B1 Group

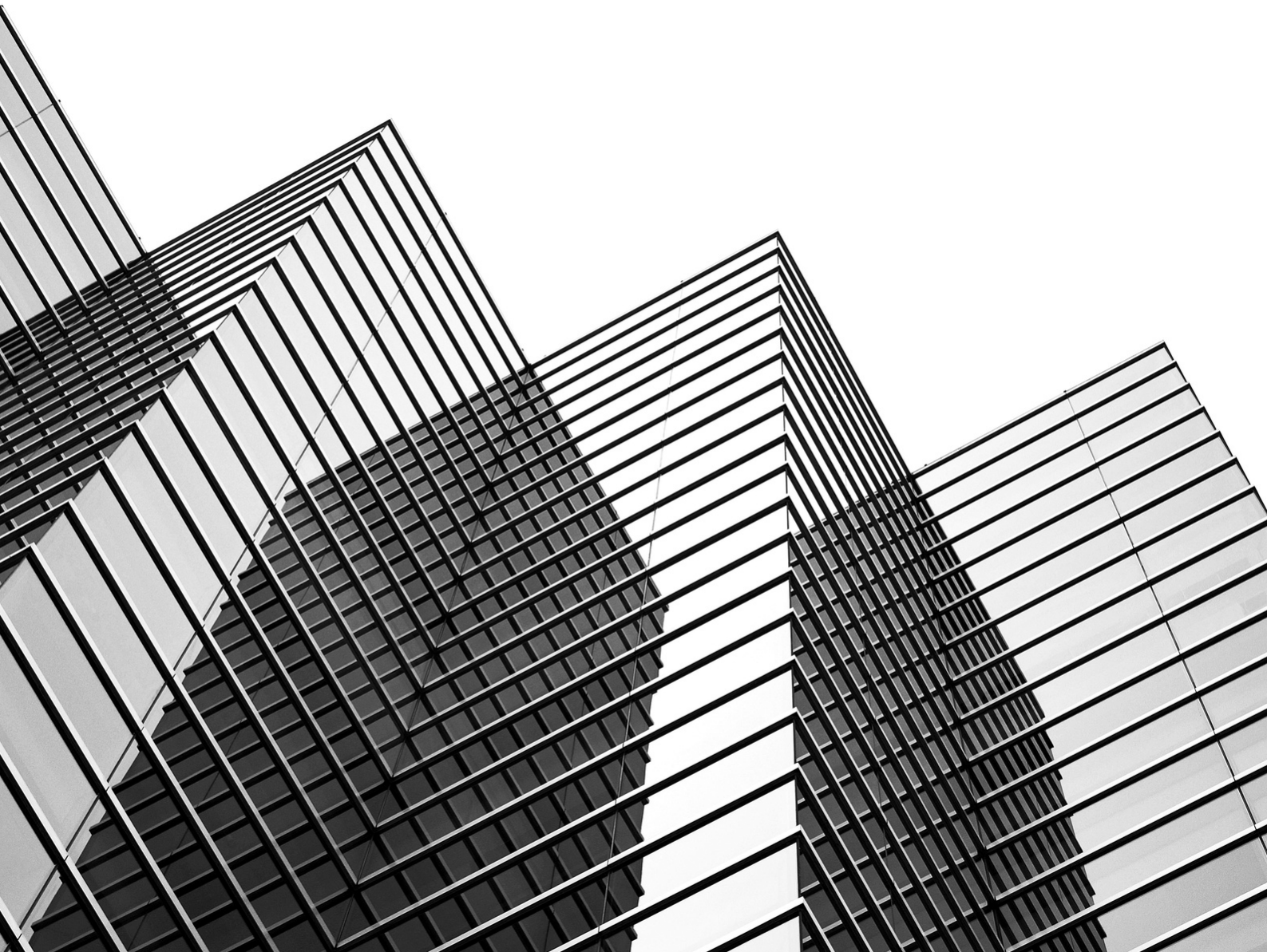
ENERO 2024

MEMORIA DEL TABAJO

PROGRAMACIÓN DE ROBOTS

Jose Luis Galán | Alberto Andrés | Gonzalo Albelda | Gonzalo Martín

Simulación de una célula de soldadura automatizada para la unión de las piezas laterales del chasis de los vehículos a través de robots antropomórficos.



ÍNDICE

01 DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO GENERAL DE LA CELDA

02 ELEMENTOS QUE CONFORMAN LA CELDA Y SU UBICACIÓN

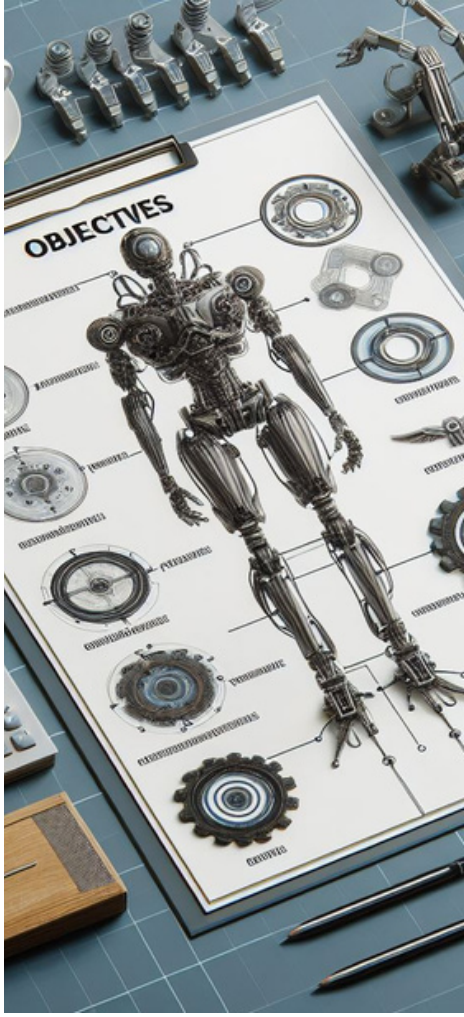
03 ESTRUCTURA DE ÁRBOL DE LOS ELEMENTOS DE LA ESTACIÓN

04 DESARROLLO DE LA PROGRAMACIÓN

05 CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

06 REFERENCIAS Y ANEXOS

01 DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO GENERAL DE LA CELDA



La propuesta presenta una **célula de soldadura completamente automatizada**, diseñada para optimizar el proceso de soldadura del chasis. Cuatro robots especializados en soldadura y dos robots de pick & place con un sistema de ventosas garantizan una unión precisa de la colocación de las piezas. El desplazamiento ordenado del chasis a lo largo de un raíl y las cintas transportadoras aseguran un entorno controlado y seguro para la ejecución de las operaciones de soldadura, evitando la manipulación directa de los operarios.

La célula de soldadura integra diversos componentes para llevar a cabo el proceso de fabricación del chasis. En la sección de robots, se emplean **cuatro robots COMAU SMART 5 NJ 130-2.6** para las operaciones de soldadura y **dos robots ABB IRB 6700-205/2.80** para el ensamblaje de piezas mediante la técnica de pick & place.

En **el bloque de Pick & Place**, compuesto por dos robots ABB IRB 6700-205/2.80, cada uno dispuesto a un lado del raíl, se complementa con una cinta transportadora, esta es la encargada de alimentar las piezas para el ensamblaje, y la coordinación robot-cinta se lleva a cabo mediante sensores inductivos colocados al final de ambas cintas. Estos sensores envían señales al robot cuando detectan una pieza, permitiendo un movimiento controlado de pick.

En **el bloque de soldadura**, compuesto por cuatro robots COMAU SMART 5 NJ 130-2.6, dispuestos en pares a ambos lados del raíl, se realiza un proceso simultáneo y coordinado. Cada robot se encarga de soldar una parte específica del lateral del chasis, asegurando un resultado final compacto. La disposición de los robots evita colisiones, garantizando la seguridad y eficiencia en el proceso.

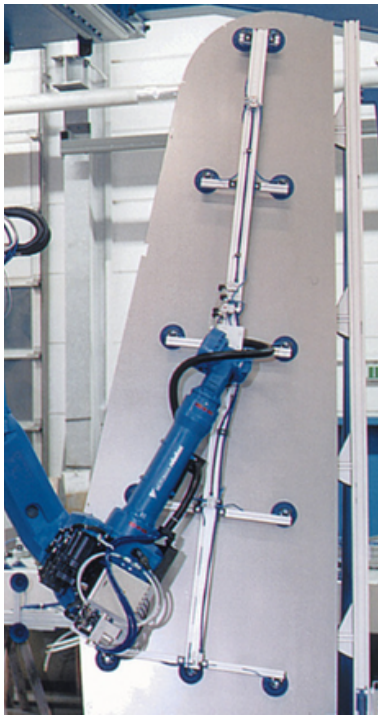
El chasis del coche se desplaza a lo largo del raíl, atravesando la nave para llegar al bloque de operación. Este movimiento se ejecuta de manera secuencial, asegurando una soldadura ordenada y continua de las piezas del chasis. Además, se considera la posibilidad de ampliar esta línea de montaje para abarcar la fabricación completa del chasis, proporcionando un control integral y una homogeneidad en el producto final.

02 ELEMENTOS QUE CONFORMAN LA CELDA Y SU UBICACIÓN

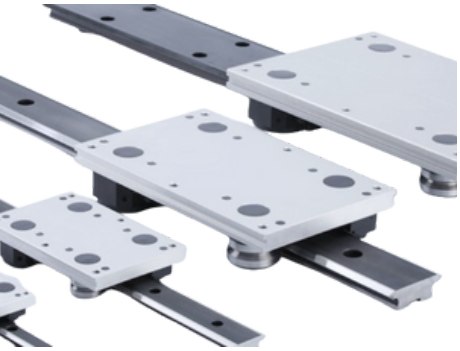
El brazo robótico **Comau Smart 5 NJ 130-2-6** se distingue por sus 6 ejes, una carga útil de 130 kg y un alcance de 2616 mm. Con una repetibilidad de 0.07 mm y un peso de aproximadamente 1050 kg, este robot está especialmente diseñado para aplicaciones de soldadura, asegurando una precisión elevada en todas las operaciones.

El brazo robótico **ABB-IRB-6700-205-2-80**, equipado con seis ejes, sobresale por su capacidad de carga de 205 kg y un alcance de 2800 mm. Con una repetibilidad de 0.05 mm y un peso cercano a los 1260 kg, destaca por su eficacia en la manipulación de piezas grandes en aplicaciones de soldadura y ensamblaje.

El **sistema de sujeción de vacío por ventosas** personalizado de **Schmalz** se caracteriza por su velocidad en las manipulaciones, garantizando eficiencia en los tiempos de producción. Además de ofrecer precisión en la colocación de piezas, su flexibilidad neumática facilita su integración en diversas aplicaciones industriales. Optar por un desarrollo a medida maximiza la adaptabilidad a las necesidades específicas, contribuyendo a la eficiencia y sostenibilidad, especialmente al utilizarse en entornos robóticos.



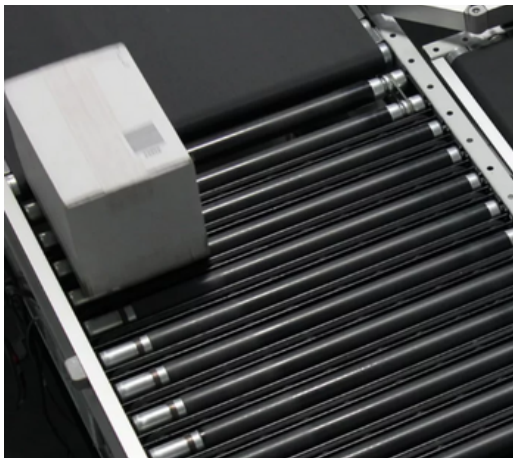
La herramienta de soldadura para robots **Fronius MTB500i** destaca por su eficiencia mejorada en la soldadura robotizada, brindando un registro detallado de datos a través del software WeldCube Premium. La simulación avanzada con Pathfinder y la programación offline reducen los tiempos de preparación, garantizando una continuidad ininterrumpida del trabajo. Además, el servicio de Fronius facilita el cambio de componentes, contribuyendo directamente a un aumento significativo de la productividad.



Las **guías lineales en V GV3** de **HepcoMotion**, que emplean rodillos en V sobre perfiles de acero endurecido, se destacan por su versatilidad y fiabilidad. Ofrecen alta precisión, rigidez, capacidad de carga, velocidad y durabilidad, además de una fácil instalación y mantenimiento.

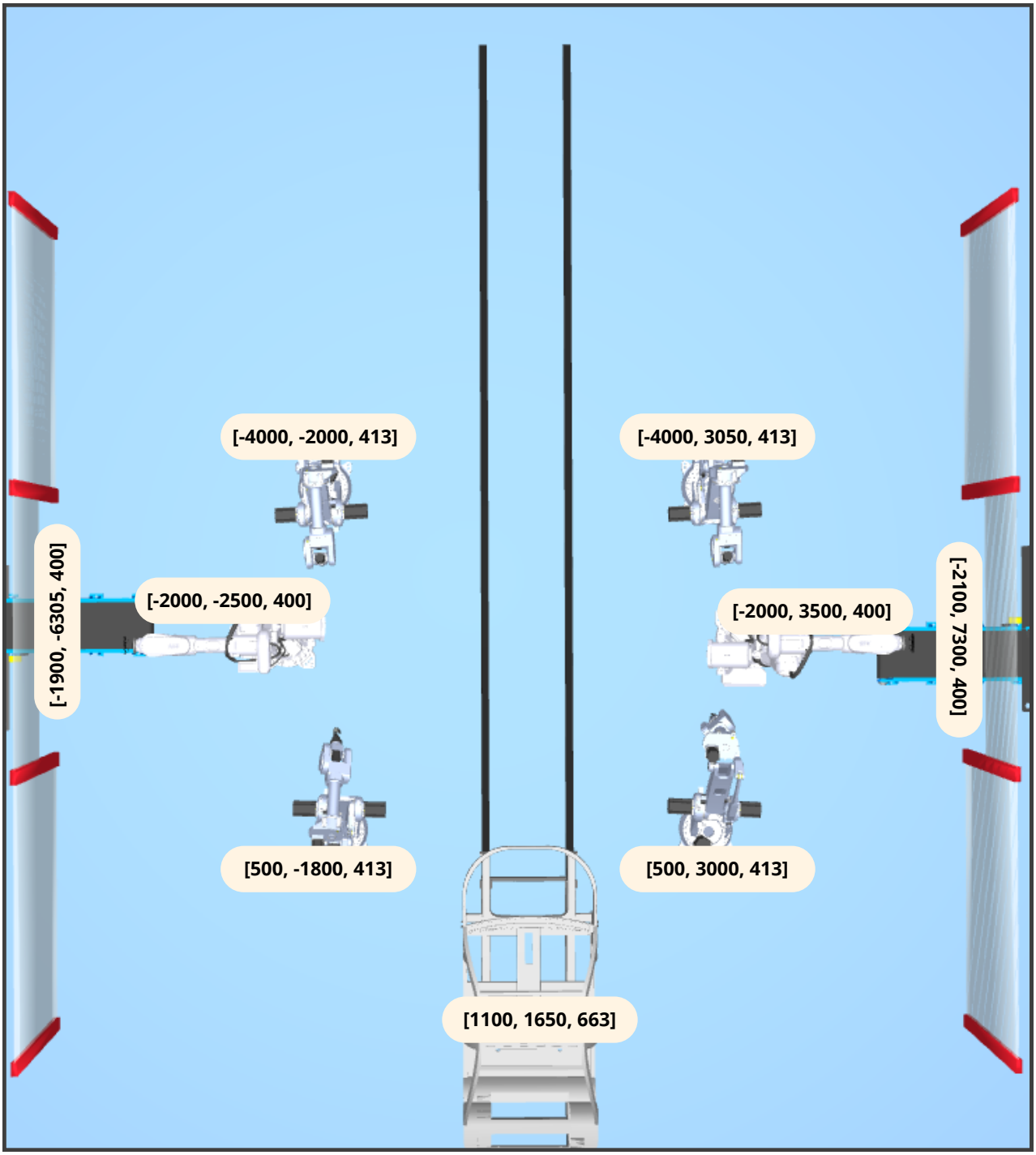
El **Vallado Serie 3000 de FERAX** sobresale como una opción robusta y resistente para asegurar celdas industriales y maquinaria especial. Cumple con estrictas normativas europeas, garantizando un entorno seguro, y su resistencia a impactos y envejecimiento asegura una durabilidad a largo plazo. El premontaje de todos los componentes facilita una rápida instalación y lo convierte en una elección sólida para entornos industriales dinámicos.

Las **cintas transportadoras automáticas Dematic** destacan por su eficiente flujo automático, integración con subsistemas, arquitectura reconfigurable y capacidad de escalabilidad, asegurando un transporte eficiente y seguro de las piezas del chasis del vehículo dentro de la célula de automatización. El seguimiento preciso, conectividad IoT y reducción de manipulación manual garantizan una gestión fluida y adaptable.

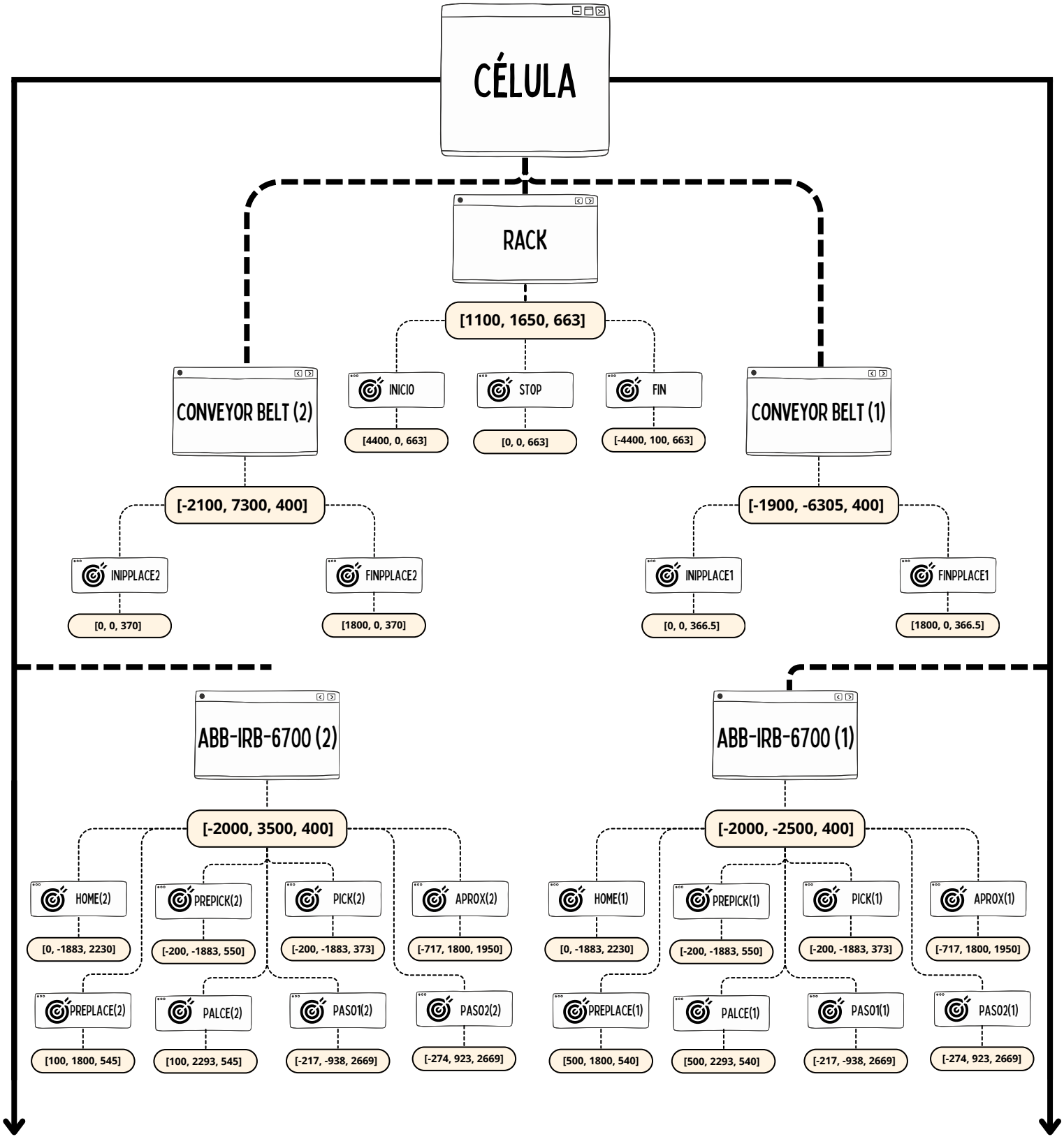


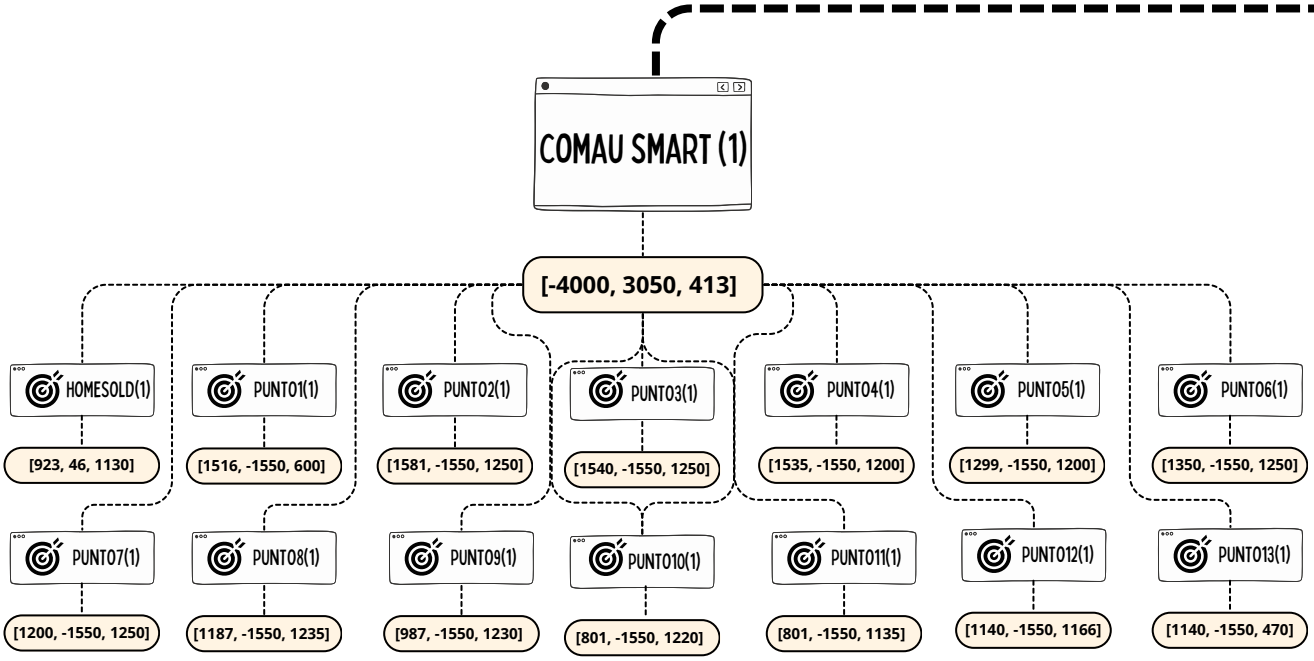
Los **Sensores de Proximidad Inductivos Telemecanique OsiSense XS** sobresalen en el sector de la automatización gracias a su tecnología de alto rendimiento, capaz de detectar objetos metálicos hasta a 20 mm de distancia. Con opciones enrasadas y no enrasadas, cuerpos cortos y largos, y versiones PNP y NPN, estos sensores ofrecen versatilidad y fácil integración con PLC y controladores. Su capacidad para detectar objetos de metal de hasta 60 mm, mediante un oscilador con devanados, garantiza una detección precisa y sin contacto, contribuyendo a la eficiencia y fiabilidad de los procesos automatizados.

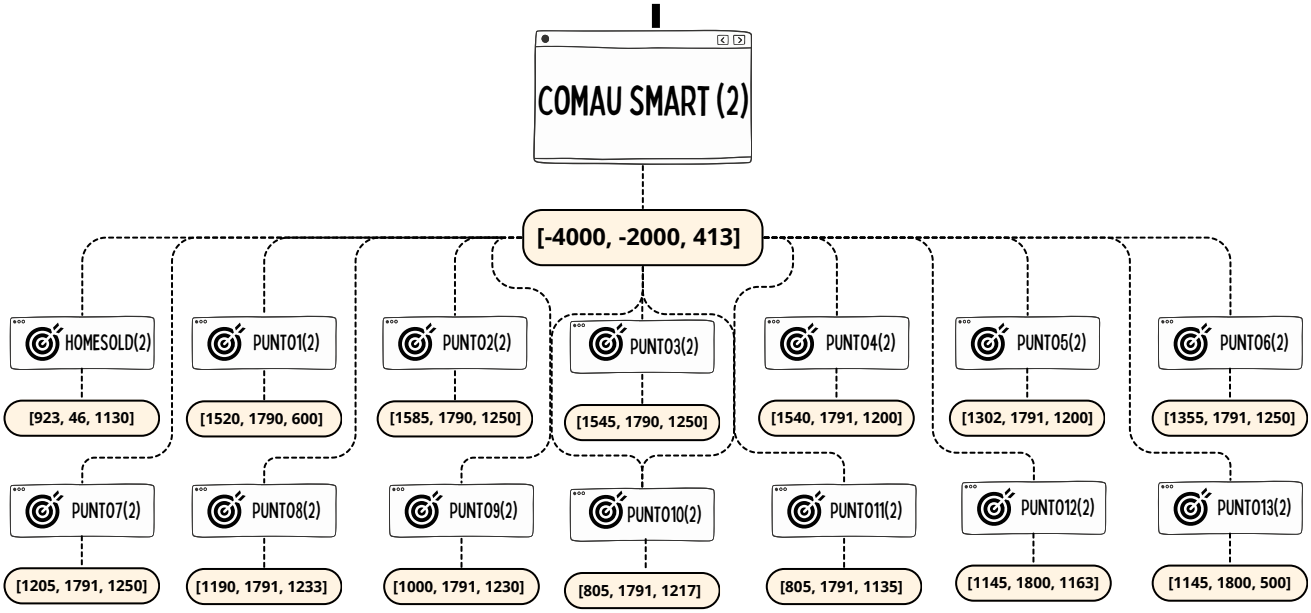
UBICACIÓN

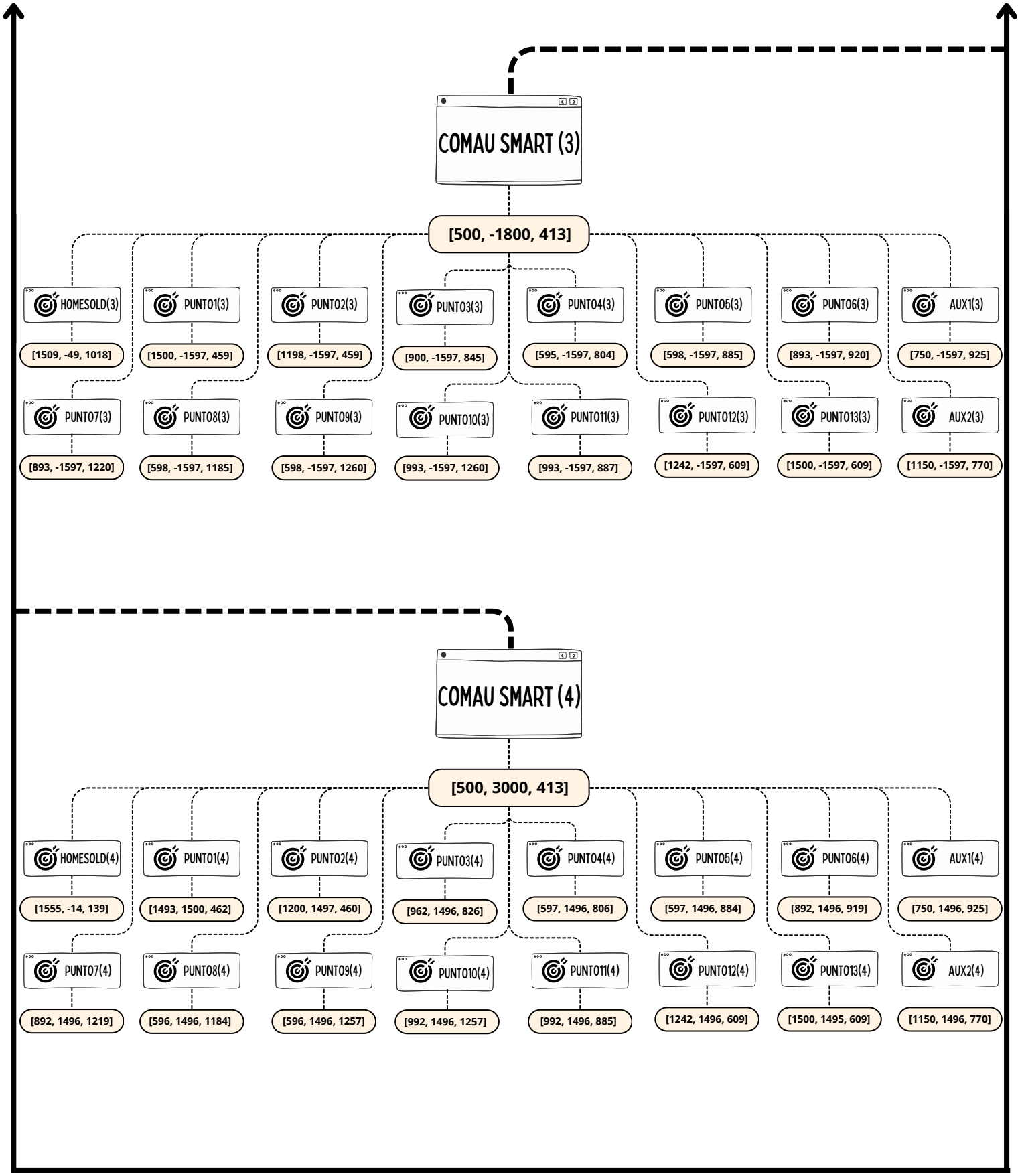

[-1900, -6305, 400]
[-4000, -2000, 413]
[-2000, -2500, 400]
[500, -1800, 413]
[-4000, 3050, 413]
[-2000, 3500, 400]
[500, 3000, 413]
[-2100, 7300, 400]
[1100, 1650, 663]

03 ESTRUCTURA DE ÁRBOL DE LOS ELEMENTOS DE LA ESTACIÓN




COMAU SMART (1)
[-4000, 3050, 413]
HOMESOLD(1)
[923, 46, 1130]
PUNTO1(1)
[1516, -1550, 600]
PUNTO2(1)
[1581, -1550, 1250]
PUNTO3(1)
[1540, -1550, 1250]
PUNTO4(1)
[1535, -1550, 1200]
PUNTO5(1)
[1299, -1550, 1200]
PUNTO6(1)
[1350, -1550, 1250]
PUNTO7(1)
[1200, -1550, 1250]
PUNTO8(1)
[1187, -1550, 1235]
PUNTO9(1)
[987, -1550, 1230]
PUNTO10(1)
[801, -1550, 1220]
PUNTO11(1)
[801, -1550, 1135]
PUNTO12(1)
[1140, -1550, 1166]
PUNTO13(1)
[1140, -1550, 470]


COMAU SMART (2)
[-4000, -2000, 413]
HOMESOLD(2)
[923, 46, 1130]
PUNTO1(2)
[1520, 1790, 600]
PUNTO2(2)
[1585, 1790, 1250]
PUNTO3(2)
[1545, 1790, 1250]
PUNTO4(2)
[1540, 1791, 1200]
PUNTO5(2)
[1302, 1791, 1200]
PUNTO6(2)
[1355, 1791, 1250]
PUNTO7(2)
[1205, 1791, 1250]
PUNTO8(2)
[1190, 1791, 1233]
PUNTO9(2)
[1000, 1791, 1230]
PUNTO10(2)
[805, 1791, 1217]
PUNTO11(2)
[805, 1791, 1135]
PUNTO12(2)
[1145, 1800, 1163]
PUNTO13(2)
[1145, 1800, 500]



Link para acceder al registro completo de las matrices de rotación y posición de los objetivos

04 DESARROLLO DE LA PROGRAMACIÓN

Para la interrelación de los diferentes procesos automatizados que conforman la célula de soldadura, se han ido creando diferentes categorías y subcategorías de programas, todos comunicados mediante 12 entradas y salidas digitales, todo ello ejecutado desde el programa MAIN que genera llamadas de ejecución, para que de manera controlada y continuada se ejecuten todos los programas. Este programa MAIN es también el encargado de controlar el movimiento del chasis a través de la célula.

Una categoría por debajo se encuentran los programas lanzadera, aquellos que simplemente tienen llamadas a otros programas, y que se utilizan para ejecutar varios programas simultáneamente.

- **Programa RESET**, encargado de controlar todos los subprogramas de reinicio de cada uno de los elementos de la célula, de manera que todos terminen en el punto de reposo o partida, y que también reinicia la posición del chasis y las entradas y salidas. Este se encuentra tanto al comienzo como al final del programa MAIN para garantizar que siempre acabe o se ejecute desde una posición que no genere ningún error, y consigue que el programa se pueda generar en bucle sin problema.

- **Programa MOVPIECEPICK**, encargado de ejecutar simultáneamente los dos subprogramas de movimiento de las cintas transportadoras laterales que llevan las piezas del chasis a la posición de pick.

- **Programa PICK&PLACE**, encargado de ejecutar simultáneamente los dos subprogramas de pick&place de los robots ABB que colocan las piezas en los puntos de place.

- **Programa SOLDAUDRA**, encargado de ejecutar simultáneamente los cuatro subprogramas de soldadura de los robots Comau Smart que sueldan las piezas al chasis y se retiran.

- **Programa RETIRAR**, encargado de ejecutar simultáneamente los dos subprogramas de retiro de los robots ABB para que vuelvan a la posición de HOME.

En una categoría inferior se encuentran los programas de acción, que realizan todos los movimientos de los robots y máquinas. Cada uno de los siguientes programas cuenta con tres instrucciones iniciales:

1. **Establecer Sistema de Referencia** (Cada programa con su robot correspondiente)
2. **Establecer Herramienta** (Cada programa con la herramienta acoplada a su robot)
3. **Establecer Velocidad** (Todos cuentan con la misma velocidad, linear = 80mm/s y angular = 10mm/s, esto se hace porque la velocidad del programa MAIN, encargado del movimiento del chasis es distinta).

- **Programas MovPiecePick (1) y (2)**, encargados de llevar las piezas del chasis a la posición de pick, cada uno con su cinta correspondiente con las siguientes instrucciones:
  - MoverJ (Posición Fin)
  - Set IO_15/16 = 1 (Una IO para cada cinta, indican que las piezas ya han llegado a su posición y se puede proceder con el pick&place)
  - Wait IO_10 = 0 (Espera a IO_10 para reiniciar la posición de la cinta y evitar problemas de mal posicionamiento de la pieza, se pone a cero en el programa de reinicio de las IO)
  - MoverJ (Posición Inicial)

- **Programas Pick&Place (1) y (2)**, encargados de llevar las piezas desde las cintas transportadoras al lateral del chasis, evitando cualquier colisión con otros elementos, y posicionando la pieza para su posterior soldado. Los dos siguen la secuencia de instrucciones siguiente:
  (Secuencia para el pick de la pieza)
  - MoverJ (Posición prepick)
  - Wait IO_15/16 = 1 (Cada IO pertenece a cada una de las cintas)
  - MoverL (Posición pick)
  - Evento (Attach object)
  - MoverL (Posición prepick)

  (Secuencia para el place de la pieza)
  - MoverJ (Posicione de paso y aproximación para evitar el contacto de la pieza y el robot con otros elementos de la célula)
  - MoverL (Posición preplace)
  - MoverL (posición place)
  - Set IO_5/6 = 1 (Cada IO pertenece a cada uno de los robots ABB, indican que las piezas están preparadas para la soldadura y da paso a esta)

- **Programas Soldadura (1), (2), (3) y (4)**, encargados de crear los recorridos de soldadura de cada robot Comau Smart siguiendo el borde de las piezas con tiempos casi idénticos (no todos tienen el mismo tiempo y movimiento debido a que las trayectorias idénticas daban errores de singularidad).
  - En los programas (1) y (2) se combinan movimientos únicamente articulares y lineales, siguiendo un recorride de 14 puntos incluyendo el punto de reposo.
  - En los programas (3) y (4) se combinan movimientos articulares, lineales y circulares, debido a que en la zona trasera encontramos dos segmentos de la circunferencia de la rueda, los cuales siguen una trayectoria de 16 puntos incluyendo el de reposo y dos auxiliares para los movimientos circulares.
  - En los cuatro programas se encuentra una última instrucción Set IO_1/2/3/4 = 1 indicando que los procesos de soldadura han terminado.

- **Programas Retirar (1) y (2)**, encargados de llevar a los robots ABB a su punto de reposo una vez se separan de la pieza.
  - Evento (Detach object)
  - Movimientos lineales hasta la posición de aproximación
  - Set IO_7/8 = 1 (Indica que los robots ABB están fuera de la zona de movimiento del chasis y envía la señal para que este pueda seguir hacia delante)
  - Movimientos articulares por los puntos de paso hasta llegar a la posición de reposos para evitar colisiones con los robots Comau Smart.

Por último, en la misma categoría que los programas anteriores se encuentran los programas de reinicio de los elementos. Estos tienen como finalidad llevar a los robots y cintas transportadoras a sus puntos de reposo y partida para ejecutar el proceso automatizado completo sin problema. Los programas tienen dos llamados, uno al comienzo para verificar que todo está en su punto de partida y comenzar el proceso, y otro al terminarlo. El primer llamado tiene una función importante si en la ejecución anterior el proceso se ha detenido por cualquier incidente. El segundo llamado, si no se ha producido ningún error, solo ejecutará las instrucciones de movimiento del programa de reinicio de la posición del chasis, en caso contrario, con este segundo llamado aseguramos que todo esté en su posición de reposo y las IO reestablecidas para ejecutar el programa en bucle.

- **Programa ResetIO**, encargado de establecer todas las IO digitales a 0.

- **Programa ResetPosConveyor**, encargado de llevar el chasis a la posición inicial para la repetición en bucle, y establecer la IO_11 = 1 para enviar la señal al MAIN de que todo está listo para la ejecución.

- **Programas ResetPosComau (1), (2), (3) y (4)**, encargados de llevar a la posición de reposo de los robots Comau Smart, encargados de la soldadura (si los programas de soldadura no generan errores, los robots estarán ya en las posiciones de reposo correspondientes y estos programas no ejecutarán ningún movimiento).

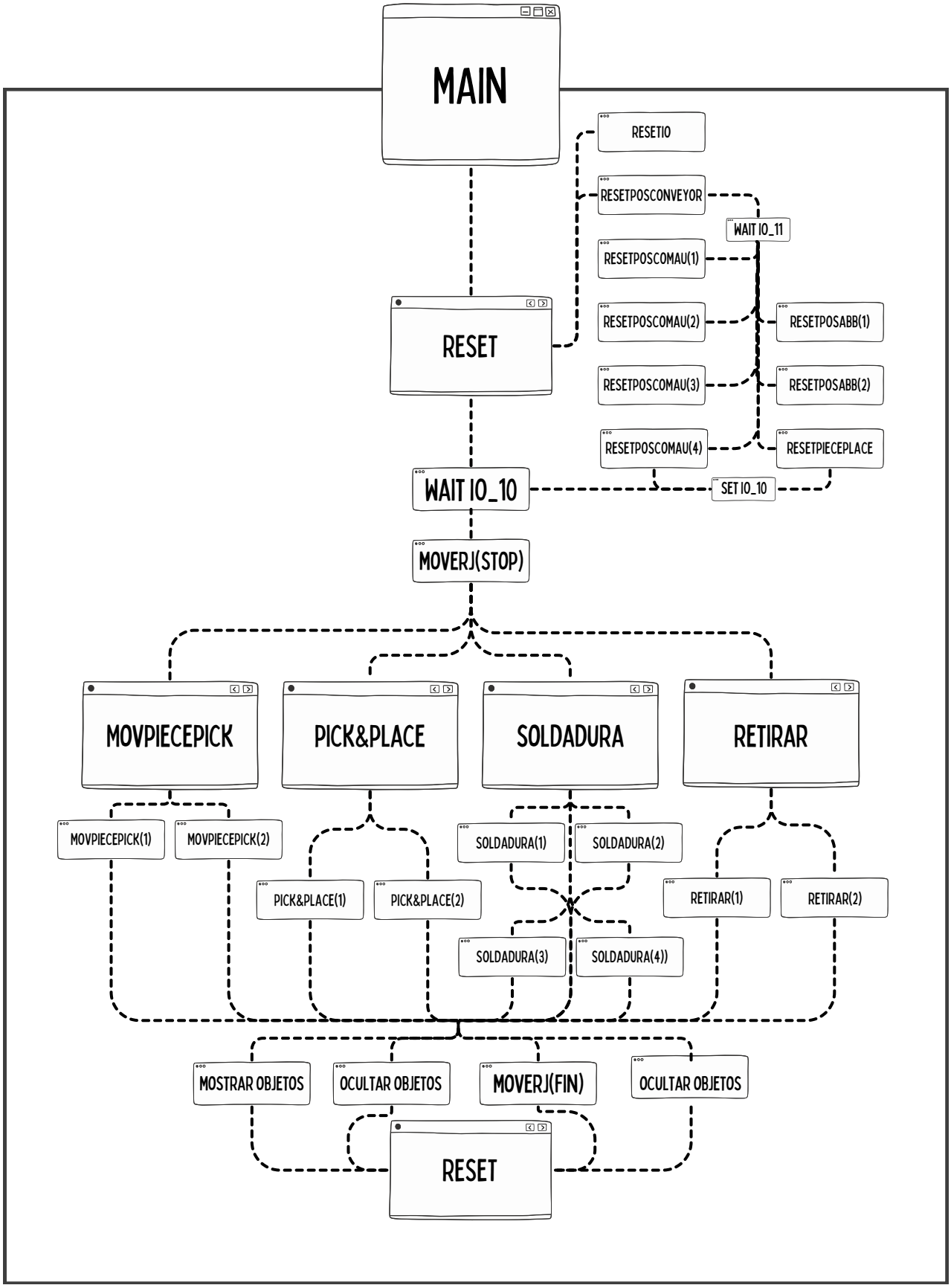
- **Programas ResetPosABB (1) y (2)**, encargados de llevar a la posición de reposo de los robots ABB, encargados del pick&place (si los programas de pick&place no generan errores, los robots estarán ya en las posiciones de reposo correspondientes y estos programas no ejecutarán ningún movimiento).

A añadir, encontramos los códigos proporcionados por la biblioteca de RoboDK, WeldON y SprayOn, programados en pyton, que controlan la dipersión de la soldadura.

TODO PROGRAMADO DESDE

RoboDK
ROBOT DEVELOPMENT KIT

ESQUEMA DE INTERRELACIÓN



05 CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

CONCLUSIONES

En conclusión, la implementación de esta célula de soldadura automatizada no solo mejora la eficiencia, calidad y seguridad en la producción del chasis, sino que también presenta oportunidades de expansión para integrar todo el proceso de fabricación. La gestión cuidadosa de límites, junto con mejoras proactivas y la exploración de tecnologías emergentes, son esenciales para el éxito del proyecto a largo plazo. La consideración de una ampliación integral de la línea de montaje ofrece un enfoque estratégico para aumentar el control y la homogeneidad en la producción del chasis de vehículos.

TRABAJO FUTURO

Para perfeccionar la implementación de la célula de soldadura automatizada, se proponen diversas mejoras. Esto incluye la optimización de procesos mediante algoritmos avanzados, la integración de tecnologías emergentes como inteligencia artificial y aprendizaje automático, y la implementación de mantenimiento predictivo para reducir tiempos de inactividad. Se sugiere la posibilidad de ampliar la línea de montaje para incluir la fabricación completa del chasis, así como la automatización del control de calidad y la mejora de la eficiencia energética. Además, se enfatiza la importancia de la flexibilidad en el diseño del chasis, el análisis de datos en tiempo real, el entrenamiento avanzado de operadores y la colaboración continua con proveedores tecnológicos para mantener la célula en la vanguardia de la tecnología. Estas iniciativas asegurarán un rendimiento óptimo y una adaptabilidad constante de la célula en el entorno de fabricación.

06 REFERENCIAS Y ANEXOS

https://www.comau.com/en/competencies/robotics-automation/robot-team/nj-130-2-6/

https://robodk.com/robot/es/Comau/Smart5-NJ-130-2-6

https://search.abb.com/library/Download.aspxDocumentID=3HAC080365-001&DocumentPartId=

https://www.robotusados.es/abb-irb-6700-irc5-controller-208-2800

https://www.schmalz.com/es-es/tecnologia-de-vacio-para-la-robotica/

https://www.fronius.com/es-es/spain/tecnologia-de-soldadura/informacion-del-producto/sistemas-de-asistencia-para-robots

https://www.hepcomotion.com/es/producto/guias-lineales/gv3-guias-lineales-en-v/

https://www.ferax.es/es/productos/protecciones-industriales/vallado-industrial

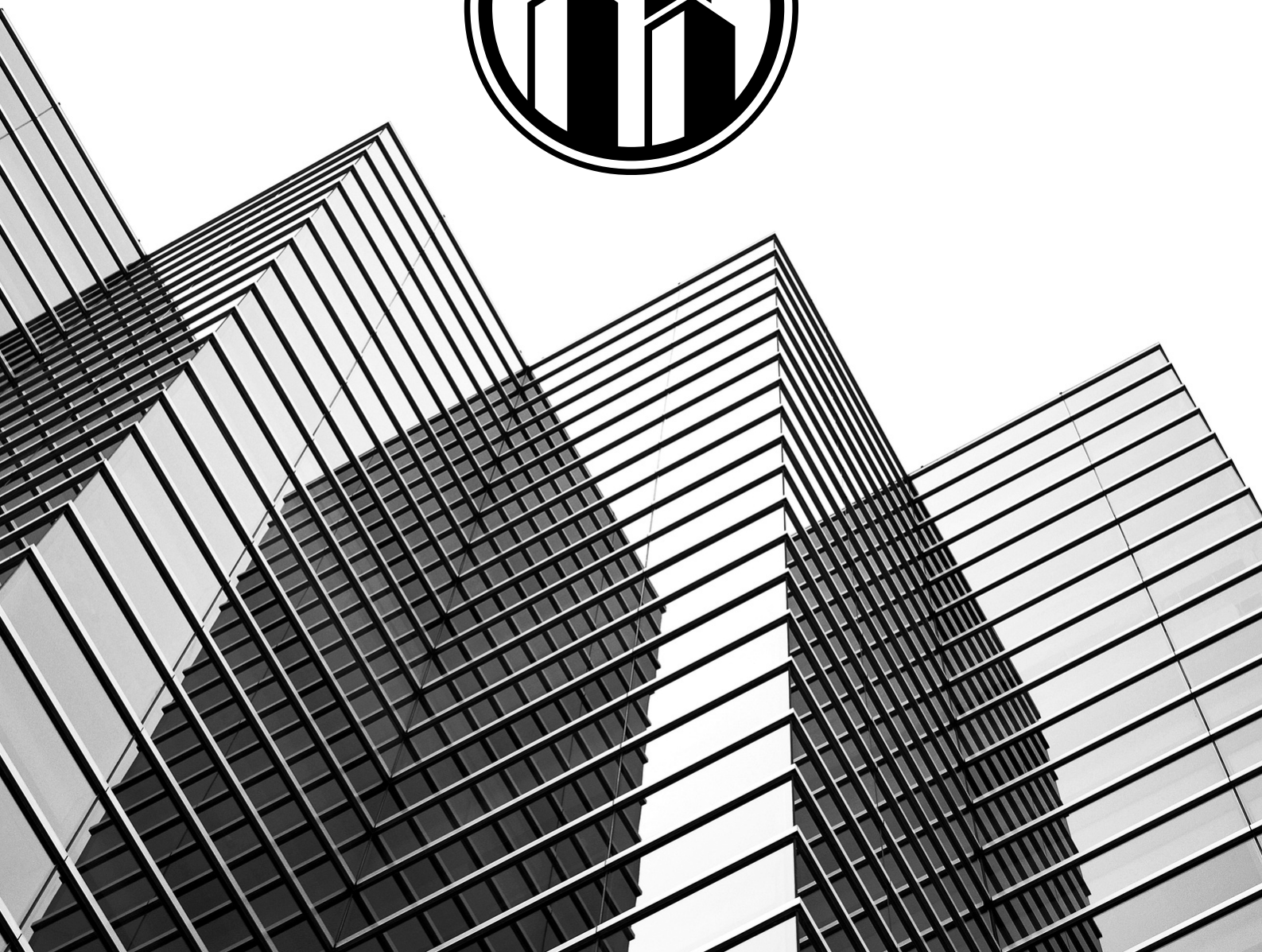
https://www.dematic.com/es-es/products/conveyor/ https://www.jobted.es/salario/soldador

https://es.rs-online.com/web/p/sensores-de-proximidad/6956726?gb=s

B1 Group

ENERO 2024

MEMORIA DEL TABAJO

PROGRAMACIÓN DE ROBOTS

Jose Luis Galán | Alberto Andrés | Gonzalo Albelda | Gonzalo Martín