

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA SEDE CONCEPCIÓN – REY BALDUINO DE BÉLGICA.



UNIVERSIDAD TECNICA
FEDERICO SANTA MARIA

Manual para realización de soldaduras tipo MIG/MAG con brazo robótico FANUC.

*Memoria de titulación para optar al Título de Ingeniero de Ejecución en Control e
Instrumentación Industrial.*

Autor:
Nicolás Salinas Villarroel

Profesor guía:
Felipe Benavides Pantoja

Índice

Agradecimientos	v
Resumen	vi
I. Objetivo General	vii
II. Objetivos Específicos	vii
Capítulo 1: Conceptos Generales Robot y Soldadura	1
1.1 Introducción	1
1.2 Brazo robótico:	2
1.3 Soldaduras	3
1.4 Sistema automático	4
1.5 Proceso de soldadura automática	5
Ventajas del proceso de soldadura con brazo robótico	5
Desventajas del proceso de soldadura con brazo robótico	5
1.6 Funciones ArcTool Software	6
ArcWelding System	6
Secuencia de soldadura	8
Arc easy smart quick Recovery Function	10
Auto Error Recovery	11
Wave	11
Cust Wave	12
MultiArm	12
Universal Sensor Interface	13
ServoRobot	14
1.7 Conclusiones	15
Anexo 1 : Reconocimiento de entorno	17
Área de trabajo	17
Controlador	18
Teach Pendant	18
Robot	19
Maquina de Soldar	19
Soldadura	19
Alimentador de soldadura	20
Gases y regulador	21
Consumibles Antorcha	23
Sistema de red del robot	25
Anexo 2 : Seguridad del entorno	27
Protocolo de Seguridad	27
Introducción y Alcance	27
Riesgos Asociados a la Soldadura Robótica	27

Equipos de Protección Personal (EPP) Obligatorio	27
Procedimientos de Seguridad	31
Antes de Iniciar la Operación	31
Durante la Operación	31
Después de Finalizar la Operación	31
Seguridad contra Incendios	32
Manejo de Humos en un Entorno Abierto	34
Procedimientos de Emergencia	34
Mantenimiento y Reporte	34
Anexo 3 : Configuración de la herramienta	36
Tool center point	36
Tipo de herramienta	37
Método de entrada directa de valores	38
Método de los 3 puntos	42
Método de los 3 puntos	43
Método de los 6 puntos	45
Anexo 4 : Encendido del Robot y preparación para soldar	49
Encendido del controlador	49
Apagado del controlador	49
Seguridad del interruptor	50
Encendido máquina de soldar	50
Apagado máquina de soldar	51
Apertura de manómetro	52
Comprobar consumibles y salida del alambre	53
Anexo 5 : Creación de programa	55
Pantalla principa	55
Create prog	56
Estructura de programa soldadura lineal	59
Acondicionamiento del material	63
Resultados	66
Prueba N°1	66
Prueba N°2	67

Índice de figuras

1.1 Brazos Robótico	2
1.2 Soldadura Robótica	3
1.3 Sistema Automático de Soldadura	4
1.4 Función Return to path	6
1.5 Función Scratch	7
1.6 Secuencia Soldadura	8
1.7 TorchMate	10
1.8 Auto Error Recovery	11
1.9 Patrones de soldadura	11
1.10 Setup Wave Propio	12
1.11 MultiArm	12
1.12 Comunicación Sensor-Robot	13
1.13 ServoRobot	14
2.1 Área de trabajo	17
2.2 Controlador	18
2.3 Teach Pendant	18
2.4 Fanuc Robot ARC Mate100iD	19
2.5 Máquina soldadora Selco genesis 3200	19
2.6 Rollo de soldadura 0.9 mm formato 15 KG	20
2.7 Alimentador selco wfr 1000 classic	20
2.8 Manómetro para argón con flujómetro incorporado	21
2.9 Diferencia Gases	22
2.10 Tip Holder	23
2.11 Tip	23
2.12 Tobera	24
2.13 Sistema de red del robot	25
3.1 Careta de soldador	28
3.2 Guantes de soldador	28
3.3 Ropa de Cuero	29
3.4 Pechera de Cuero	29
3.5 Polainas de cuero	30
3.6 Zapatos de seguridad	30
3.7 Extintor del Área	32
3.8 Metodo PASS	33
4.1 TCP	36
4.2 Herramienta simple	37
4.3 Herramienta compleja	37
4.4 Herramienta utilizada	38
4.5 Dimensiones antorcha	38
4.6 Menú frame	39
4.7 Tool frame	40
4.8 Herramientas	40
4.9 Direct entry	41

4.9 Direct entry	42
4.10 Punto 1	43
4.11 Punto 2	43
4.12 Punto 3	44
4.13 Estado final	44
4.14 Tcp usuario	45
4.15 Punto 4	46
4.16 Punto 5	46
4.17 Punto 6	47
4.18 Ventana final 6P	47
5.1 Posición Encendido	49
5.2 Posición Apagado	49
5.3 Seguro del interruptor	50
5.4 Posición ON soldadora	50
5.5 Posición OFF soldadora	51
5.6 Manómetro sin presión	52
5.7 Manómetro con presión	52
5.8 Antorcha soldadora vista desde abajo	53
5.9 Antorcha sin tobera	53
6.1 Pantalla principal	55
6.2 Pantalla de selección de plantilla	56
6.3 Pantalla selección de nombre	57
6.4 Pantalla selección de tipo de programa	57
6.5 Pantalla de resumen	58
6.6 Programa en blanco	58
6.7 Programa en blanco	59
6.8 Puntos de referencia	59
6.9 Punto de inicio y oscilación	60
6.10 Activación de DO (arco)	60
6.11 Término de oscilación y arco	61
6.12 Punto de escape o retirada	61
6.13 Overdrive 100%	62
6.14 Overdrive 10%	62
6.15 Herramientas y materiales para limpieza	63
6.16 Puntos de referencia	64
6.17 Planchas de limpias	64
6.18 Bisel en forma de v	65
6.19 Bisel en forma de v (2)	65
6.20 Prueba N°1	66
6.21 Prueba N°2	67

Agradecimientos

Quiero comenzar expresando mi más profundo agradecimiento a las personas que han sido pilares fundamentales en este camino.

A mi mamá, por su amor incondicional, por enseñarme con su ejemplo el valor del esfuerzo y la perseverancia, y por estar siempre presente, en los momentos buenos y en los más difíciles. Gracias por confiar en mí incluso cuando yo dudaba.

A mi abuela, mi querida mami, por su cariño infinito, sus palabras de aliento y por ser una fuente constante de apoyo y fortaleza. Su presencia en mi vida ha sido un regalo invaluable que me ha acompañado a lo largo de todo este proceso.

A mi polola, por estar a mi lado con paciencia, comprensión y cariño. Gracias por tu apoyo constante, por celebrar mis logros como tuyos y por motivarme a seguir adelante incluso cuando el camino se hacía cuesta arriba.

También quiero agradecer sinceramente a todos los profesores que me guiaron durante mi formación universitaria. Cada uno de ustedes dejó una huella en mi aprendizaje y me entregó herramientas no solo para crecer profesionalmente, sino también como persona. Gracias por su dedicación, por compartir sus conocimientos y por motivarme a superarme cada día.

A todos ustedes, gracias por ser parte esencial de esta etapa tan significativa de mi vida. Este logro también es suyo.

Por último pero no menos importante.

Quiero agradecerme.

Quiero agradecerme por haber creído en mí.

Quiero agradecerme por no rendirme, por haber trabajado duro, por haberme levantado todos los días a seguir, aunque no tuviera ganas.

Quiero agradecerme por haber sido constante, por haberme enfocado, por no haberme dejado caer.

Quiero agradecerme por cada noche sin dormir, por cada entrega al límite, por cada clase a la que fui con la cabeza llena pero con el objetivo claro.

Quiero agradecerme por haber confiado en mí, por haber hecho el trabajo, por haber creído que esto era posible.

Resumen

En el ámbito industrial, es común el uso de sistemas automáticos que facilitan la ejecución y supervisión de diversos procesos. Entre estos sistemas destacan los brazos robótico, ampliamente utilizados por su capacidad para automatizar tareas con gran precisión y eficiencia. Estos dispositivos, junto con otros componentes automatizados, permiten a las empresas optimizar recursos, aumentar la productividad y mejorar la calidad de sus productos o servicios.

No obstante, a medida que se integran múltiples sistemas automáticos dentro de un entorno industrial, también crece la complejidad del manejo de cada uno de ellos. Los operarios y técnicos a menudo deben enfrentarse a una cantidad considerable de información técnica para comprender plenamente el funcionamiento de estos sistemas. Este exceso de datos puede dificultar el uso adecuado de los equipos, especialmente cuando los usuarios solo requieren ciertos fragmentos de información específicos para su labor cotidiana.

Por esta razón, surge la necesidad de contar con una solución que permita acceder de manera rápida y sencilla a la información más relevante de estos dispositivos. Esta solución debería estar enfocada en proporcionar únicamente las instrucciones y datos esenciales, evitando así la pérdida de tiempo en la lectura de manuales extensos o documentos técnicos que incluyen contenido irrelevante para la tarea en cuestión. Facilitar el acceso a esta información clave no solo mejora la experiencia del usuario, sino que también contribuye a una operación más eficiente y segura de los sistemas automatizados en entornos industriales.

I. Objetivo General

Desarrollar un manual técnico, claro y accesible, que sirva como guía para la operación básica de un robot soldador de la marca FANUC, con el fin de facilitar el aprendizaje, mejorar la seguridad y promover el uso eficiente de esta tecnología en entornos educativos e industriales.

II. Objetivos Específicos

- Identificar las principales características técnicas del robot FANUC utilizado en procesos de soldadura, tales como el alcance, precisión y componentes esenciales.
- Desarrollar un manual técnico claro, práctico y visualmente accesible que guíe a los usuarios en la operación básica del robot FANUC para tareas de soldadura.
- Diseñar instrucciones detalladas paso a paso para la programación inicial del robot, desde la configuración básica hasta la creación de trayectorias y parámetros de soldadura.
- Incluir ejemplos prácticos y recomendaciones que permitan a los usuarios comprender la lógica de programación y aplicar buenas prácticas en la operación del robot.
- Explicar técnicas de soldadura por arco adaptadas al entorno robotizado, considerando factores como tipo de alambre, corriente de soldadura y velocidad de alimentación.

Capítulo 1: Conceptos Generales Robot y Soldadura

1.1 Introducción

La automatización industrial ha transformado los procesos productivos en las últimas décadas, mejorando la eficiencia, la precisión y la seguridad en diversos sectores. Entre las tecnologías más relevantes destacan los robots industriales, especialmente los utilizados en tareas de soldadura, que permiten ejecutar trabajos repetitivos con alta calidad, reduciendo errores y optimizando tiempos de producción.

En este contexto, el presente trabajo tiene como objetivo desarrollar un manual técnico para la operación básica de un robot soldador de la marca FANUC. Este recurso está orientado a estudiantes, técnicos y operarios que buscan adquirir o reforzar conocimientos para un manejo eficiente y seguro de esta tecnología.

El manual se presenta con un enfoque práctico y didáctico, incluyendo instrucciones detalladas, ilustraciones y recomendaciones esenciales. Además, incorpora buenas prácticas de operación, aspectos técnicos y medidas de seguridad para garantizar un uso adecuado del equipo y lograr soldaduras de calidad.

Esta iniciativa responde a la necesidad de contar con material claro, concreto y contextualizado, que facilite el aprendizaje autónomo en entornos educativos e industriales, promoviendo así una integración más efectiva de la robótica en procesos de soldadura.

1.2 Brazo robótico:

Un brazo robótico Fanuc es un dispositivo mecatrónico altamente especializado diseñado para realizar una variedad de tareas industriales de manera precisa y eficiente. Fabricado por la compañía japonesa Fanuc Corporation, este brazo robotizado está equipado con tecnología avanzada, incluyendo sensores, actuadores y software de control sofisticado. Su diseño modular permite una fácil integración en entornos de fabricación automatizados. Los brazos robóticos Fanuc se utilizan en diversas industrias, como la automotriz, electrónica y manufactura, para llevar a cabo tareas como soldadura, ensamblaje, pintura y manipulación de materiales. Su capacidad para realizar movimientos repetitivos con alta precisión y velocidad los convierte en herramientas indispensables para mejorar la eficiencia y productividad en procesos industriales.



Figura 1.1: Brazos Robótico

1.3 Soldaduras

La soldadura MIG/MAG es un proceso de soldadura utilizado en diversas aplicaciones industriales. Se caracteriza por el uso de un arco eléctrico formado entre un electrodo continuo consumible y la pieza de trabajo. En el proceso MIG (Metal Inert Gas), se utiliza un gas inerte, como argón o helio, para proteger el arco y la piscina de fusión de la contaminación atmosférica. Por otro lado, en el proceso MAG (Metal Active Gas), se utiliza un gas activo, como dióxido de carbono, junto con el alambre de soldadura para proteger la soldadura.

Este método es popular debido a su versatilidad y capacidad para soldar una variedad de metales, incluyendo acero, aluminio y aleaciones de cobre. La soldadura MIG/MAG se utiliza en la fabricación de automóviles, construcción naval, estructuras metálicas y otras aplicaciones industriales donde se requiere una unión fuerte y duradera entre metales.

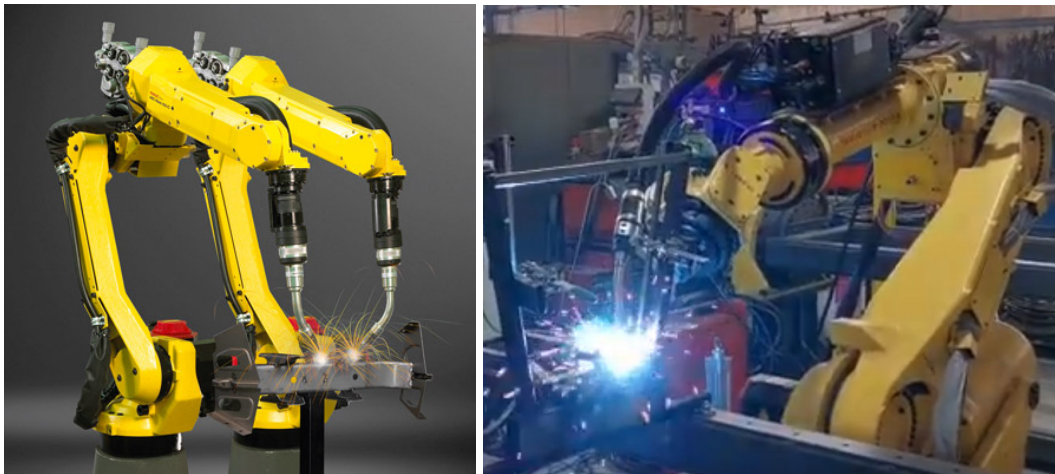


Figura 1.2: Soldadura Robótica

1.4 Sistema automático

Un sistema automático es un conjunto organizado de componentes interconectados diseñados para realizar tareas específicas sin intervención humana directa. Estos sistemas se basan en algoritmos y reglas predefinidas para procesar información y ejecutar acciones de manera eficiente y precisa. Pueden encontrarse en una variedad de entornos, como industrias, hogares y tecnologías de la información, y se utilizan para automatizar procesos repetitivos y optimizar la eficiencia operativa. Estos sistemas pueden abarcar desde simples dispositivos de control hasta complejas redes informáticas, y su función principal es reducir la intervención humana, mejorar la precisión y aumentar la productividad en diversas aplicaciones.



Figura 1.3: Sistema Automático de Soldadura

1.5 Proceso de soldadura automática

El proceso de soldadura automática es una técnica industrial que utiliza equipos especializados para unir materiales, como metales, de forma permanente y segura. En este método, la soldadura se lleva a cabo de manera automática sin la intervención directa de un operador humano. Las máquinas de soldadura automática están programadas para realizar soldaduras precisas y consistentes, siguiendo un patrón predeterminado y aplicando el calor necesario para fundir y unir las piezas. Este proceso es ampliamente utilizado en la fabricación de estructuras metálicas, automóviles, productos electrónicos y diversas aplicaciones industriales, garantizando la eficiencia y calidad en la unión de materiales.

■ **Ventajas del proceso de soldadura con brazo robótico.**

En el proceso de soldadura mediante brazo robótico, se destacan ventajas clave como la precisión, la eficiencia y la seguridad. La utilización de robots permite realizar soldaduras repetitivas con alta exactitud, eliminando errores humanos y garantizando una calidad constante en cada unión.

Asimismo, su capacidad para operar de forma continua sin fatiga mejora significativamente los tiempos de producción y la productividad general del sistema. Finalmente, al automatizar tareas potencialmente peligrosas, se reduce la exposición del personal a riesgos térmicos y químicos, contribuyendo así a un entorno laboral más seguro.

■ **Desventajas del proceso de soldadura con brazo robótico.**

Aunque la soldadura robotizada ofrece múltiples ventajas, también presenta ciertas limitaciones. Entre ellas, destaca la alta inversión inicial, que puede resultar inaccesible para pequeñas empresas. Además, su complejidad técnica exige personal capacitado para la programación, operación y mantenimiento del sistema.

La poca flexibilidad ante cambios frecuentes en la producción y la dependencia tecnológica también representan desafíos, ya que cualquier falla en el sistema puede generar interrupciones significativas en la línea de trabajo.

1.6 Funciones ArcTool Software

ArcTool es un software desarrollado por FANUC específicamente diseñado para la programación y operación de robots soldadores. Este paquete de aplicaciones permite a los usuarios configurar, controlar y optimizar procesos de soldadura por arco con gran precisión y eficiencia. A lo largo de este tema, se abordarán de manera general los principales comandos que ofrece ArcTool, así como las formas más comunes de uso dentro de un entorno industrial.

ArcWelding System.

Aquí se pueden configurar los parámetros de control de la soldadura.

- **Arc Loss:** Control de arco perdido. ON/OFF
- **Gas Shortage:** Control de gas perdido. ON/OFF
- **Wire Shortage:** Control de gas perdido. ON/OFF
- **Wire Stick:** Control de hilo pegado. ON/OFF
- **Power supply failure:** Control del estado del equipo de soldar. Si la señal es ON tendremos un error de fallo en equipo de soldar. ON/OFF
- **Coolant Shortage:** Control del equipo de refrigeración. ON/OFF
- **Return to path:** Activa o desactiva el retorno al camino. Esta función se utiliza en caso de realizar un paro controlado o forzado. Cuando está activa y reiniciamos la soldadura la antorcha retrocede un determinado espacio y solapa la soldadura, evitando un espacio entre cordones.
- **Overlap Distance:** Espacio de solapamiento en mm.
- **Return to path speed:** Velocidad de movimiento del robot para el solapamiento en mm/seg.

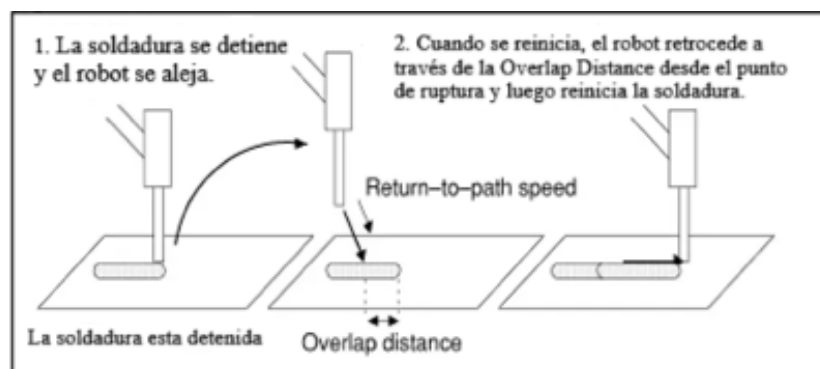


Figura 1.4: Función Return to path

- **Scratch Start:** Control de raspado. Se utiliza cuando la pieza a soldar presenta oxido o aceite. El robot empieza a moverse intentando establecer arco, y cuando lo logra vuelve al principio y comienza su ciclo normal.
- **Distance:** Especifica la distancia de raspado en mm.
- **Return to start speed:** Especifica la velocidad en mm/seg de retorno.

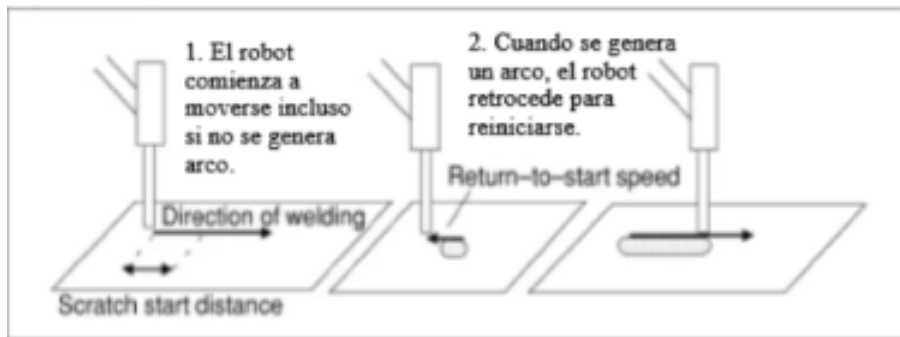


Figura 1.5: Función Scratch

- **Default Speed:** Aquí podemos determinar la velocidad de movimiento del robot en los cordones de soldadura cuando no estamos soldando. Por ejemplo, si nuestra *WeldSpeed* es 10mm/s mientras soldamos, esta velocidad es muy lenta a la hora de comprobar trayectorias, por lo tanto, el robot se desplazaría a una velocidad definida en este parámetro.
- **ON-THE-FLY:** Especifica si podemos cambiar los parámetros de soldadura en vuelo. Esto significa que para cordones largos podemos ajustar el parámetro de soldadura deseado mientras estamos soldando.
- **Weld from teach pendant:** Esta utilidad nos permite habilitar o deshabilitar la soldadura desde el teach pendant.
- **Runin:** Con esta utilidad habilitada, podemos cambiar los parámetros de soldadura al inicio del cordón (velocidad de hilo, corriente, Trim o Voltage).
- **Wire burnback/retract:** Esta función permite que el hilo no se quede pegado al terminar el cordón, Ej: incremento de la tensión.
- **Remote gas purge:** Habilita una entrada externa para el control del gas remotamente.
- **Remote wire inch:** Habilita una entrada externa para el control de hilo remotamente.

Secuencia de soldadura.

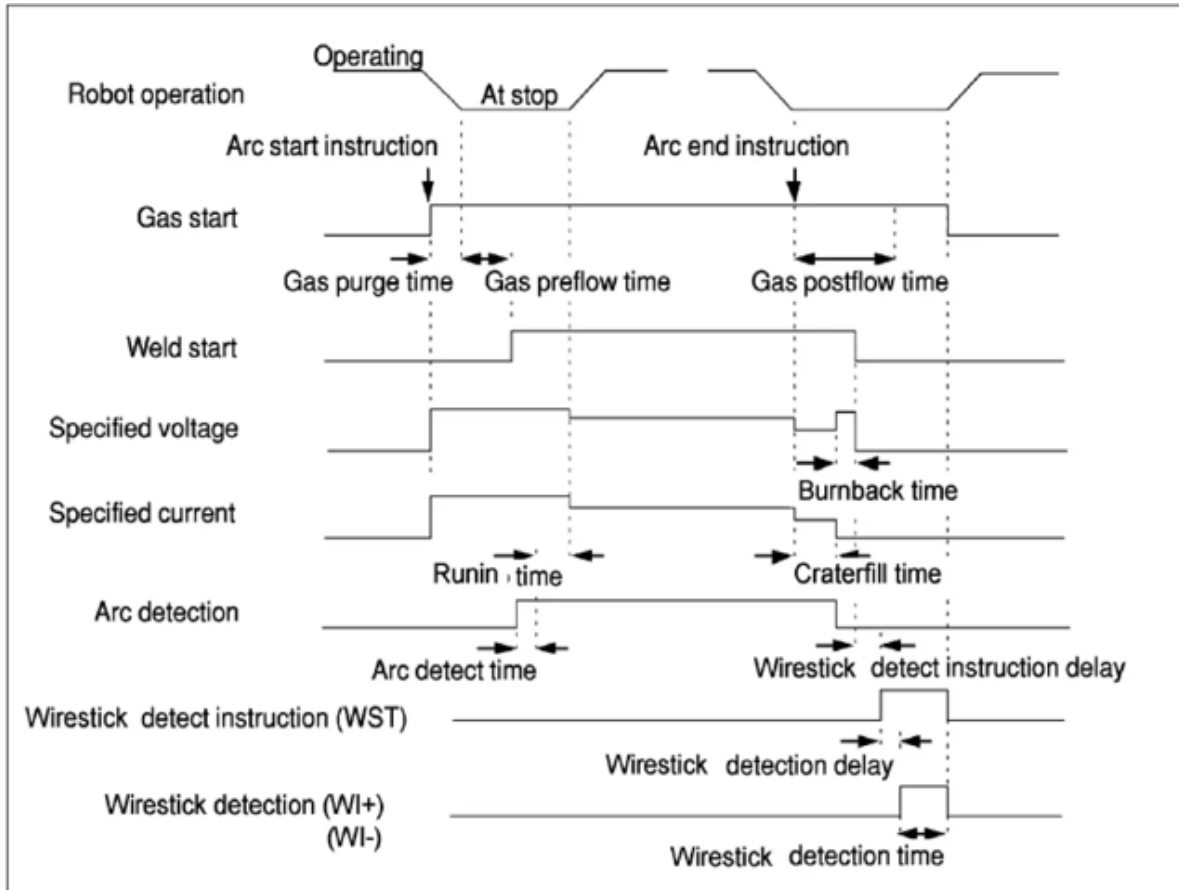


Figura 1.6: Secuencia Soldadura

Secuencia Paso a Paso.

- **Inicio de la Operación:** El robot comienza su secuencia de soldadura (Robot operation = Operating).
- **Inicio del Gas:** Se activa el flujo de gas de protección (Gas start). Primero, ocurre el tiempo de purga de gas (Gas purge time) y luego el tiempo de preflujo (Gas preflow time).
- **Inicio del Arco:** Se da la instrucción de inicio de arco (Arc start instruction).
- **Detección del Arco:** El sistema detecta el arco eléctrico (Arc detection). Hay un pequeño retraso (Arc detect time) entre la instrucción y la detección.
- **Inicio de la Soldadura:** Comienza el proceso de soldadura (Weld start), utilizando el voltaje y la corriente especificados (Specified voltage, Specified current). Durante el inicio, se aplica el tiempo de Runin" (Runin time).
- **Fin del Arco:** Se da la instrucción de fin de arco (Arc end instruction).
- **Quemado de Hilo:** El electrodo se retrae durante el tiempo de quemado de hilo (Burn-back time).
- **Relleno de Cráter:** Se controla el proceso de llenado del cráter de soldadura (Craterfill time).
- **Flujo de Gas Posterior:** El gas de protección continúa fluyendo durante el tiempo de postflujo (Gas postflow time).
- **Detección de Pegado de Hilo (Opcional):**
 - Se da la instrucción de detección de pegado de hilo (Wirestick detect instruction (WST)).
 - Hay un retraso antes de que comience la detección (Wirestick detect instruction delay).
 - El sistema detecta si el hilo se pega (Wirestick detection (WI+), (WI-)) durante un cierto período (Wirestick detection time) con un retraso (Wirestick detection delay).
- **Fin de la Operación:** El robot se detiene (Robot operation = At stop).

Arc easy smart quick Recovery Function.

Esta función consiste en dos opciones de software, el TorchGuard y el TorchMate

TorchGuard:

- Detiene el robot cuando se produce una colisión. En ese instante una función desacelera el robot para evitar grandes daños.
- Esta función no necesita ser ajustada, la sensibilidad es parametriza dependiendo del robot al instalar la opción.
- Esta función solo se habilita o deshabilita por una instrucción de programa.
- Durante la programación la sensibilidad de colisión aumenta considerablemente.
- Se necesita ajustar el payload de 1 tool.
- Si el usuario considera que el robot puede sufrir grandes colisiones que pueden dañar al robot se aconseja colocar un sensor de colisión externo y trabajar conjuntamente con el sistema de anticolidión de Fanuc.

TorchMate: Esta utilidad permite recuperar el TCP (X,Y,Z) de la antorcha.

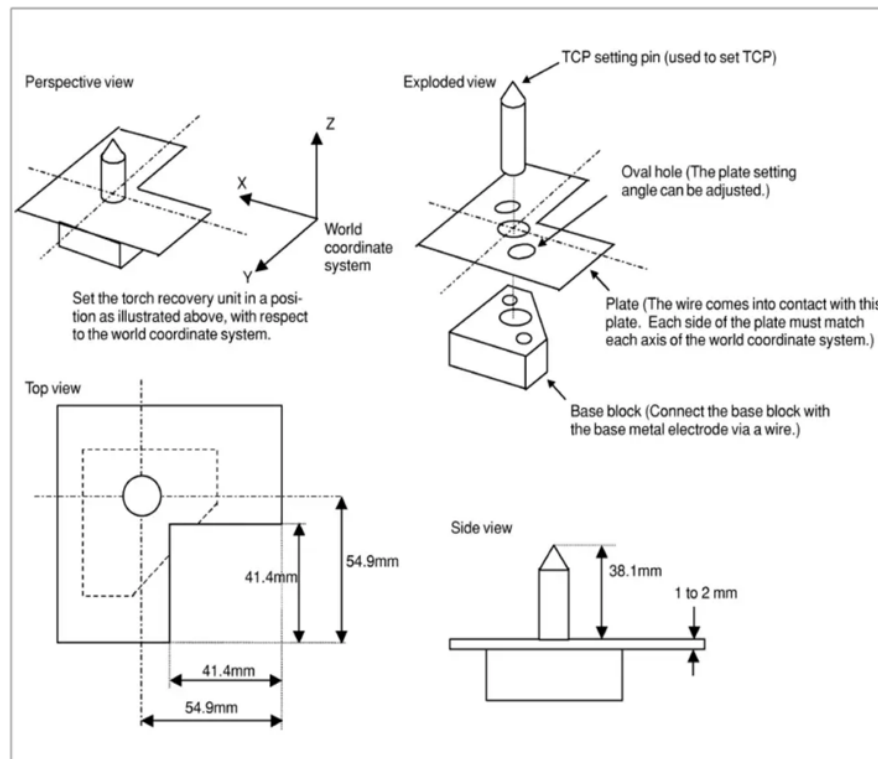


Figura 1.7: TorchMate

Auto Error Recovery: El robot puede parar su ejecución durante la soldadura como resultado de varias alarmas y ejecutar una rutina, luego de finalizar volver a la posición donde se había parado y reiniciar su ejecución. Una utilidad podría ser ir a limpieza y cortar alambre.

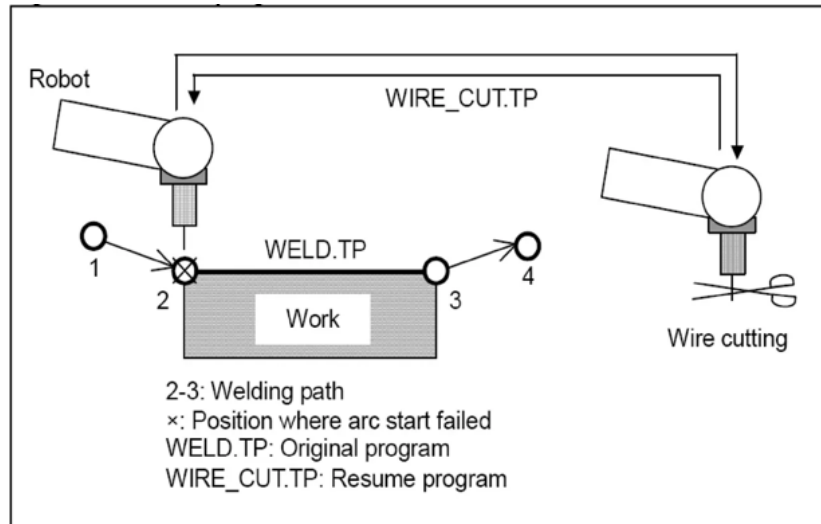


Figura 1.8: Auto Error Recovery

Wave: Habitualmente utilizamos esta opción para realizar un balanceo con la antorcha y lograr un relleno de soldadura más ancho que un cordón normal. Este balanceo puede variar dependiendo de la forma de onda que se seleccione.

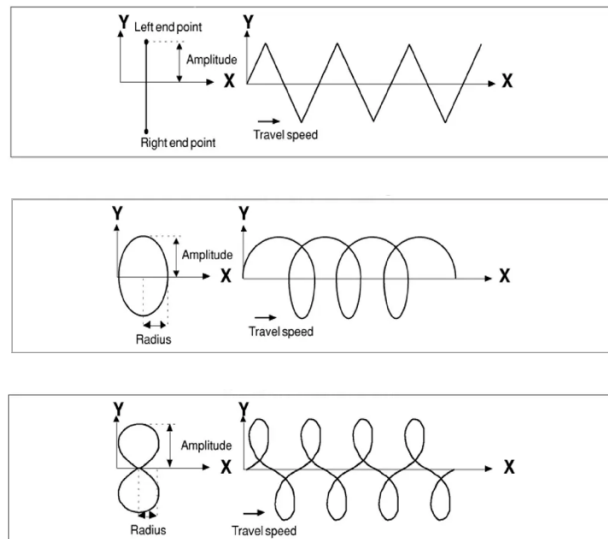


Figura 1.9: Patrones de soldadura

Cust Wave: Es una utilidad que permite crear un sistema propio de balanceo, que se agrega al ya conocido weaving.

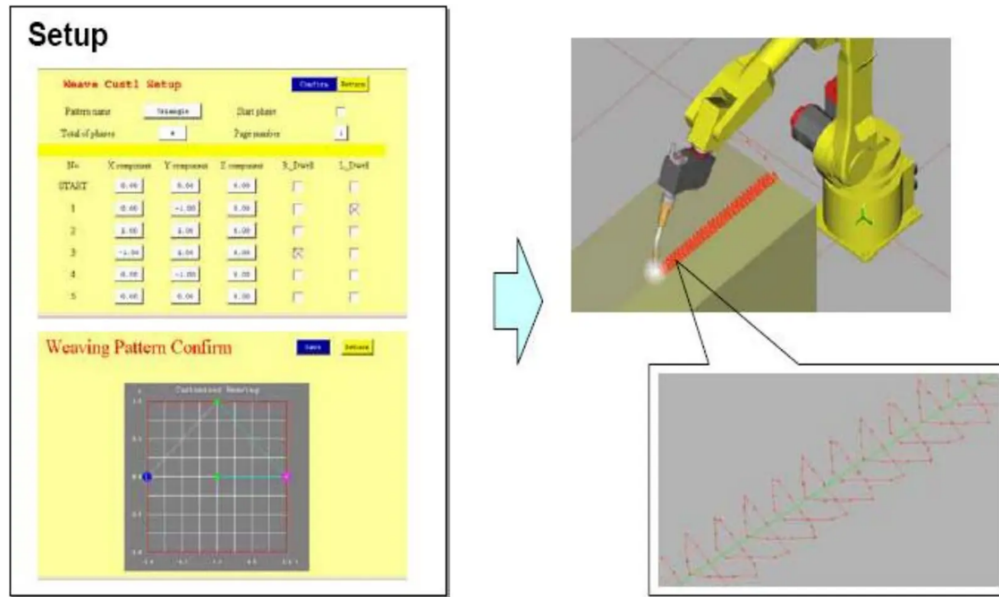


Figura 1.10: Setup Wave Propio

MultiArm: Esta opción permite el control de múltiples robots de un mismo CPU.

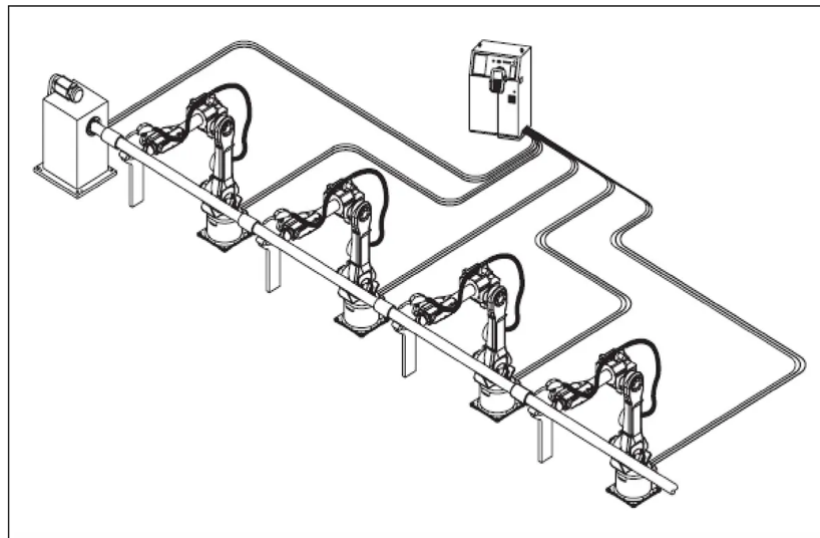


Figura 1.11: MultiArm

Universal Sensor Interface: Esta opción permite realizar el seguimiento de junta con cualquier sensor láser del mercado que pueda comunicar mediante protocolo desarrollado por Fanuc. Este comunicación puede ser RS-232 o Ethernet.

Los siguientes fabricantes de sensores de seguimiento de junta pueden comunicar directamente con Fanuc:

- Servorobot
- Falldorf
- Scout-Meta
- ScanSonic
- Wise-Welding

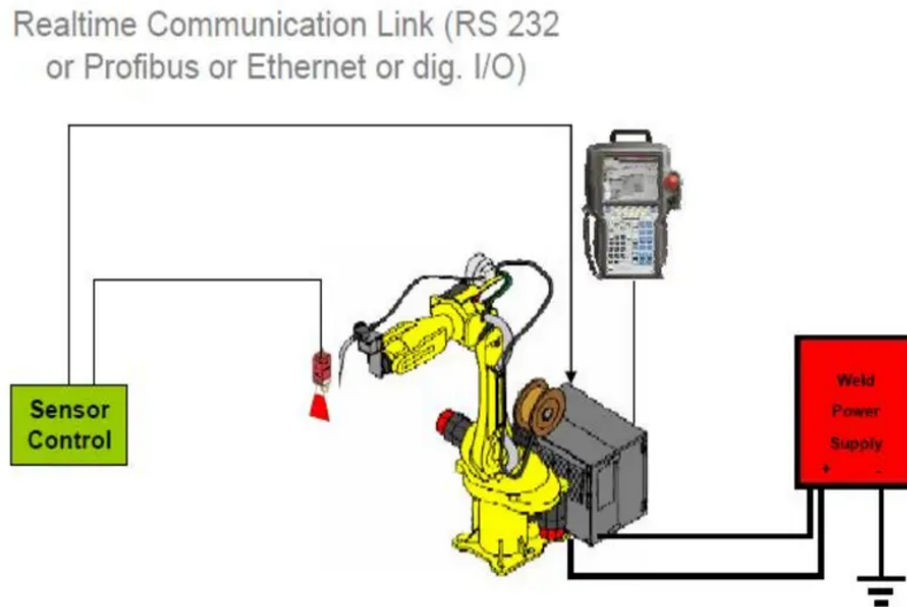


Figura 1.12: Comunicación Sensor-Robot

ServoRobot: Es un sistema de visión láser para búsqueda, seguimiento y control adaptativo para soldadura con robot. Este sistema robotizado de búsqueda y seguimiento de junta mejora la productividad y la calidad para todos los procesos donde se puede intervenir algún robot. Este sistema de visión láser usa una interfaz que se adapta al sistema del robot de manera sencilla.

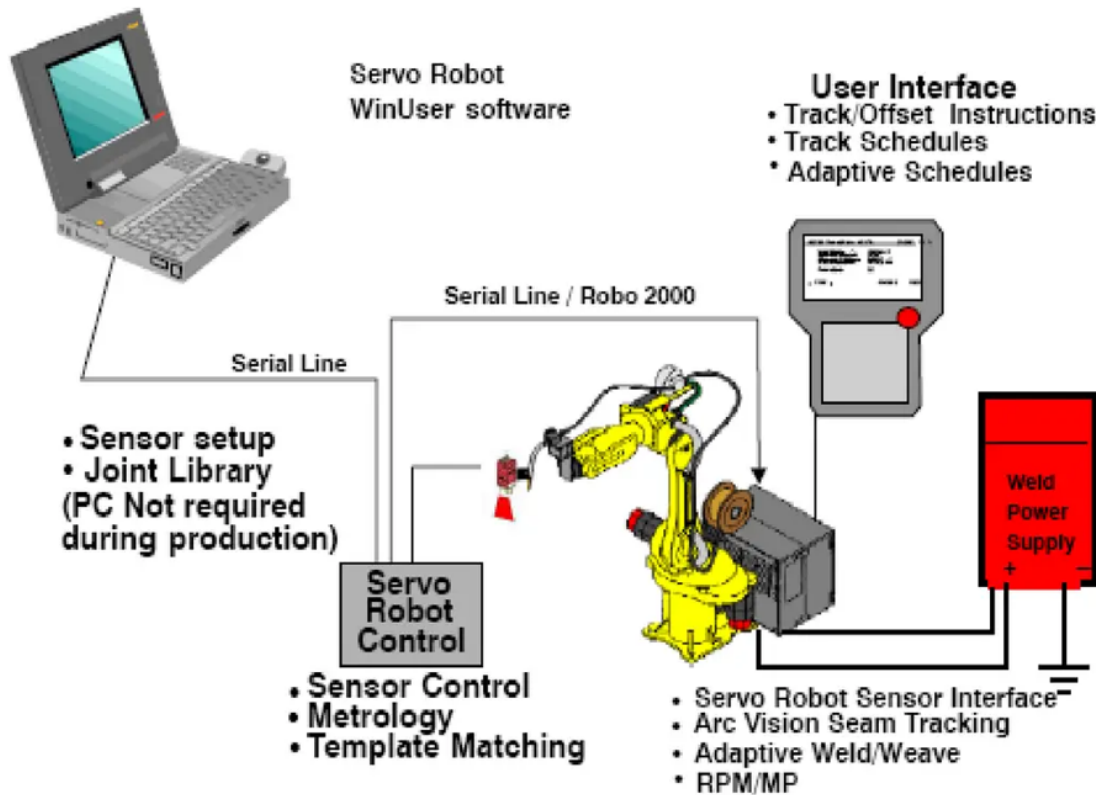


Figura 1.13: ServoRobot

1.7 Conclusiones

En este primer capítulo se ha establecido el marco conceptual y técnico que justifica el desarrollo de un manual de operación para la soldadura robotizada con equipos FANUC. Se han identificado las principales ventajas de esta tecnología, como su alta precisión, eficiencia y contribución a la seguridad laboral, así como las limitaciones asociadas a su implementación, incluyendo la inversión inicial, la complejidad técnica y la dependencia de personal especializado.

Asimismo, se han definido los objetivos específicos que guiarán la elaboración del manual, orientados a facilitar el aprendizaje, la correcta operación, la programación básica y la aplicación de técnicas de soldadura mediante robot. Este enfoque busca responder a la necesidad de contar con un recurso didáctico, accesible y contextualizado, tanto en entornos educativos como industriales.

Con esta base teórica y técnica, se da paso a los siguientes Anexos, donde se abordarán en detalle los procedimientos, configuraciones y prácticas recomendadas para el uso eficiente y seguro del robot soldador FANUC.

LABORATORIO N°1: "RECONOCIMIENTO DEL ENTORNO"

Autor: Nicolás Salinas V.

Profesor guía: Felipe Benavides

Fecha: 2025

OBJETIVOS:

1. **Localizar** e identificar físicamente cada uno de los componentes principales de la celda de soldadura robótica (robot, controlador, teach pendant, máquina de soldar, alimentador de alambre, sistema de gas, etc.) en el entorno del laboratorio.
2. **Explicar** verbalmente o **demostrar** la función básica de cada componente principal de la celda (por ejemplo, qué hace el teach pendant, cómo el alimentador de alambre suministra material).
3. **Reconocer** las partes consumibles de la antorcha de soldadura.
4. **Analizar** el sistema de gas para identificar qué tipo de mezcla se está utilizando y justificar su elección potencial para una aplicación específica (si el documento lo permite).

PPT Asociado: PPT 1: "Reconocimiento del entorno"

Video Asociado: -

Descripción del laboratorio:

La finalidad de este laboratorio es conocer en detalle todos los componentes involucrados en el proceso de soldadura con el brazo robótico FANUC de la Universidad (USM).

Anexo 1 : Reconocimiento de entorno

Área de trabajo

En términos generales, se cuenta con un área de trabajo compacta que incluye una mesa sólida fijada al suelo, lo cual representa una característica clave para la implementación de programas de soldadura automatizada.



Figura 2.1: Área de trabajo

Controlador

La universidad cuenta con un controlador de la marca Fanuc modelo R-30iB Plus desde el año 2020.



Figura 2.2: Controlador

Teach Pendant

El teach pendant posee todos los controles básicos para operar el robot posee botones de emergencia como el pulsador seta de la esquina superior derecha y los deadman switch de la parte posterior. Deadman switch estos pulsadores de seguridad deben estar accionados a media posición para activar los motores del robot en modo manual.



Figura 2.3: Teach Pendant

Robot

El Fanuc ARC Mate 100iD es un robot industrial de seis ejes optimizado para soldadura por arco, con diseño compacto, alta precisión y cableado interno para una integración eficiente en celdas automatizadas.

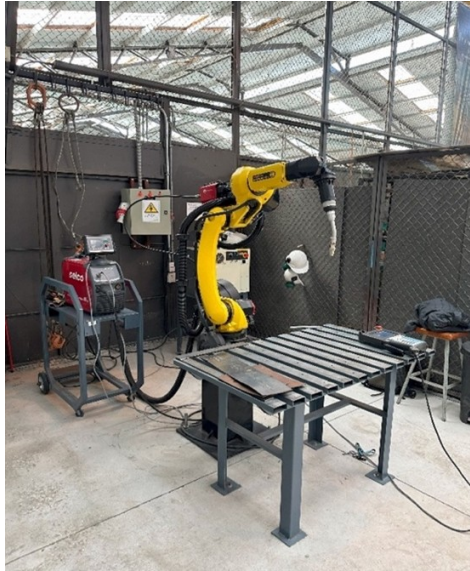


Figura 2.4: Fanuc Robot ARC Mate100iD

Máquina de Soldar

La Selco Genesis 3200 es una fuente de soldadura de alto rendimiento, diseñada para integración con robots industriales mediante protocolos de comunicación digital como Ethernet/IP y DeviceNet, lo que permite un control preciso y sincronizado en celdas de soldadura automatizadas.



Figura 2.5: Máquina soldadora Selco genesis 3200

Soldadura

La soldadura ER70S-6 destaca por su alto contenido de silicio, que mejora la desoxidación y permite soldar materiales con óxido o impurezas superficiales. Esta propiedad, junto con su buena fluidez y versatilidad, la hace ideal para diversas aplicaciones y condiciones de trabajo.



Figura 2.6: Rollo de soldadura 0.9 mm formato 15 KG

Alimentador de soldadura

El Selco WFR 1000 Classic es un alimentador de soldadura MIG/MAG , con sistema de salida por rodillos ajustables mediante tornillos de rosca, lo que garantiza un avance de alambre confiable en aplicaciones industriales.



Figura 2.7: Alimentador selco wfr 1000 classic

Gases y regulador

El regulador de gas está equipado con dos indicadores: un manómetro, que muestra la presión interna del cilindro, y un flujómetro, encargado de medir el caudal de gas que se dirige hacia la máquina de soldadura.



Figura 2.8: Manómetro para argón con flujómetro incorporado

En el mundo de la soldadura MAG se usan dos gases principalmente:

Dióxido de carbono (CO₂):

- Proporciona buena penetración y es económico.
- Puede generar más salpicaduras en comparación con mezclas.

Mezclas de argón y CO₂:

- Combinan las ventajas del argón (arco estable y menos salpicaduras) con la penetración del CO₂.
- Por ejemplo, una mezcla típica es 80 % argón y 20 % CO₂.

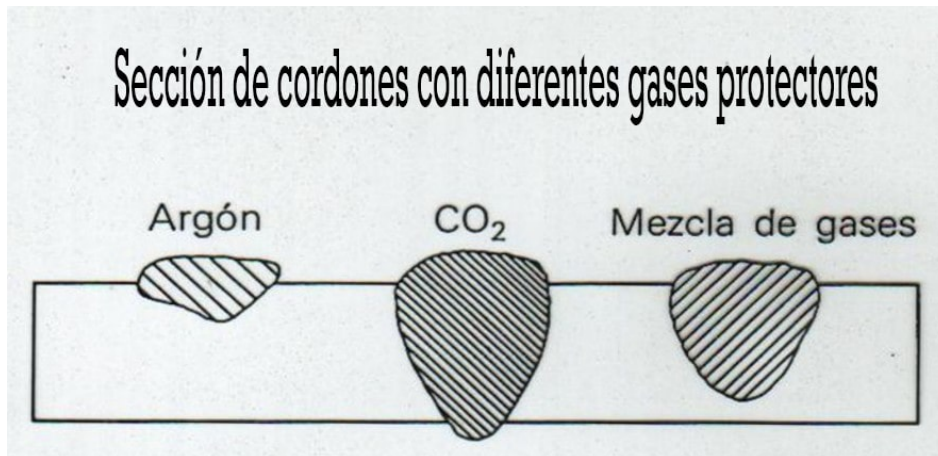


Figura 2.9: Diferencia Gases

Consumibles Antorcha

- **Sujetador de boquilla y tobera (tip holder):** Por los orificios sale el gas de protección, por esta razón es importante la limpieza.



Figura 2.10: Tip Holder

- **Boquilla:** Es la encargada de guiar el alambre. Tiene diferentes medidas, las cuales dependen del calibre del alambre de soldadura a utilizar.



Figura 2.11: Tip

- **Tobera:** Esta se encarga de direccionar el gas y generar una campana de protección. Por esta razón es muy relevante su limpieza después de cada soldadura.

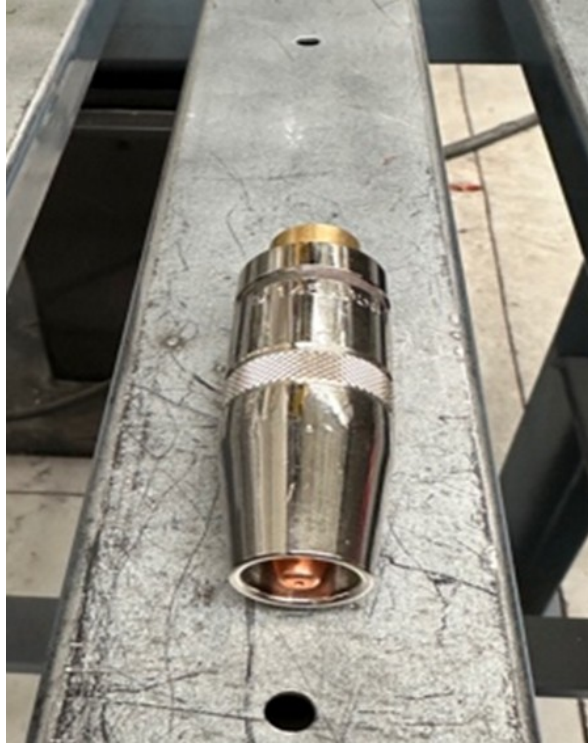


Figura 2.12: Tobera

Sistema de red del robot

La Figura siguiente ilustra las conexiones establecidas entre el controlador y las redes de comunicación.

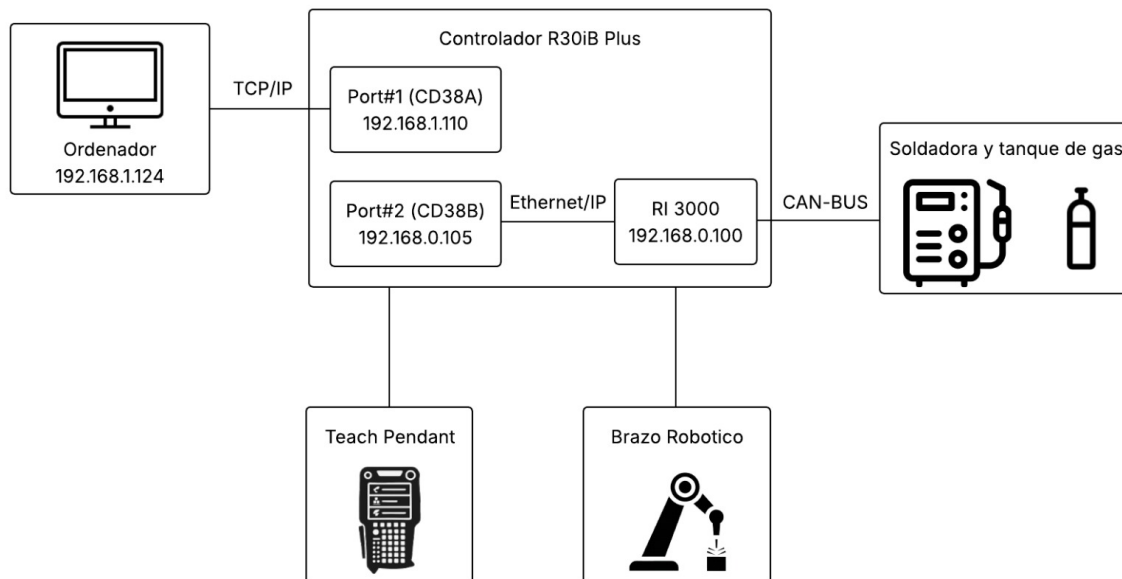


Figura 2.13: Sistema de red del robot

LABORATORIO N°2: "SEGURIDAD DEL ENTORNO"

Autor: Nicolás Salinas V.

Profesor guía: Felipe Benavides

Fecha: 2025

OBJETIVOS:

1. **Recordar**, Identificar y nombrar correctamente todo el Equipo de Protección Personal (EPP) obligatorio requerido para operar y trabajar cerca de la celda de soldadura robótica.
2. **Comprender** los riesgos de seguridad específicos asociados con la operación de la celda de soldadura robótica (radiación, salpicaduras, humos, atrapamiento, etc.) y justificar por qué cada elemento del EPP y procedimiento son necesarios.
3. **Aplicar** correctamente los pasos de seguridad previos a la operación, incluyendo la inspección del área, la verificación del equipo y la confirmación del EPP, antes de iniciar cualquier tarea de soldadura.
4. **Aplicar** y demostrar la técnica correcta (método PASS) para utilizar el extintor de incendios disponible en el área de la celda de soldadura ante una situación de emergencia simulada o descrita.
5. **Comprender y Aplicar** las acciones de respuesta adecuadas en caso de una emergencia (incendio, lesión o falla del equipo) basándose en los procedimientos establecidos en el protocolo de seguridad.

PPT Asociado: PPT 2: "Seguridad del entorno"

Vídeo Asociado: -

Descripción del laboratorio:

La finalidad de este laboratorio es asegurar que todos los usuarios comprendan los riesgos, apliquen las medidas preventivas y sepan cómo actuar en situaciones de emergencia para protegerse a sí mismos y a otros.

Anexo 2 : Seguridad del entorno

Protocolo de Seguridad para Celda de Soldadura Robótica en Entorno Universitario

Este protocolo establece las normas y procedimientos de seguridad obligatorios para la operación y trabajo en el área de la celda de soldadura robótica ubicada en la Universidad. El objetivo principal es prevenir accidentes, lesiones y daños materiales, garantizando un entorno de trabajo seguro para estudiantes y personal docente.

Introducción y Alcance

Este documento aplica a todas las personas que interactúen con la celda de soldadura robótica. Es fundamental que todo usuario lea, comprenda y cumpla estrictamente este protocolo antes de cualquier operación. La celda de soldadura robótica presenta riesgos inherentes que, si no se gestionan adecuadamente, pueden resultar en consecuencias graves.

Riesgos Asociados a la Soldadura Robótica

Los principales riesgos en una celda de soldadura robótica incluyen:

- **Radiación del arco eléctrico:** Rayos ultravioleta (UV) e infrarrojos (IR) que pueden causar quemaduras en la piel y daños oculares graves (queratitis, cataratas).
- **Salpicaduras de metal fundido y escoria:** Pueden causar quemaduras en la piel y ropa.
- **Humo y gases de soldadura:** Contienen partículas finas y gases tóxicos que pueden afectar el sistema respiratorio y tener efectos a largo plazo en la salud, incluso en entornos abiertos.
- **Riesgos eléctricos:** Posibilidad de shock eléctrico por equipos energizados.
- **Atrapamiento por el robot:** Movimientos inesperados o programados del brazo robótico pueden causar golpes o atrapamientos.
- **Riesgos de incendio y explosión:** Chispas, calor y metal fundido pueden incendiar materiales combustibles cercanos o generar atmósferas explosivas si hay vapores inflamables.
- **Superficies calientes:** Las piezas soldadas y el equipo pueden permanecer calientes mucho tiempo después de finalizar la operación.

Equipos de Protección Personal (EPP) Obligatorio

El uso del siguiente EPP es estrictamente obligatorio para cualquier persona que se encuentre operando o dentro del área de influencia de la celda de soldadura robótica mientras esté en funcionamiento:

- **Careta de soldador:** Indispensable para proteger los ojos y el rostro de la radiación del arco, salpicaduras y chispas. Asegúrese de que el filtro sea del tono adecuado para el proceso de soldadura utilizado. Debe bajarse SIEMPRE antes de iniciar el arco de soldadura.



Figura 3.1: Careta de soldador

- **Guantes de soldador:** Fabricados en cuero resistente al calor y a la abrasión, protegen las manos de quemaduras, cortes y descargas eléctricas menores. Deben estar en buen estado.



Figura 3.2: Guantes de soldador

- **Ropa de cuero:** Protege el torso, los brazos y las piernas de la radiación, salpicaduras y calor. Debe ser de un material resistente al fuego.



Figura 3.3: Ropa de Cuero

- **Pechera de Cuero:** Protege la parte frontal de la misma manera que la ropa de cuero.



Figura 3.4: Pechera de Cuero

- **Polainas de cuero:** Cubren la parte superior del calzado y la parte inferior del pantalón para evitar que las salpicaduras y chispas entren en el calzado.



Figura 3.5: Polainas de cuero

- **Calzado de seguridad:** usar calzado cerrado y resistente, idealmente de seguridad con puntera reforzada, para proteger los pies de la caída de objetos o salpicaduras.



Figura 3.6: Zapatos de seguridad

Procedimientos de Seguridad

Antes de Iniciar la Operación

- **Autorización:** Solo el personal autorizado y debidamente capacitado puede operar la celda de soldadura robótica.
- **Inspección del Área:** Verifique que el área alrededor de la celda esté libre de materiales inflamables o combustibles (papel, cartón, líquidos inflamables, etc.) en un radio mínimo de 10 metros. A pesar de ser un entorno abierto, las chispas pueden viajar.
- **Inspección del Equipo:** Revise visualmente el estado del robot, la antorcha de soldadura, los cables y las conexiones. Reporte cualquier anomalía al responsable de la celda.
- **Verificación del EPP:** Asegúrese de tener todo el EPP necesario en buen estado y a su alcance.
- **Planificación de la Soldadura:** Comprenda el programa del robot y la trayectoria que seguirá para evitar interferencias o colisiones.
- **Delimitación del Área:** Aunque sea un entorno abierto, es recomendable señalar claramente el área de trabajo del robot para advertir a otras personas.

Durante la Operación

- **Uso Obligatorio del EPP:** Mantenga puesto todo el EPP en todo momento mientras el robot esté en funcionamiento o las piezas estén calientes.
- **Mantener Distancia Segura:** Permanezca SIEMPRE fuera del alcance del brazo robótico durante la operación. No ingrese al área de trabajo del robot a menos que esté en modo de programación segura o detenido y asegurado.
- **Vigilancia Constante:** Observe el proceso de soldadura y el comportamiento del robot.
- **No Interrumpir el Ciclo:** Evite interferir con el robot o las piezas mientras se está soldando.
- **Atención a Humos y Gases:** A pesar de ser un entorno abierto, posicione su cuerpo para evitar inhalar directamente los humos generados. Aproveche las corrientes de aire naturales si las hay para dispersar los humos lejos de usted y de otras personas cercanas.
- **Procedimientos en Caso de Atasco o Falla:** Si ocurre un problema, utilice los botones de parada de emergencia si es necesario y siga los procedimientos establecidos para solucionar problemas de forma segura, NUNCA intente liberar una pieza atascada o corregir algo con el robot en funcionamiento.

Después de Finalizar la Operación

- **Apagado Seguro:** Siga el procedimiento adecuado para apagar el equipo de soldadura y el robot.
- **Inspección Post-Soldadura:** Revise la zona de soldadura y el área circundante en busca de posibles focos de incendio o materiales calientes. Mantenga vigilancia durante un tiempo prudencial después de finalizar la soldadura, ya que las chispas o el calor residual pueden iniciar un incendio tardíamente.
- **Manejo de Piezas Calientes:** Utilice guantes de soldador para manipular las piezas recién soldadas, ya que estarán a alta temperatura. **Limpieza del Área:** Limpie el área de trabajo, retirando escoria, salpicaduras y cualquier otro residuo generado durante la soldadura.
- **Almacenamiento del EPP:** Guarde el EPP de manera adecuada para su conservación.

Seguridad contra Incendios

- **Extintor Disponible:** Se cuenta con un extintor en el área de la celda de soldadura. Es fundamental conocer su ubicación exacta y su tipo. En este caso se trata de un extintor multipropósito (Clase ABC), adecuado para fuegos de materiales comunes, líquidos inflamables y equipos eléctricos.



Figura 3.7: Extintor del Área

- **Uso del Extintor (Técnica PASS):** En caso de un incendio PEQUEÑO y controlable:
 - **P (Pull):** Jale el pasador o seguro del extintor.
 - **A (Aim):** Apunte la boquilla hacia la base del fuego, no a las llamas.
 - **S (Squeeze):** Apriete la manija para descargar el agente extintor.
 - **S (Sweep):** Mueva la boquilla de lado a lado, cubriendo la base del fuego.



Figura 3.8: Método PASS

- **Evaluación de la Situación:** Utilice el extintor solo si el fuego es pequeño, está contenido y usted tiene una ruta de escape segura. Si el fuego es grande, se propaga rápidamente o no se siente seguro para combatirlo, evacúe inmediatamente el área y active la alarma de incendios si está disponible, o notifique al personal de seguridad de la universidad.
- **Prevención es Clave:** La mejor medida contra incendios es la prevención. Mantenga el área limpia, libre de combustibles y esté siempre atento a la generación de chispas y calor.

Manejo de Humos en un Entorno Abierto

Aunque el entorno sea abierto, la exposición a los humos de soldadura sigue siendo un riesgo para la salud. Dado que no se cuenta con ventilación forzada o sistemas de extracción localizados, es crucial minimizar la exposición mediante:

- **Posicionamiento:** Siempre que sea posible, posicione su cuerpo de manera que el humo se aleje de su zona de respiración, aprovechando las corrientes de aire naturales.
- **Limitación del Tiempo de Exposición:** Minimice el tiempo que pasa en el área donde se generan los humos.

Procedimientos de Emergencia

- **Incendio:** Siga los procedimientos de uso del extintor para fuegos pequeños o evacúe y notifique al personal de seguridad para fuegos mayores.
- **Lesiones:** En caso de quemaduras, cortes, shock eléctrico o cualquier otra lesión, busque atención médica inmediata. Notifique al responsable del laboratorio o al personal de la universidad.
- **Falla del Equipo:** Si el robot o el equipo de soldadura presentan una falla que represente un riesgo, detenga la operación utilizando los paros de emergencia si es necesario y notifique al personal técnico o al responsable del laboratorio.

Mantenimiento y Reporte

- **Reporte de Incidentes:** Cualquier incidente, por pequeño que sea, debe ser reportado al responsable de la celda de soldadura para su investigación y para implementar medidas correctivas.
- **Mantenimiento del Equipo y EPP:** Reporte cualquier daño o mal funcionamiento del equipo, robot, o EPP. Asegure que el EPP se mantenga limpio y en buen estado.

LABORATORIO N°3: "CONFIGURACIÓN DE LA HERRAMIENTA"

Autor: Nicolas Salinas V.

Profesor guía: Felipe Benavides

Fecha: 2025

OBJETIVOS:

1. **Recordar:** Los parámetros necesarios para la configuración de herramientas en el robot FANUC, incluyendo puntos de referencia y medidas clave.
2. **Aplicar:** Configurar correctamente una herramienta en el robot FANUC ingresando sus dimensiones y puntos de calibración mediante el Teach Pendant.
3. **Evaluar** y demostrar que la herramienta configurada realiza trayectorias precisas, validando que las medidas ingresadas corresponden a una operación segura y eficiente.

PPT Asociado: PPT 3: "Configuración de la herramienta"

Video Asociado: -

Descripción del laboratorio:

La finalidad de este laboratorio es configurar las dimensiones de una herramienta en el robot FANUC y verificar su correcta calibración mediante una prueba de posicionamiento.

Anexo 3 : Configuración de la herramienta

Tool center point

Cada vez que se registra un punto, este puede representarse tanto en coordenadas angulares como en coordenadas cartesianas. En el caso de las coordenadas cartesianas, las posiciones registradas corresponden a las del Punto Central de la Herramienta (TCP, por sus siglas en inglés Tool Center Point), con respecto al origen del sistema de coordenadas cartesianas que se encuentre activo en ese momento, el cual ha sido previamente seleccionado por el usuario (siendo WORLD el sistema predeterminado). De manera predeterminada, el TCP se localiza en el centro de la placa correspondiente al eje 6 del robot.

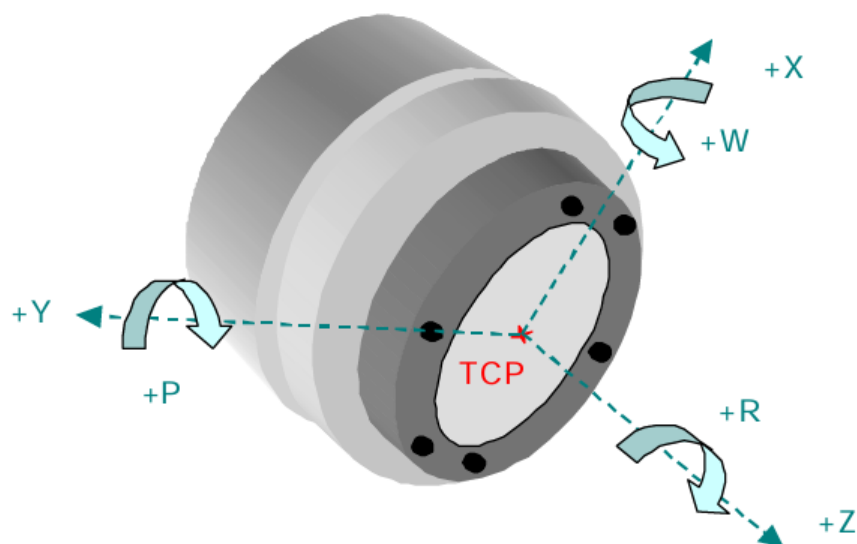


Figura 4.1: TCP

Tipo de herramienta

- Herramienta simple: Es una herramienta en la cual el eje de ataque es paralelo al eje Z de la herramienta por defecto.

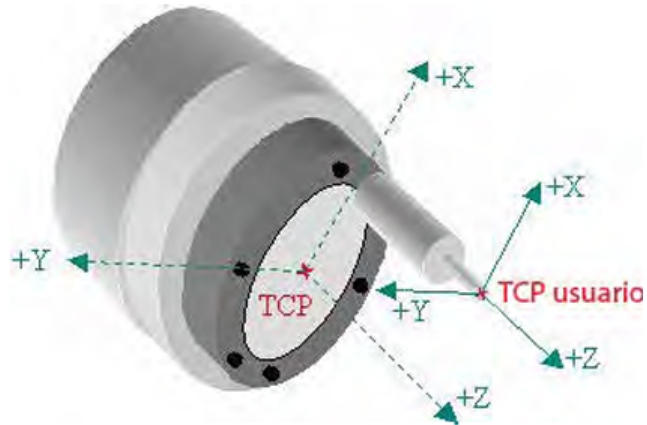


Figura 4.2: Herramienta simple

- Herramienta compleja: Es una herramienta en la cual el eje de ataque no es paralelo al eje Z de la herramienta por defecto.

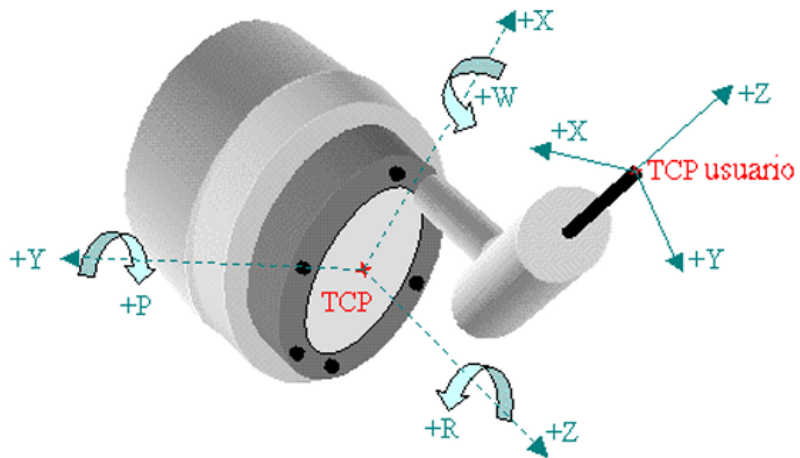


Figura 4.3: Herramienta compleja

Método de entrada directa de valores

En este método, las coordenadas y orientación de la herramienta a definir deben ser perfectamente conocidos.

A continuación, en la imagen presentada, se detallan las diferentes dimensiones de las antorchas disponibles. Para el desarrollo del presente trabajo, se tomará como referencia el modelo A500 con una inclinación de 22°.

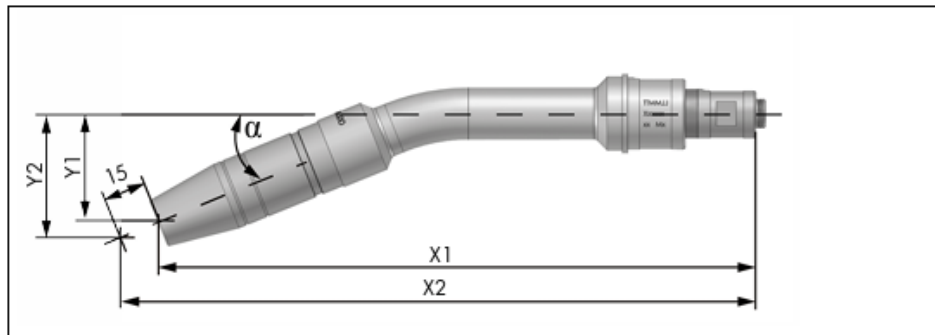


Figura 4.4: Herramienta utilizada

ABIROB®	α	X1	X2	Y1	Y2
A 300	45°	290,2 mm	300,8 mm	49,2 mm	59,8 mm
A 360	0°	249,2 mm	264,2 mm	/	/
A 360	22°	241,0 mm	254,9 mm	44,2 mm	49,8 mm
A 360	35°	227,7 mm	240,0 mm	73,3 mm	81,9 mm
A 360	45°	212,9 mm	223,5 mm	95,9 mm	106,5 mm
A 500	0°	249,2 mm	264,2 mm	/	/
A 500	22°	241,0 mm	254,9 mm	44,2 mm	49,8 mm
A 500	35°	227,7 mm	240,0 mm	73,3 mm	81,9 mm
A 500	45°	212,9 mm	223,5 mm	95,9 mm	106,5 mm

Figura 4.5: Dimensiones antorcha

Con base en lo previamente expuesto, se procede a ingresar al menú Frame, según se ilustra en la imagen que se presenta a continuación.

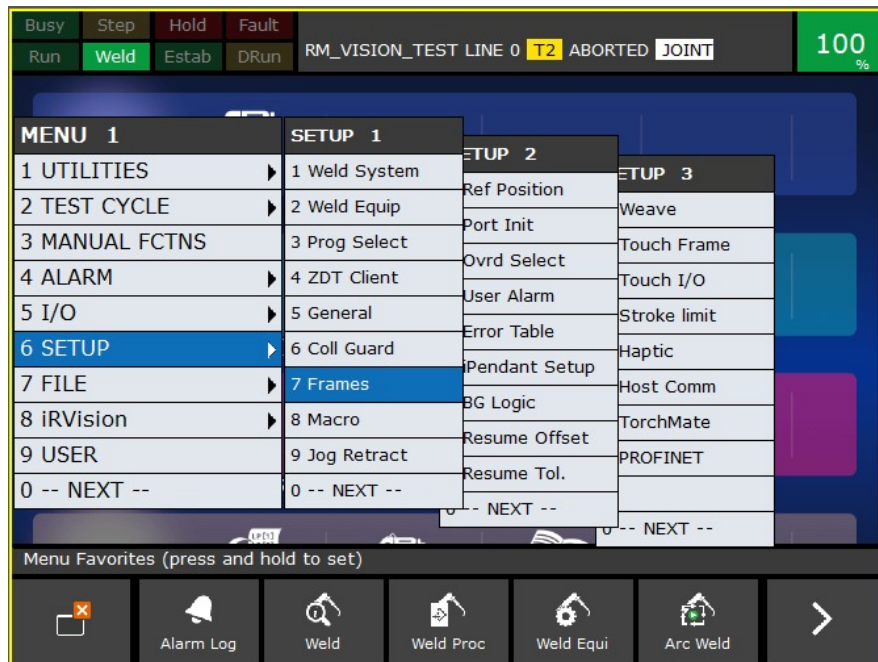


Figura 4.6: Menú frame

A continuación, en la opción Others, se selecciona Tool Frame. En este menú es posible definir hasta un máximo de diez herramientas.

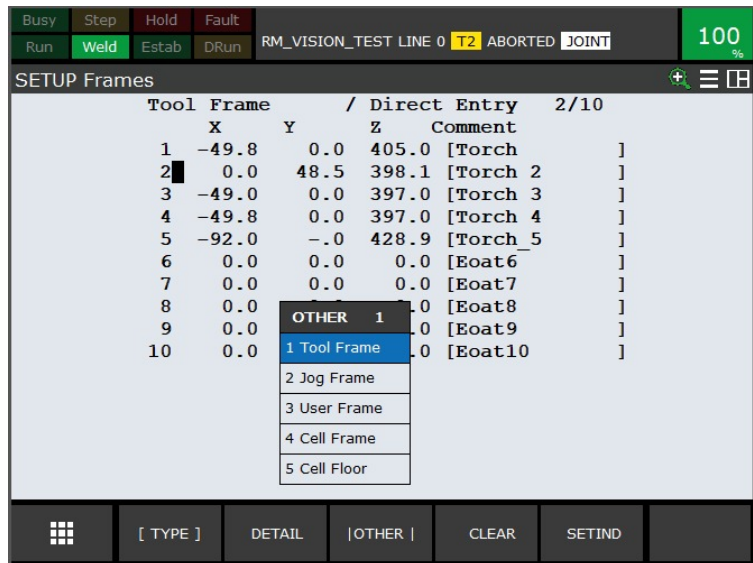


Figura 4.7: Tool frame

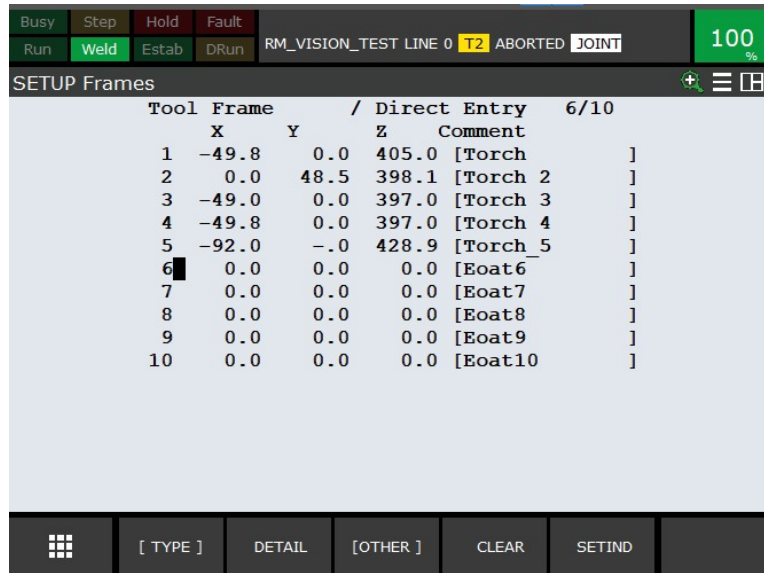


Figura 4.8: Herramientas

El paso final consiste en acceder al menú Direct Entry, donde se deben ingresar las dimensiones de la herramienta previamente expuestas.

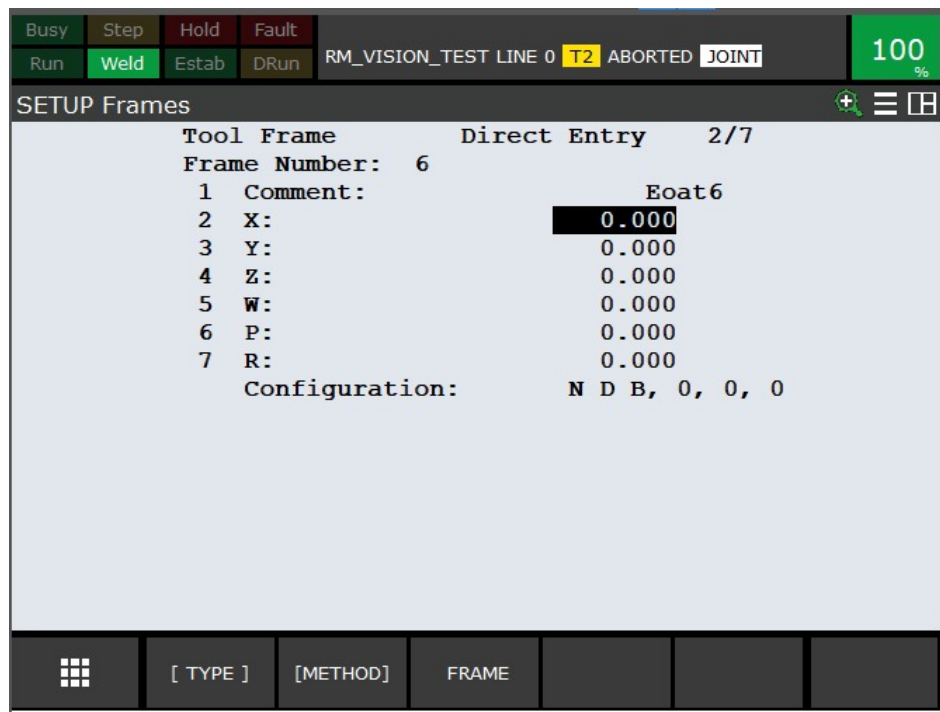


Figura 4.9: Direct entry

Método de los 3 puntos

El objeto de este método es el de desplazar el TCP al extremo de la herramienta utilizada. Para ello tenemos que marcar un mismo punto con 3 orientaciones diferentes y memorizar esas posiciones.

Paso 1 :

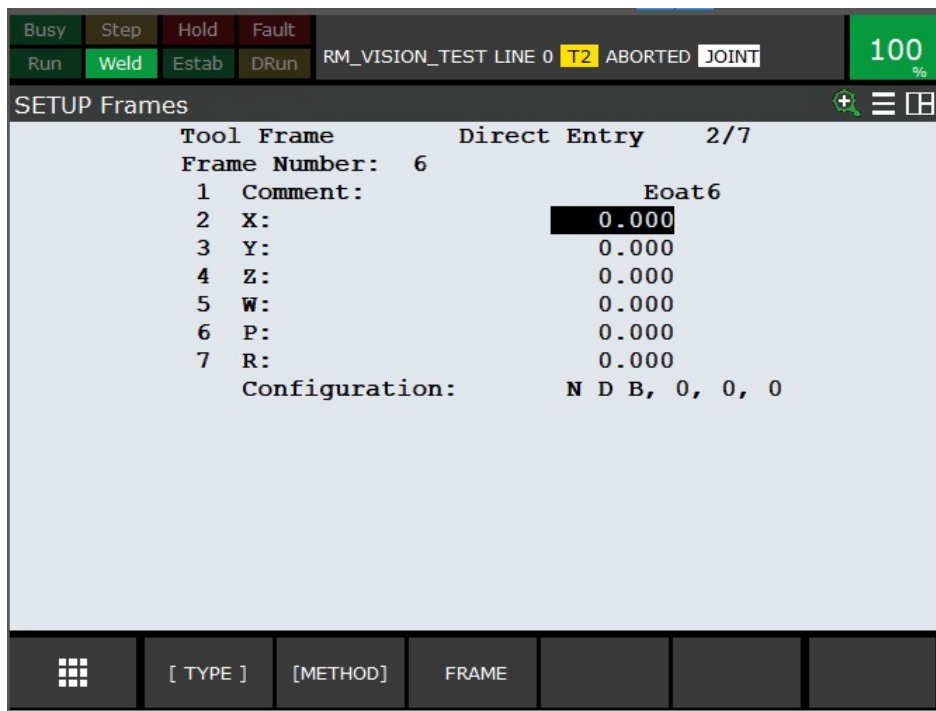


Figura 4.9: Direct entry

Método de los 3 puntos

El objeto de este método es el de desplazar el TCP al extremo de la herramienta utilizada. Para ello tenemos que marcar un mismo punto con 3 orientaciones diferentes y memorizar esas posiciones.

Paso 1:

```

SETUP Frames                                JOINT 10 %
Tool Frame Setup/ Three Point                2/4
Frame Number: 1
  X:   0.0   Y:   0.0   Z:   0.0
  W:   0.0   P:   0.0   R:   0.0
  Comment:*****
Approach point 1:      UNINIT
  Approach point 2:      UNINIT
  Approach point 3:      UNINIT

Active TOOL $MNUTOLNUM[1] = 1
[ TYPE ] [METHOD] FRAME  MOVE_TO RECORD
    
```

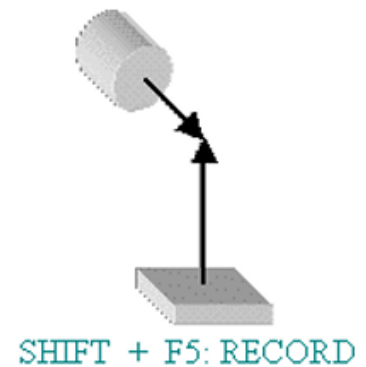


Figura 4.10: Punto 1

Paso 2:

```

SETUP Frames                                JOINT 10 %
Tool Frame Setup/ Three Point                3/4
Frame Number: 1
  X:   0.0   Y:   0.0   Z:   0.0
  W:   0.0   P:   0.0   R:   0.0
  Comment:*****
Approach point 1:      RECORDED
Approach point 2:      UNINIT
  Approach point 3:      UNINIT

Active TOOL $MNUTOLNUM[1] = 1
[ TYPE ] [METHOD] FRAME  MOVE TO RECORD
    
```

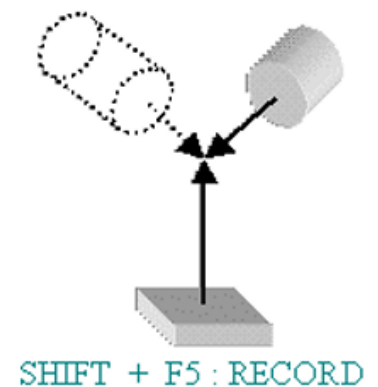


Figura 4.11: Punto 2

Paso 3:

```
SETUP Frames JOINT 10 %
Tool Frame Setup/ Three Point 4/4
Frame Number: 1
X: 0.0 Y: 0.0 Z: 0.0
W: 0.0 P: 0.0 R: 0.0
Comment:*****

Approach point 1: RECORDED
Approach point 2: RECORDED
Approach point 3: UNINIT

Active TOOL $MNUTOLNUM[1] = 1
[ TYPE ] [METHOD] FRAME MOVE_TO RECORD
```

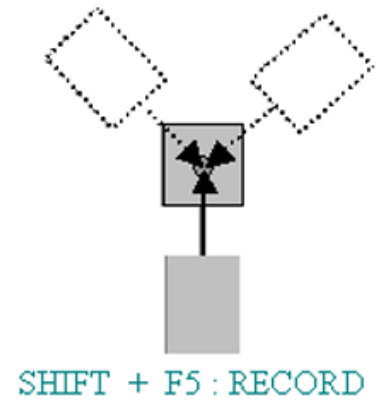


Figura 4.12: Punto 3

Estado final de la ventana:

```
SETUP Frames JOINT 10 %
Tool Frame Setup/ Three Point 1/4
Frame Number: 4
X: 28.1 Y: 53.3 Z: 140.6
W: 0.0 P: 0.0 R: 0.0
Comment:*****

Approach point 1: USED
Approach point 2: USED
Approach point 3: USED

Active TOOL $MNUTOLNUM[1] = 1
[ TYPE ] [METHOD] FRAME
```

Figura 4.13: Estado final

Cuando los 3 puntos se han memorizado, las coordenadas x, y, z del nuevo TCP, son visualizadas en la parte superior de la ventana.

Estas coordenadas son dadas respecto al TCP original de fábrica. El sentido de la coordenada Z del TCP creado por el método 3P es el mismo que el del TCP original del robot.

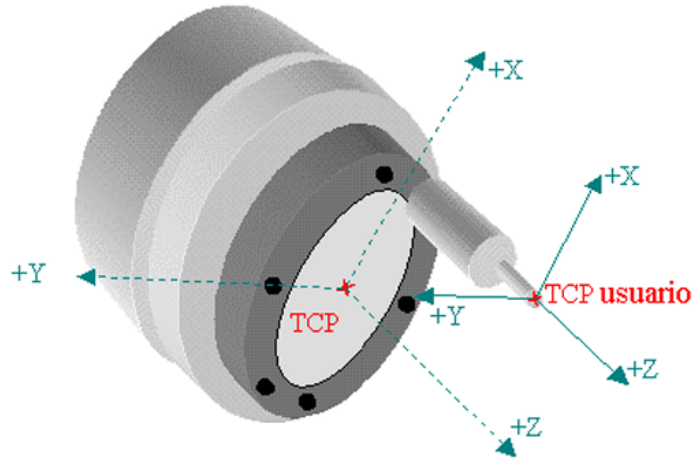


Figura 4.14: TcP usuario

Método de los 6 puntos

El objeto de este método es el de desplazar el TCP original del robot a un punto concreto de la herramienta utilizada y de reorientar la herramienta en base a ese punto.

Las direcciones de las coordenadas del TCP creado por el método 6P serán diferentes a las del TCP original del robot y, por normativa de SEAT, la dirección de ataque del TCP deberá ser X.

Pasos 1, 2, 3:

Los tres primeros pasos son idénticos a los tres primeros pasos que el método de los tres puntos.

El TCP está definido y ahora debemos re-orientar la herramienta y memorizar tres puntos adicionales.

Paso 4: Orient Origine Point

Para memorizar el punto de origen de la orientación, el eje OX de la herramienta debe estar colocado verticalmente o lo que es lo mismo paralelo al eje Z de WORLD, como en la figura siguiente.

```
SETUP Frames JOINT 10 %
Tool Frame Setup/ Six Point 5/7
Frame Number: 1
X: 0.0 Y: 0.0 Z: 0.0
W: 0.0 P: 0.0 R: 0.0
Comment:*****
Approach point 1: RECORDED
Approach point 2: RECORDED
Approach point 3: RECORDED
Orient Origin Point: UNINIT
X Direction Point: UNINIT
Z Direction Point: UNINIT
Active TOOL $MNUTOLNUM[1] = 1
[ TYPE ] [METHOD] FRAME MOVE_TO RECORD
```

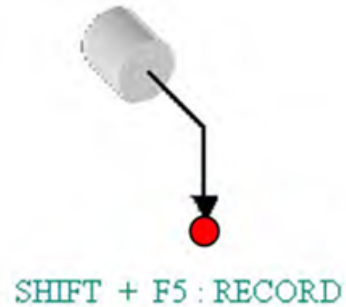


Figura 4.15: Punto 4

Paso 5: X Direction Point

Definiremos ahora la orientación y el sentido del eje X. Para este paso y el siguiente, es más práctico moverse en el sistema de coordenadas WORLD a fin de asegurar que desplazamos verticalmente el eje OX de la herramienta.

WORLD → -Z

```
SETUP Frames JOINT 10 %
Tool Frame Setup/ Six Point 6/7
Frame Number: 1
X: 0.0 Y: 0.0 Z: 0.0
W: 0.0 P: 0.0 R: 0.0
Comment:*****
Approach point 1: RECORDED
Approach point 2: RECORDED
Approach point 3: RECORDED
Orient Origin Point: RECORDED
X Direction Point: UNINIT
Z Direction Point: UNINIT
Active TOOL $MNUTOLNUM[1] = 1
[ TYPE ] [METHOD] FRAME MOVE_TO RECORD
```

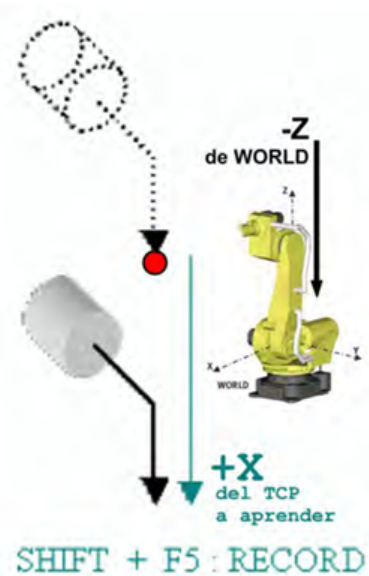


Figura 4.16 Punto 5

Paso 6: Z Direction Point

Para dar la dirección en Z, es preciso re-posicionarse sobre el punto de origen de la orientación. Para ello, colocar el cursor sobre la línea «Orient Origin Point» y después pulsar SHIFT + F4: MOVE_TO. El robot se repositionará sobre el punto memorizado en el paso 4, es decir, el origen de las coordenadas del TCP.

Para definir la dirección y el sentido del eje OZ de la herramienta, el robot debe moverse en coordenadas:

WORLD → ±X o ±Y

```

SETUP Frames                               JOINT 10 %
Tool Frame Setup/ Six Point                7/7
Frame Number: 1
  X:  0.0  Y:  0.0  Z:  0.0
  W:  0.0  P:  0.0  R:  0.0
Comment:*****
Approach point 1:      RECORDED
Approach point 2:      RECORDED
Approach point 3:      RECORDED
Orient Origin Point:   RECORDED
X Direction Point:     RECORDED
Z Direction Point:     UNINIT
Active TOOL $MNUTOLNUM[1] = 1
[ TYPE ] [METHOD] FRAME MOVE_TO RECORD
  
```

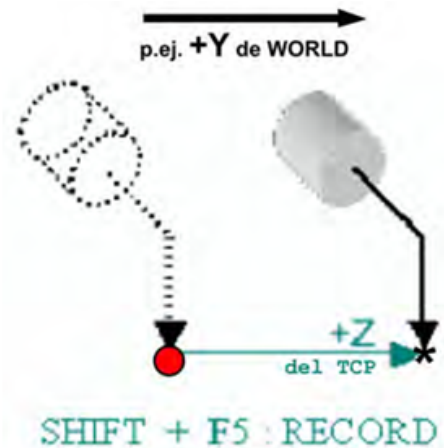


Figura 4.17 Punto 6

Estado final de la ventana:

Cuando los 6 puntos están memorizados, las coordenadas x, y, z del nuevo TCP y las orientaciones w, p y r de la nueva herramienta son visualizadas en la parte superior de la ventana.

```

SETUP Frames                               JOINT 10 %
Tool Frame Setup/ Six Point                1/7
Frame Number: 5
  X:  30.0  Y:  50.3  Z: 145.2
  W: 180.0  P:  0.0  R: 135.7
Comment:*****
Approach point 1:      USED
Approach point 2:      USED
Approach point 3:      USED
Orient Origin Point:   USED
X Direction Point:     USED
Z Direction Point:     USED
Active TOOL $MNUTOLNUM[1] = 1
[ TYPE ] [METHOD] FRAME
  
```

Figura 4.18 Ventana final 6P

LABORATORIO N°4: "ENCENDIDO DEL ROBOT Y PREPARACION PARA SOLDAR "

Autor: Nicolas Salinas V.

Profesor guía: Felipe Benavides

Fecha: 2025

OBJETIVOS:

1. **Demostrar** la secuencia correcta para el encendido del robot y la apertura del manómetro de gas de protección, siguiendo los procedimientos establecidos.
2. **Verificar** el estado y la correcta instalación de los consumibles de soldadura (rollo de alambre, tip, tobera,) antes de iniciar la operación.
3. **Comprobar** la correcta salida y alimentación del alambre a través de la antorcha, ajustando la tensión si es necesario para una preparación óptima.

PPT Asociado: PPT 4: "Encendido del robot"

Video Asociado: -

Descripción del laboratorio:

La finalidad de este laboratorio es la ejecución correcta de los procedimientos para el encendido seguro del equipo y su preparación integral para las tareas de soldadura.

Anexo 4 : Encendido del Robot y preparación para soldar

Inicio del procedimiento:

Encendido del controlador

Para iniciar el controlador debemos mover el interruptor de alimentación a la posición de encendido.



Figura 5.1: Posición Encendido

Apagado del controlador

Para Apagar el controlador se utiliza el mismo interruptor, pero esta vez hay que llevarlo a la posición de apagado OFF.



Figura 5.2: Posición Apagado

Seguridad del interruptor

Para que el interruptor de alimentación funcione debe estar correctamente cerrada la tapa del controlador con el seguro del interruptor bien cerrado.

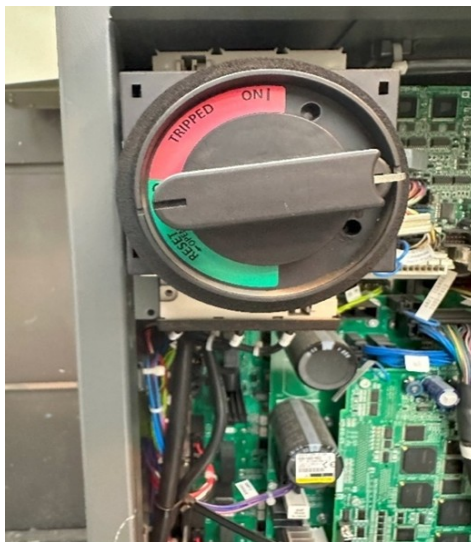


Figura 5.3: Seguro del interruptor

Encendido máquina de soldar

Para encender la máquina de soldar hay que llevar el interruptor ubicado en la parte posterior a la posición de encendido.



Figura 5.4: Posición ON soldadora

Apagado máquina de soldar

Para apagar la máquina de soldar hay que llevar el interruptor ubicado en la parte posterior a la posición de apagado.



Figura 5.5: Posición OFF soldadora

Apertura de manómetro

Antes de iniciar el proceso de soldadura debemos dar el paso del gas de protección, para luego regular el flujo de caudal el cual debe estar entre 10 a 15 L.P.M. Se recomienda activar la purga de gas para generar un flujo de gas y poder lograr la regulación.

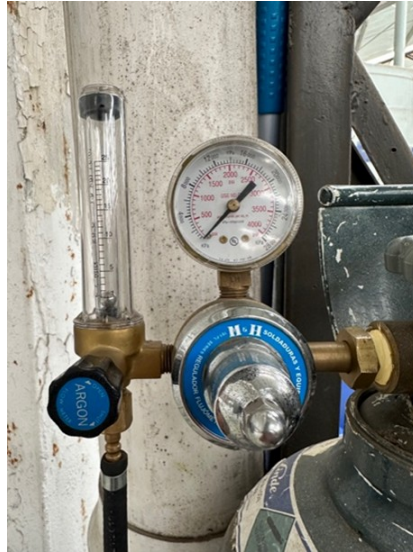


Figura 5.6: Manómetro sin presión

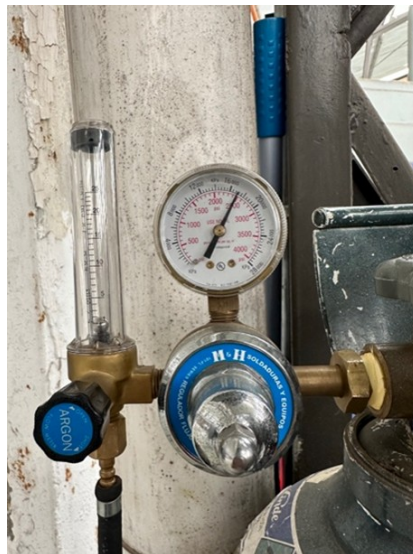


Figura 5.7: Manómetro con presión

Comprobar consumibles y salida del alambre

Antes de cualquier soldadura es recomendable revisar los consumibles (tobera, boquilla) y que el alambre salga correctamente para lograr un proceso óptimo.



Figura 5.8: Antorcha soldadora vista desde abajo



Figura 5.9: Antorcha sin tobera

LABORATORIO N°5: "CREACIÓN DE PROGRAMA"

Autor: Nicolas Salinas V.

Profesor guía: Felipe Benavides

Fecha: 2025

OBJETIVOS:

1. **Aplicar** comandos básicos de programación en Teach Pendant para establecer una rutina inicial de movimientos del robot en un programa vacío.
2. **Crear** Diseñar y desarrollar un programa funcional desde cero que controle una secuencia básica de soldadura utilizando el robot FANUC.
3. **Demostrar** el resultado del programa de soldadura creado, asegurando que el robot FANUC ejecute correctamente la trayectoria y parámetros establecidos para obtener un cordón de soldadura uniforme

PPT Asociado: PPT 5: "Creación de programa"

Video Asociado: Resultados Soldadura

Descripción del laboratorio:

La finalidad de este laboratorio es programar desde cero el robot FANUC para realizar una secuencia de soldadura básica, verificando que el cordón resultante cumpla con los parámetros de trayectoria, velocidad y calidad establecidos.

Anexo 5 : Creación de programa

Pantalla principal

- Setup: Configuraciones básicas del robot
- Teach: en esta sección se encuentra el programa actual, la lista de programas y el asistente para crear programas
- Run: Monitor para ver en tiempo real los datos y posiciones del robot
- Utility: en esta sección se encuentran funciones como respaldo, asistente de motores y un manual básico de uso para el robot

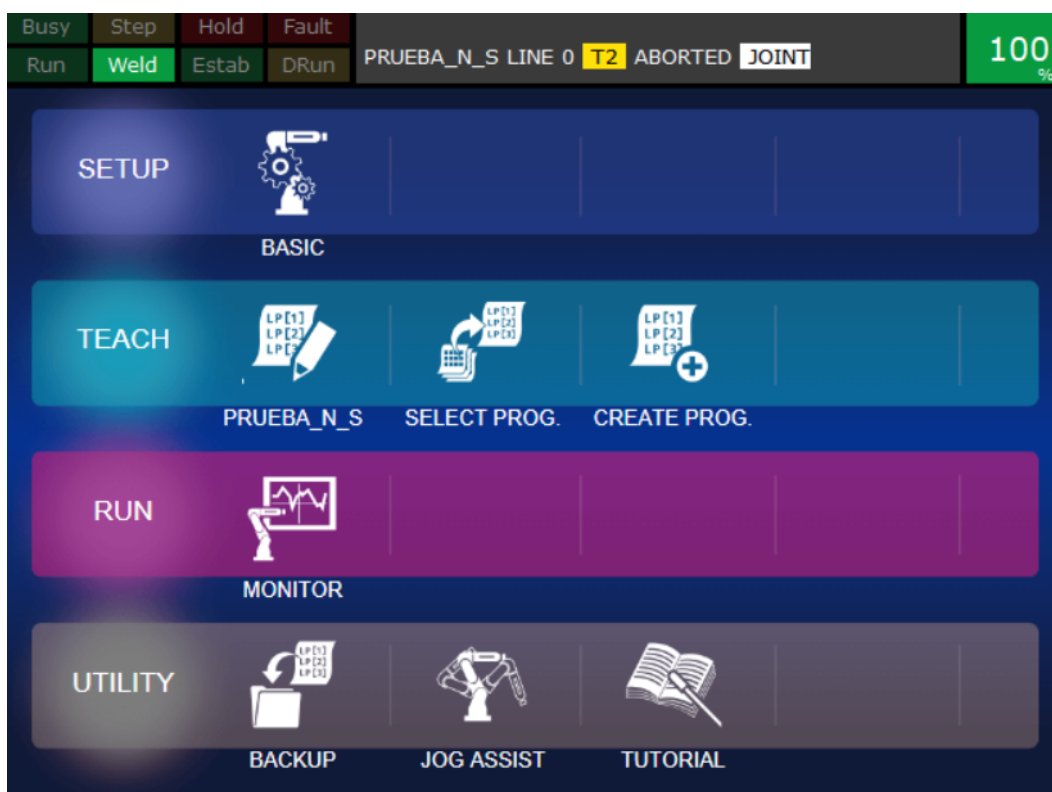


Figura 6.1: Pantalla principal

Create program

Se debe presionar la opción “create prog.” del menú principal.

A continuación, procedemos a crear una plantilla en blanco (blank template), seleccionamos la opción y en la pantalla táctil se habilitará el botón next step.

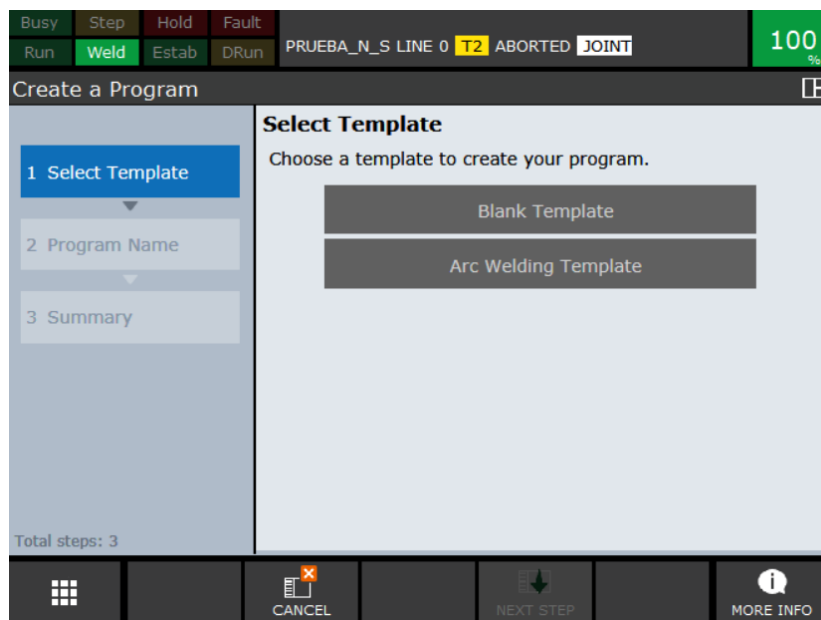


Figura 6.2: Pantalla de selección de plantilla

Se debe asignar un nombre que no tenga caracteres especiales ni símbolos, cómo espacio se sugiere usar guion bajo. Se puede crear un comentario de manera opcional este es visible en la lista de programas.

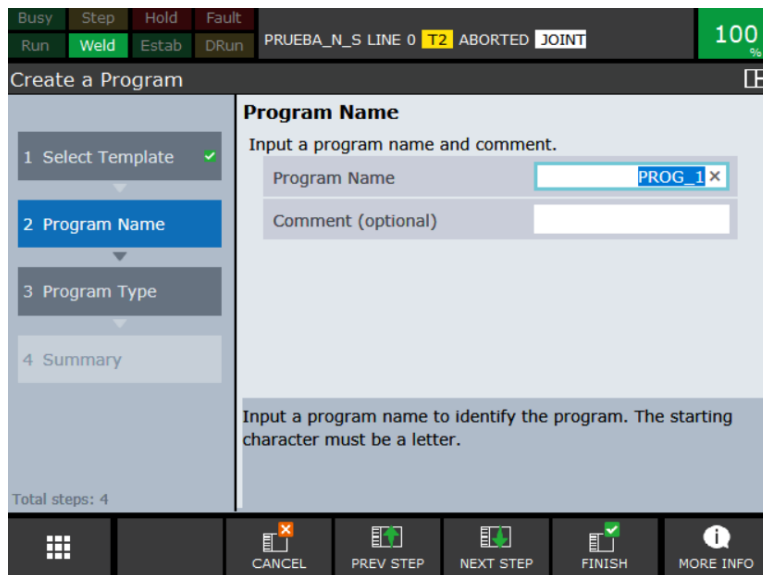


Figura 6.3: Pantalla selección de nombre

Ya con el nombre definido se selecciona la opción typical robot program la cual permite crear y modificar programas desde el teach pendant

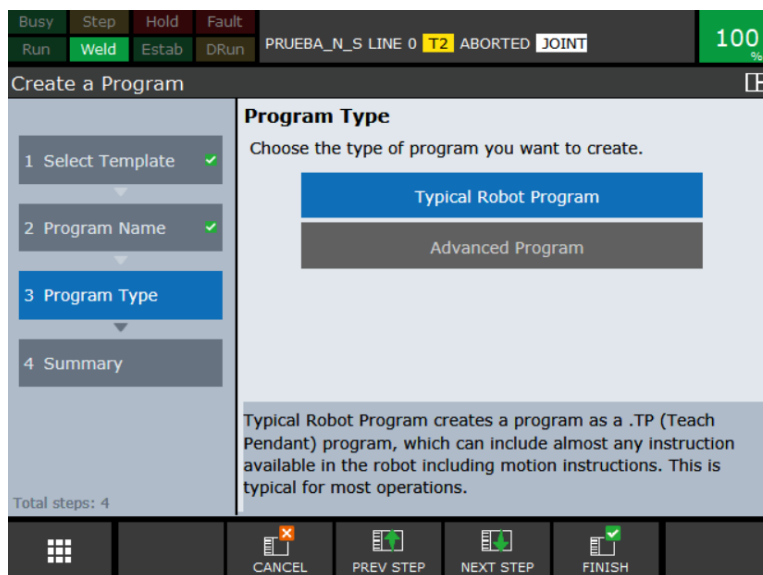


Figura 6.4: Pantalla selección de tipo de programa

La última ventana es el resumen, en este se encuentran todos los detalles ingresados anteriormente, luego se debe presionar finish en la pantalla táctil.

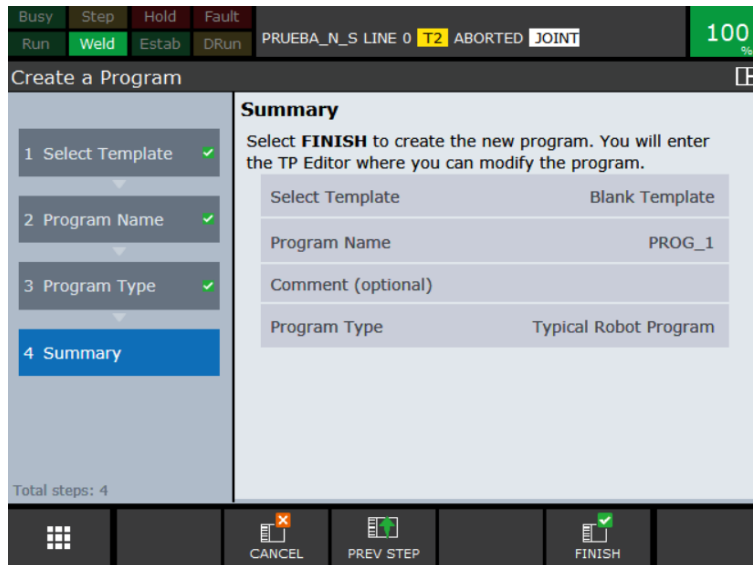


Figura 6.5: Pantalla de resumen

Una vez terminado los pasos anteriores el Teach pendant mostrara el programa en blanco en el cual debemos añadir las instrucciones de programa.



Figura 6.6: Programa en blanco

Estructura de programa soldadura lineal

Se procede a seleccionar la herramienta que por defecto es la 1, Con el comando GO enviamos el valor de la corriente que deseamos usar.

```
1:  --Seleccionar herramienta del
   :  robot
2:
3:  UTOOL_NUM=1
4:
5:  --Configuracion Corriente
6:
7:  GO[1:0:Current]=(100)
```

Figura 6.7: Comando GO

Movemos el robot a la zona de trabajo esta posición debe estar por encima del área donde se trabajará, el próximo punto es el de aproximación el cual se ubica a 100 mm de la pieza.

```
9:  --Mover a punto de referencia
10:
11:L  P[6] ...inch/min CNT100
12:
13:  --Mover a punto de aproximacion
14:
15:L  P[2:Approach Point] 100mm/sec
   :  CNT100
```

Figura 6.8: Puntos de referencia

Para realizar una soldadura efectiva la antorcha debe estar casi en contacto con la pieza este es el punto de inicio del cordón de soldadura, luego se debe configurar la oscilación.

```
17:  --Punto de inicio de arco
18:L  P[3:Weld Start Point] 20cm/min
    :  FINE
19:
20:  --Configuracion e inicio de
    :  oscilacion
21:
22:  Weave Sine[0.5Hz, 5.0mm, 0.500s,
    :  0.500s]
```

Figura 6.9: Punto de inicio y oscilación

Para iniciar el arco se debe activar la salida digital 81 la cual este asociado al bit de la máquina de soldar que inicia el arco, luego se debe crear el punto final del recorrido del cordón de soldadura, este es el punto que utilizamos para dar término a la soldadura, y en él se fija la velocidad de soldadura.

```
24:  --Iniciar arco
25:
26:  DO[81:OFF:Weld start      ]=ON
27:
28:  --Punto donde se desea terminar
    :  el cordon
29:
30:L  P[4:Weld End Point] 20cm/min
    :  FINE
```

Figura 6.10: Activación de DO (arco)

Una vez en el punto final se debe parar la oscilación con la función weave end y se debe poner en off la entrada 81 para terminar el arco

```
32:  --Termino de oscilacion
33:
34:  Weave End
35:
36:  --Termino de arco
37:
38:  DO[81:OFF:Weld start      ]=OFF
```

Figura 6.11: Término de oscilación y arco

Luego se debe retirar el robot de la zona de trabajo para poder observar el trabajo realizado, el robot debe tener una distancia que permita manipular las piezas metálicas sin golpear a él mismo, por ende, se realiza un movimiento preciso para alejarse de la pieza y luego vuelve a punto alejado.

```
40:  --Mueve a un punto de retiro 100
    :  mm aprox por encima de la pieza
    :  soldada
41:
42:L  P[5:Escape Point] 100mm/sec
    :  CNT100
43:
44:  --El robot vuelve al punto de
    :  referencia
45:
46:J  P[6:Reference Point] 10% FINE
```

Figura 6.12: Punto de escape o retirada

Para mantener la velocidad del robot al 100%, es necesario utilizar el comando override al inicio. De este modo, se garantiza que la velocidad de soldadura sea la adecuada, ya que dicho comando regula la velocidad de ejecución del programa.

```
2:  !Velocidad de Proceso  
3:  OVERRIDE=100%
```

Figura 6.13: Overdrive 100%

Una vez terminado el proceso al final del programa se debe volver a la velocidad del 10% para evitar accidentes.

```
32: !Establecer velocidad baja  
33: !de seguridad  
34: OVERRIDE=10%  
[End]
```

Figura 6.14: Overdrive 10%

Acondicionamiento del material

- **Limpieza de la Superficie:** La eliminación de impurezas en la superficie del metal, incluyendo óxido, pintura, grasa y polvo, se realiza utilizando un cepillo de alambre o una amoladora equipada con un disco flap o desbaste.



Figura 6.15: Herramientas y materiales para limpieza

■ Ejemplo de limpieza:



Figura 6.16: Planchas de acero oxidadas



Figura 6.17: Planchas de limpias

- **Realización del Bisel en V:** Se utiliza la amoladora para cortar el borde del metal en un ángulo aproximado de 45 grados.

El ángulo del bisel se ajusta a 37.5 grados, dejando un pequeño talón de aproximadamente 3 mm de grosor.

Las rebabas y las imperfecciones se eliminan con una amoladora. Una vez realizado el bisel es recomendable soldar los extremos de las planchas para evitar que se muevan durante el proceso



Figura 6.18: Bisel en forma de v

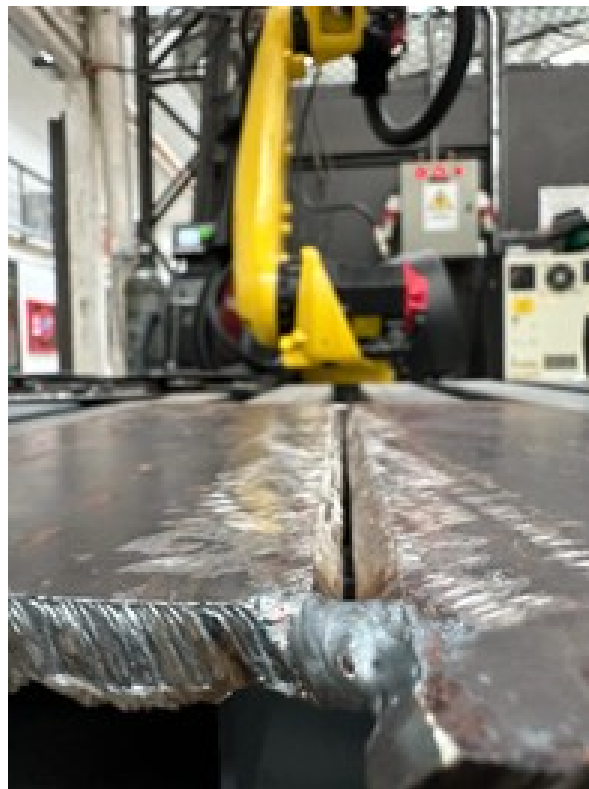


Figura 6.19: Bisel en forma de v (2)

Resultados

A continuación se presentan los resultados obtenidos tras el reconocimiento y programación del brazo robótico fanuc en soldadura.

A lo largo de los anexos anteriores, se proporcionó una guía detallada sobre el uso del robot y la programación de las tareas de soldadura, estableciendo una base sólida para comprender el funcionamiento y las capacidades de esta tecnología.

En esta sección, se analizarán los datos recopilados durante las pruebas y experimentos realizados, destacando los beneficios, desafíos y el impacto de la automatización en la calidad y eficiencia de la soldadura.

Este análisis permitirá evaluar el rendimiento del brazo robótico y su potencial para transformar los procesos de manufactura en el futuro.

Prueba N°1

Para la prueba de soldadura n°1 se usó una plancha de 5 mm por consecuencia la corriente adecuada sería de 100 amperios, la velocidad de avance del robot en 5 cm/min, la frecuencia de oscilación es de 3 Hz, la amplitud en 5 cm y el tiempo dwell es de 0.5 s por lado teniendo así un cordón de soldadura de aproximadamente 10 cm.



Figura 6.20: Prueba N°1

Prueba N°2

Para la prueba n°2 se utilizó una plancha de 10 mm por ende el amperaje adecuado esta en el rango de 150 a 180 amperes y una velocidad de avance de 7 cm/min, la frecuencia de oscilación ocupada fue de 1 Hz con una amplitud de 6 cm y un tiempo dwell de 0.6 s logrando así un cordón de 12 cm aproximadamente.

Se recomienda aumentar la frecuencia para tener un resultado más liso.



Figura 6.21: Prueba N°2