientes:

- **DIOCFGSV.IO:** Contiene la información de la configuración de Entrada y salida
- **FRAMEVAR.SV:** Contiene la información de las tramas
- **NUMREG.VR:** Contiene la información de los registros
- **POSREG.VR:** Contiene la información de los registros de posición
- **SYSVARS.SV:** Contiene los valores por defecto que tiene el sistema
- **SYSSERVO.SV:** Contiene los datos de los parámetros del que el robot necesita para funcionar, estos valores se cargan automáticamente al encender el controlador
- **SYSMATS.SV:** Contiene la información de masterización dinámica, esta se crea automáticamente cuando el robot es masterizado.

### Pasos para realizar la copia de seguridad

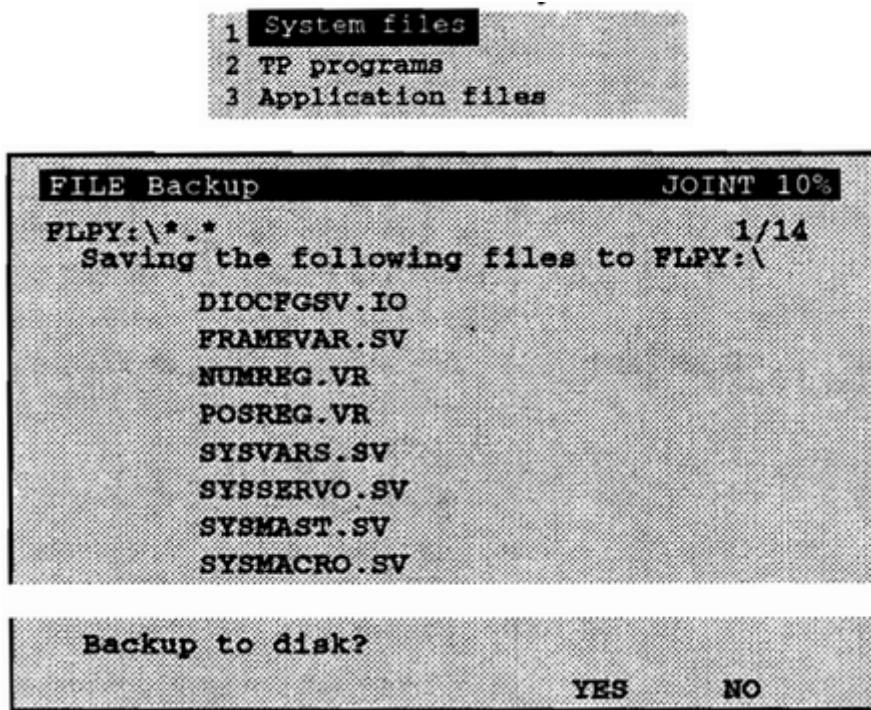
1. Presione MENU
2. Seleccione FILE
3. presione F1, [TYPE]
4. Seleccione el archivo



*Imagen 41: Pantalla del Teach Pendant*

5. Presione F4, [BACKUP]

Para realizar la copia de seguridad de los archivos del sistema, debe seleccionar SYSTEM FILES se debe ingresar a como se ve en las siguientes imágenes



*Imagen 42: Pantalla del Teach Pendant*

Para realizar de forma correcta la copia debe oprimir F5 para no, si es el caso que no quiera realizar la copia, o F4 para realizar de forma correcta la copia de seguridad.

Si requiere realizar la copia de seguridad de los archivos del teach pendant se debe Oprimir F4 y si ya está guardado se oprime F3. Para terminar oprimir F2 para salir.