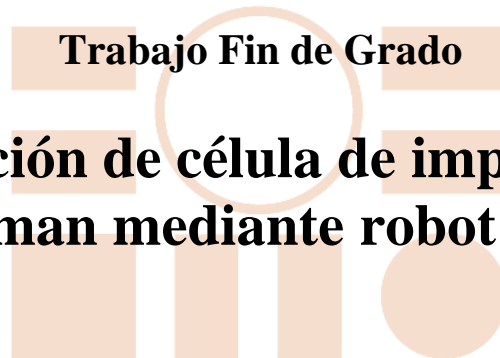


**Grado en Ingeniería Electrónica y Automática
Industrial**



Trabajo Fin de Grado

**Automatización de célula de impregnación de
Dorman mediante robot ABB**



ESCUELA POLITECNICA

Autor: LAURA BARRAGÁN CUADRADO

Tutor/es: ELENA LÓPEZ GUILLÉN

UNIVERSIDAD DE ALCALÁ
Escuela Politécnica Superior

**Grado en Ingeniería Electrónica y Automática
Industrial**

Trabajo Fin de Grado

**“Automatización de célula de impregnación de
Dorman mediante robot ABB**

Autor: Laura Barragán Cuadrado

Tutor/es: Elena López Guillén

TRIBUNAL:

Presidente: Luis Miguel Bergasa

Vocal 1º: Manuel Mazo Quintas

Vocal 2º: Elena López Guillén

FECHA: _____

AGRADECIMIENTOS

“Lo maravilloso de aprender algo es que nadie puede arrebatárnoslo” (B.B.King).

Lo primero de todo me gustaría dar las gracias a mi familia, amigos y a todos los docentes que me han ido acompañando a lo largo de mi vida y que espero me sigan acompañando. Nadie dijo que estudiar fuera fácil y mucho menos si haces una ingeniería, pero siempre se ha dicho que sarna con gusto no pica y eso es una gran verdad.

Durante mi paso por la universidad he tenido muchos altibajos y muchas piedras en el camino pero lo positivo de todo ello es que ha sido maravilloso porque nadie jamás me podrá arrebatarme lo que he aprendido, y no sólo a nivel educativo sino también a nivel humano y personal. He cometido muchos errores, de los que no me siento para nada orgullosa, pero lo mejor de cometer un error es darte cuenta y no volverlo a repetir, lo importante es que he aprendido de ellos.

Nadie dijo que estudiar fuera fácil y mucho menos si lo compatibilizas los últimos años con un trabajo, pero ha merecido la pena. La experiencia adquirida en el ámbito laboral me ha hecho crecer como persona y como profesional. Ha sido una experiencia dura y maravillosa a la vez.

Contenido

LISTA DE FIGURAS.....	9
LISTA DE TABLAS.....	15
RESUMEN	17
PALABARAS CLAVE	17
ABSTRACT	18
KEYWORDS	18
RESUMEN EXTENDIDO	19
1. INTRODUCCIÓN.....	22
1.1 HISTORIA DEL AUTOMOVIL	22
1.2 VIDRIOS Y CRISTALES DEL AUTOMÓVIL.....	23
1.2.1 Tipos de vidrios en el automóvil	24
2. Automatización de célula de impregnación de Dorman.....	28
2.1 PROCESO FABRICACIÓN ENCAPSULADO.....	28
2.2 Objetivo.....	30
2.3 PROBLEMÁTICA	31
2.4 EVOLUCIÓN DEL SISTEMA	31
2.5 PLANTEAMIENTO DE LA APLICACIÓN QUE SE VA A IMPLEMENTAR.....	32
3 HERRAMIENTAS UTILIZADAS.....	34
3.1 AutoCAD	34
3.2 ABB	34
3.2.1 RobotStudio	35
3.2.2 IRB 120	35
4 IMPLEMENTACIÓN DE CELDA DE IMPREGNACIÓN A TRAVÉS DE RobotStudio.....	40
4.1 INTRODUCCIÓN.....	40
4.1.1 Diseño de componentes.....	41
4.2 COMPOSICIÓN DE LA CÉLULA	47
4.3 ESTACIÓN DE TRABAJO	49
4.4 ELEMENTOS Y POSICIONAMIENTO	51
4.5 CREACION DE HERRAMIENTA	56
4.6 OBJETO DE TRABAJO	60
4.7 COMPONENTES INTELIGENTES	61

4.7.1 COMPONENTES INTELIGENTES SENSORES.....	62
4.7.2 COMPONENTES INTELIGENTES SOURCE	64
4.7.3 COMPONENTES INTELIGENTES QUEUE.....	66
4.7.4 COMPONENTES INTELIGENTES POSITIONER.....	66
4.7.5 COMPONENTES INTELIGENTES LINEAR MOVER	66
4.7.6 COMPONENTES INTELIGENTES GIROS	68
4.8 CONFIGURACIÓN CONJUNTO ANTICOLISIÓN	71
4.9 CONFIGURACIÓN ENTRADAS/SALIDAS ROBOT	73
4.10 CÓDIGO RAPID	74
4.11 SIMULACIÓN.....	78
5. IMPLEMENTACIÓN DE CELDA DE IMPREGNACIÓN EN EL LABORATORIO.	82
5.1 INTRODUCCIÓN	82
5.2 COMPONENTES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA CELDA DE IMPREGNACIÓN	83
5.3 FABRICACIÓN DE ELEMENTOS UTILIZADOS EN LAS PRUBAS DE LABORATORIO	86
5.4 FUNCIONES DE LA APLICACIÓN.....	92
5.5 IMPLEMENTACIÓN DEL CÓDIGO EN EL IRB 120.....	93
6. PRESUPUESTO	96
6.1 Costes materiales	96
6.2 Costes mano de obra.....	97
6.3 Costes totales.....	97
7. PLANOS.....	100
7.1 PEANA DE ROBOT	100
7.2 SOPORTE PISTOLA	101
7.3 SOPORTE CON PIEZAS	103
8. MANUAL DE USUARIO.....	106
8.1 Simulación en RobotStudio	106
8.2 Simulación en laboratorio usando IRB 120	107
9. PLIEGO DE CONDICIONES.....	116
9.1 HARDWARE	116
9.2 SOFTWARE.....	116
10. BIBLIOGRAFÍA.....	118
11.ANEXOS	120
ANEXO I	120

CÓDIGO RAPID DE ROBOTSTUDIO	120
ANEXO II	126
CÓDIGO RAPID DE LA PRUEBA EN EL LABORATORIO.....	126

LISTA DE FIGURAS

1-INTRODUCCIÓN

Figura 1. 1 Locomotor Trevithick 1803	22
Figura 1. 2 Evolución automóvil	23
Figura 1. 3 Tipos de vidrios en el automóvil.....	25

2- FABRICACIÓN ENCAPSULADOS

Figura 2. 1 Encapsulado vehículo	28
Figura 2. 2 Zonas a impregnar en el dorman	29
Figura 2. 3 Celda de impregnación de dorman	30
Figura 2. 4 Diagrama del proyecto	32

3- HERRAMIENTAS UTILIZADAS

Figura 3. 1 Interface AutoCAD.....	34
Figura 3. 2 Robot IRB 120 ABB	36
Figura 3. 3 Alcance robot IRB 120 ABB vista lateral	37
Figura 3. 4 Alcance Robot IRB 120 vista superior.....	38

4- IMPLEMENTACIÓN DE CELDA DE IMPREGNACION A TRAVÉS DE RobotStudio

Figura 4. 1 Implementación celda impregnación RobotStudio.....	40
Figura 4. 2 Diseño soporte 2 dorman.....	41
Figura 4. 3 Diseño soporte dorman derecho	42
Figura 4. 4 Diseño soporte dorman izquierdo.....	42
Figura 4. 5 Diseño soporte herramienta robot	43
Figura 4. 6 Diseño peana robot	43
Figura 4. 7 Diseño sistema de guiado.....	44
Figura 4. 8 Armario control robot	44

Figura 4. 9 FlexPendant	44
Figura 4. 10 Paneles cerramiento	45
Figura 4. 11 Puerta acceso zona robot.....	45
Figura 4. 12 Robot IRB 120	46
Figura 4. 13 Pistola imprimación.....	46
Figura 4. 14 Herramienta robot	47
Figura 4. 15 Robot impregnación dorman	47
Figura 4. 16 Controlador y FlexPendant robot.....	48
Figura 4. 17 Cerramiento célula y sistema transporte	48
Figura 4. 18 Célula impregnación dorman	49
Figura 4. 19 Creación estación de trabajo.....	50
Figura 4. 20 Elección de robot para la estación	50
Figura 4. 21 Estación de trabajo y origen de coordenadas	51
Figura 4. 22 Posición robot impregnación	51
Figura 4. 23 Posición peana robot.....	52
Figura 4. 24 Posición pistola robot.....	53
Figura 4. 25 Posición sistema de transporte	53
Figura 4. 26 Posición controladora robot.....	54
Figura 4. 27 Posición FlexPendant.....	54
Figura 4. 28 Posición soporte dos piezas	55
Figura 4. 29 Posición soporte pieza derecha.....	55
Figura 4. 30 Posición soporte pieza izquierda.....	55
Figura 4. 31 Diseño soporte AutoCAD.....	56
Figura 4. 32 Diseño soporte con pistola AutoCAD	57
Figura 4. 33 Exportación de pistola para librería RobotStudio	57
Figura 4. 34 Importación pistola robot	58
Figura 4. 35 Creación herramienta.....	58
Figura 4. 36 Modificación TCP	59
Figura 4. 37 Conexión herramienta a robot	59
Figura 4. 38 Creación objeto de trabajo.....	60
Figura 4. 39 Objeto de trabajo	61
Figura 4. 40 Diseño y conexión componentes inteligente	61

Figura 4. 41 Componente inteligente sensor posición pintura	62
Figura 4. 42 Componente inteligente sensor salida.....	63
Figura 4. 43 Componente inteligente source dos piezas	64
Figura 4. 44 Componente inteligente source derecha.....	65
Figura 4. 45 Componente inteligente source izquierda.....	65
Figura 4. 46 Componente inteligente positioner dos piezas	66
Figura 4. 47 Componente inteligente linear mover soporte dos piezas	67
Figura 4. 48 Componente inteligente linear mover soporte derecha.....	67
Figura 4. 49 componente inteligente linear mover soporte izquierda	68
Figura 4. 50 Componente inteligente girador dos piezas	69
Figura 4. 51 Componente inteligente girador derecha.....	69
Figura 4. 52 Componente inteligente girador izquierda.....	70
Figura 4. 53 Creación conjunto anticolidión	71
Figura 4. 54 Asignación objetos colisión	72
Figura 4. 55 Configuración sistema anticolidión.....	73
Figura 4. 56 Entradas salidas del sistema.....	73
Figura 4. 57 Señales entrada estación.....	78
Figura 4. 58 Diagrama ejecución pintado de soporte dos piezas	79

5- IMPLEMENTACIÓN DE CELDA DE IMPREGNACION EN EL LABORATORIO

Figura 5. 1 Vista general implementación célula impregnación en el laboratorio	82
Figura 5. 2 Soporte dos piezas vista frontal	83
Figura 5. 3 Soporte pieza derecha vista frontal	84
Figura 5. 4 Soporte pieza izquierda vista frontal.....	84
Figura 5. 5 Girador de soportes.....	85
Figura 5. 6 Sistema transporte	85
Figura 5. 7 Dorman.....	86
Figura 5. 8 Pieza soporte 1	87
Figura 5. 9 Pieza soporte 2	87
Figura 5. 10 Pieza soporte 3	87
Figura 5. 11 Soporte ensamblado	88

Figura 5. 12 Soportes pintados.....	88
Figura 5. 13 Piezas pintadas	89
Figura 5. 14 Soporte con piezas ensamblado.....	89
Figura 5. 15 Girador de soportes.....	90
Figura 5. 16 Piezas sistema de transporte	91
Figura 5. 17 Piezas sistema de transporte pintadas.....	91
Figura 5. 18 Sistema de transporte ensamblado	91
Figura 5. 19 Célula de impregnación laboratorio.....	92
Figura 5. 20 Consola entradas salidas robot	93
Figura 5. 21 Simulación FlexPendant	94

7- PLANOS

Figura 7. 1 Vista isométrica peana	100
Figura 7. 2 Planta de la peana	100
Figura 7. 3 Frontal de la peana.....	101
Figura 7. 4 Vista isométrica soporte pistola	101
Figura 7. 5 Vista frontal soporte pistola.....	102
Figura 7. 6 Vista lateral soporte pistola.....	102
Figura 7. 7 Planta del soporte de la pistola	102
Figura 7. 8 Vista isométrica soporte con piezas.....	103
Figura 7. 9 Vista lateral soporte con piezas.....	103
Figura 7. 10 Vista frontal soporte con piezas	104

8- MANUAL DE USUARIO

Figura 8. 1 Simulación, simulacion de E/S.....	106
Figura 8. 2 Simulación, reproducir	107
Figura 8. 3 Interruptor controlador ICR5	108
Figura 8. 4 Editor programas FlexPendant.....	108
Figura 8. 5 Tareas y programas FlexPendant	109
Figura 8. 6 Cargar programa FlexPendant.....	109
Figura 8. 7 Armario control robot en modo automático	110

Figura 8. 8 Mensaje confirmación cambio a modo automático	110
Figura 8. 9 Llevar PP a Main	111
Figura 8. 10 Confirmación mover PP a Main.....	111
Figura 8. 11 Accionar motores	112
Figura 8. 12 Pulsar play para ejecutar programa	112
Figura 8. 13 Seleccionar entrada para que el programa ejecute	113

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.1 Costes materiales	96
Tabla 1. 2 Costes profesionales.....	97
Tabla 1. 3 Costes totales IVA incluido	97

RESUMEN

El objetivo del proyecto es el de automatizar mediante el uso de un robot una aplicación industrial la cual realiza la impregnación de un dorman (armazón metálico) para el encapsulado de un coche (cristal fijo que va ensamblado en la carrocería del vehículo).

El proyecto se desarrollará en tres partes:

- Fase de estudio: donde se realizará una recopilación de datos y se seleccionará el robot
- Fase de simulación: en este momento se recreará el entorno de trabajo y se simulará el programa
- Fase de recreación: donde se pondrá a funcionar en el robot del laboratorio.

PALABARAS CLAVE

- Dorman
- Impregnación
- Encapsulado
- RobotStudio
- Automatizar

ABSTRACT

The objective of the Project is to automate through the use of a robot an industrial application which perform the impregnation of a dorman (metal frame) for the encapsulation of a car (fixed glass that is assembled in the vehicle body).

The Project will be developed in three parts:

- Study phase: where a data collection will be carried out and the robot will be selected.
- Simulation phase: at this tiem the work environment will be recreated and the program will be simulated.
- Recreation phase: where i will work in the laboratory robot.

KEYWORDS

- Dorman
- Impregnation
- Encapsulation
- RobotStudio
- Automate

RESUMEN EXTENDIDO

El sector del automóvil es uno de los principales motores económicos de nuestro país y uno de los mayores productores a nivel mundial. Además el sector de la automoción supone el 10% del PIB de nuestro país y genera trabajo para el 9% de la población activa.

No obstante se ha perdido una posición respecto al año 2017 ocupando ahora la novena posición en el ranking mundial de productores de automóviles. Esta reducción en la producción se debe principalmente a la bajada de ventas que se ha experimentado en el último trimestre del año, tanto en España como en los principales mercados europeos. Las exportaciones de vehículos han descendido en todo el mundo salvo en África y Oceanía.[1]

Es por ello que el sector, que ya lleva tiempo apostando en I+D+I lo esté haciendo ahora más fuertemente para tratar de recuperar y no quedarse atrás.

Dentro de la industria del automóvil los cristales y vidrios son un punto importante puesto que son fundamentales tanto en la seguridad, como en la visibilidad del vehículo.

La compra de un coche se basa en la impulsividad, la estética y la imagen que proyectas ante los demás. Bien es, que la estética es la parte más vendible y atractiva del coche, es por ello que los fabricantes apuestan por diseños armónicos y buenas proporciones. Gran partes de estos diseños están basados en la visibilidad que tenemos desde el interior del vehículo, es por ello que los fabricantes están apostando fuertemente por los encapsulados de los coches (cristales fijos que van colocados en el lateral del vehículo).

Este proyecto se centra en la automatización del proceso de fabricación de uno de esos encapsulados de los coches, el encapsulado delantero del coche, también llamado vidrio cortaviento o aleta. Este vidrio cortaviento consta de un armazón metálico, en este caso y un cristal. El proceso de fabricación del mismo comienza con la impregnación del dorman, que posteriormente es colocado en un cargador para realizar la adhesión de este mismo al cristal, mediante la inyección de goma en una prensa.

La idea de la automatización es crear una cabina de impregnación de pegamento mediante un robot.

El proceso para una correcta imprimación del dorman es el que vamos a detallar a continuación.

Los dorman deben ser introducidos en unos hornos para que adquieran una temperatura elevada de modo que cuando el pegamento sea aplicado sobre la pieza se pueda evaporar la parte del pegamento que no deseamos, a continuación cuando

las piezas han alcanzado una temperatura determinada pasan a la célula del robot para que éste las impregne con el producto. Para que el pegamento depositado en la pieza tenga una correcta adhesión, sobre el cristal y la goma durante la inyección, es necesario tratarlo con alta temperatura por lo que las piezas entraran en un segundo horno para activar el compuesto que se les ha aplicado. Finalmente una vez que el pegamento se ha activado correctamente es necesario bajar la temperatura para que un operario puede cogerlo y llevarlo al siguiente proceso que será la unión del dorman al cristal en una prensa mediante un proceso de inyección.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN

1.1 HISTORIA DEL AUTOMOVIL

La historia del automóvil comienza en el siglo XVII cuando tanto en Gran Bretaña como en Estados Unidos, se intentan reemplazar los carruajes de caballo por carros autopropulsado. En cambio, tuvieron que pasar 70 años hasta que un ingeniero francés diseñó y fabricó un vehículo de tres ruedas autopropulsado reservado para uso militar ya en el siglo XVIII.

Varios países como Francia, Inglaterra y Estados Unidos, intentaron diseñar sus propios automóviles autopropulsados, pero ninguno de éstos llegó a buen puerto puesto que acumulaban demasiados errores. No fue hasta el año 1789 cuando se consiguió la primera patente de un vehículo de vapor de manos de un inventor estadounidense. El continente europeo tuvo que esperar hasta el año 1803 para que un ingeniero estadounidense consiguiese el primer carruaje de vapor.

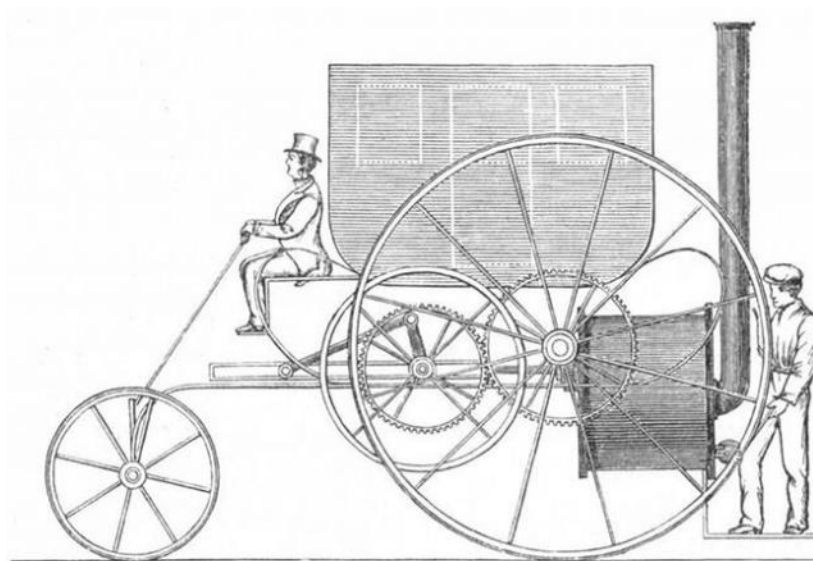


Figura 1. 1 Locomotor Trevithick 1803

No fue hasta los años 1885 y 1887 que el carruaje autopropulsado evolucionó al concepto de vehículo como se entiende en la actualidad, cuando tras muchos intentos por crear un automóvil a base de vapor se decidió utilizar motores de combustión interna (mediante motor mono cilíndrico de gas) de manos del alemán Karl Benz.

Los primeros automóviles funcionales fabricados por Benz y Daimler tenían una producción muy artesanal. Tuvieron que pasar algo más de 20 años hasta que Henry Ford finalizó en 1908 el montaje de su línea de ensamblado para producir automóviles de manera masiva en Estados Unidos[2].

Los años siguientes, la masificación del automóvil hizo que la industria experimentase un gran dinamismo en la búsqueda del perfeccionamiento del automóvil, que continúa aún en nuestros días.

La seguridad se convirtió en uno de los principales objetivos en la industria del automóvil. Las lunas y cristales se convirtieron en objeto de estudio junto con otros sistemas como el cinturón de seguridad, airbag, etc.



Figura 1. 2 Evolución automóvil

1.2 VIDRIOS Y CRISTALES DEL AUTOMÓVIL

La seguridad se convirtió en uno de los principales objetivos en la industria del automóvil. Las lunas y cristales se convirtieron en objeto de estudio junto con otros sistemas como el cinturón de seguridad, airbag, etc.

Los cristales o vidrios que llevan los automóviles tienen un papel fundamental en la seguridad de los vehículos, puesto que ejercen seguridad tanto activa como pasiva, además permiten mejorar la visibilidad del conductor y los pasajeros. Se entiende como seguridad activa la de aquellos elementos que evitan que se produzca un accidente, los cristales hacen que elementos como el viento, el agua, insectos o incluso proyecciones no afecten de forma negativa a la conducción. La seguridad pasiva en cambio se define como el conjunto de elementos que intervienen durante y después de un accidente con el objetivo de reducir las consecuencias que el mismo pueda provocar. Desde el punto de vista de la seguridad pasiva los cristales tienen varios papeles, por un lado forman parte de la estructura del vehículo, evitando aplastamientos en caso de vuelco y su otra función y por otro lado, su propia composición hace que en caso de rotura no se produzcan proyecciones del mismo que puedan producir grandes lesiones a los ocupantes del vehículo.

Los vidrios o cristales utilizados en el automóvil tienen unas características especiales y son distintos a los que tenemos en el hogar u otras aplicaciones, son utilizados otro tipo de técnicas para su fabricación ya que los cristales que se utilizaban en los automóviles antiguos resultaban bastante peligrosos en caso de colisión, es por ello que ya desde el siglo XX se utilizan otras técnicas para la fabricación de estos cristales como son el templado y el laminado, se utiliza uno u otro dependiendo de la ubicación y finalidad que vayan a tener.

El vidrio templado

Fue descubierto en el año 1660 por el Príncipe Ruperto del Rin cuando al enfriar el vidrio con una gota de agua encontró que este vidrio adquiriría una mayor dureza a pesar de que tenía un punto débil en la esquina, no fue hasta el siglo XX que el austriaco Rudolph Seiden patentó el vidrio templado, cuya principal propiedad es que es mucho más resistente y seguro en caso de rotura puesto que rompe en añicos poco afilados. Hoy en día para la fabricación de este tipo de vidrios, se calienta gradualmente el vidrio hasta alcanzar altas temperaturas y posteriormente se enfría rápidamente con aire.

El vidrio laminado

La principal ventaja que posee este tipo de vidrios es que en caso de quebrarse por algún motivo, se transforman en pequeño pedazos que por lo general resultan inofensivos para los ocupantes del vehículo, evitando de este modo los problemas que había con los vidrios planos que se utilizaban antes. Ya que estos últimos, ante una colisión, eran proyectados en forma de fragmentos punzantes y en caso de colisión frontal, los ocupantes del vehículo salían despedidos [3].

1.2.1 Tipos de vidrios en el automóvil

En función del automóvil existen varios tipos de vidrios, los cuales cumplen cada uno una función [4]:

- Parabrisas delantero: generalmente está hecho con vidrio laminado, permite la visibilidad al conductor de la parte frontal del vehículo y protege a los ocupantes de elementos atmosféricos
- Parabrisas trasero o luneta: está hecho con vidrio laminado y permite tener visibilidad al conductor de la parte posterior del vehículo
- Vidrio puerta delantero: suelen ser de vidrio templado para facilitar la evacuación en caso de accidente ya que es de fácil rotura.
- Vidrio cortaviento o aleta: dependiendo del vehículo puede ser fijo o móvil con él se reduce algunos ángulos muertos y mejoran la iluminación.

- Vidrio puerta trasera: este vidrio es templado y sirve para mejorar la iluminación y visibilidad de los pasajeros que van en la parte trasera del vehículo
- Vidrio fijo trasero o vidrio custodia: al igual que el vidrio cortaviento o aleta puede ser fijo o móvil dependiendo del diseño del vehículo, están hechos por lo general de vidrio templado.
- Vidrio costado: este tipo de vidrio no suele estar en todos los vehículos, simplemente sirve para dar mayor iluminación en las plazas de atrás.
- Sunroof o quemacocos: está ubicado en el techo del vehículo y su principal función es la de dar mayor visibilidad e iluminación a los ocupantes de la parte trasera, es de apertura manual o automática dependiendo del modelo
- Techo panorámico: este techo es de las mismas características del sunroof.



Figura 1. 3 Tipos de vidrios en el automóvil

CAPÍTULO 2

AUTOMATIZACIÓN DE CÉLULA DE IMPREGNACIÓN DE DORMAN

2. Automatización de célula de impregnación de Dorman

2.1 PROCESO FABRICACIÓN ENCAPSULADO

El proceso de fabricación de un encapsulado consiste en la unión del cristal con su dorman mediante una prensa de inyección. En función de tipo de dorman a utilizar, será necesario o no impregnarlo previamente.

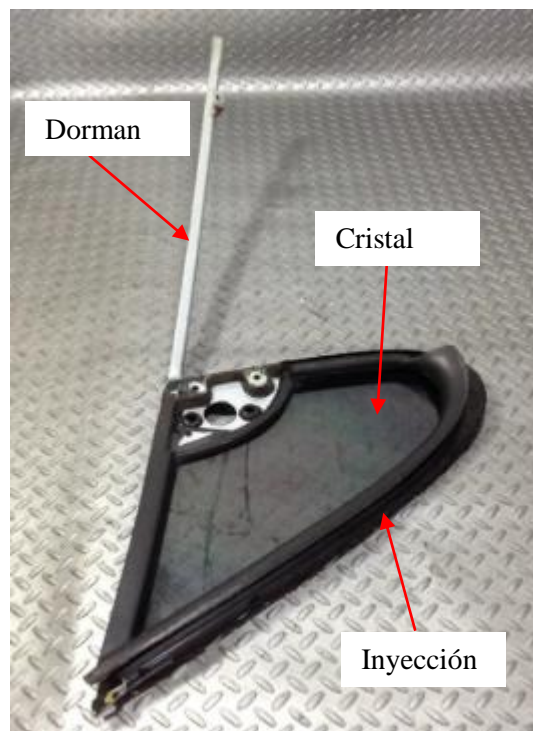


Figura 2. 1 Encapsulado vehículo

En el caso del dorman de plástico no es necesario impregnar este, ya que mediante el calor queda unido al cristal en el proceso de moldeo, en cambio para el caso de un dorman metálico es necesario impregnar este previamente con un adhesivo para que su fijación al cristal y al goma, sea robusta y evitar de este modo que se pueda soltar el uno del otro.

Se deben impregnar todas aquellas zonas del dorman que vayan a estar en contacto tanto con la goma especialmente como con el cristal, ya que el cristal lleva también una impregnación.



Figura 2. 2 Zonas a impregnar en el dorman

La impregnación del dorman debe hacerse con fuertes adhesivos dado que necesitamos unos resultados de adhesión elevados en un tiempo muy corto. Esto se debe a que los vehículos se fabrican de manera masiva en grandes cadenas de montaje por lo que la fabricación de los componentes debe ser lo más rápida posible para poder cumplir con el objetivo de vehículos que se quieren fabricar.

Para el caso de nuestro encapsulado se va a utilizar un pegamento bicomponente que es dañino para el hombre en una exposición continuada. Es por ello que se decide emplear un proceso automatizado para evitar de este modo, posibles lesiones a los humanos.

El pegamento que se va a utilizar tiene determinadas partículas no deseadas que son necesarias para su preparación, pero que se desean eliminar durante el proceso de impregnación del dorman. Es por ello que el dorman debe ser tratado anteriormente en unos hornos para alcanzar una temperatura elevada y hacer, que estas sustancias se evaporen cuando entren en contacto con la pieza.

Tras la aplicación de pegamento es necesario volver a someter a la pieza a temperaturas elevadas para que se active correctamente el adhesivo aplicado. Posteriormente una vez se ha conseguido la activación del producto, se debe reducir la temperatura para que un operario pueda retirar la pieza para transportarla al siguiente proceso.

2.2 Objetivo

El objetivo del proyecto es el de automatizar el proceso de impregnación de los dorman mediante una célula robotizada, para evitar la exposición de las personas en el proceso. La celda de impregnación será como la mostrada a continuación.

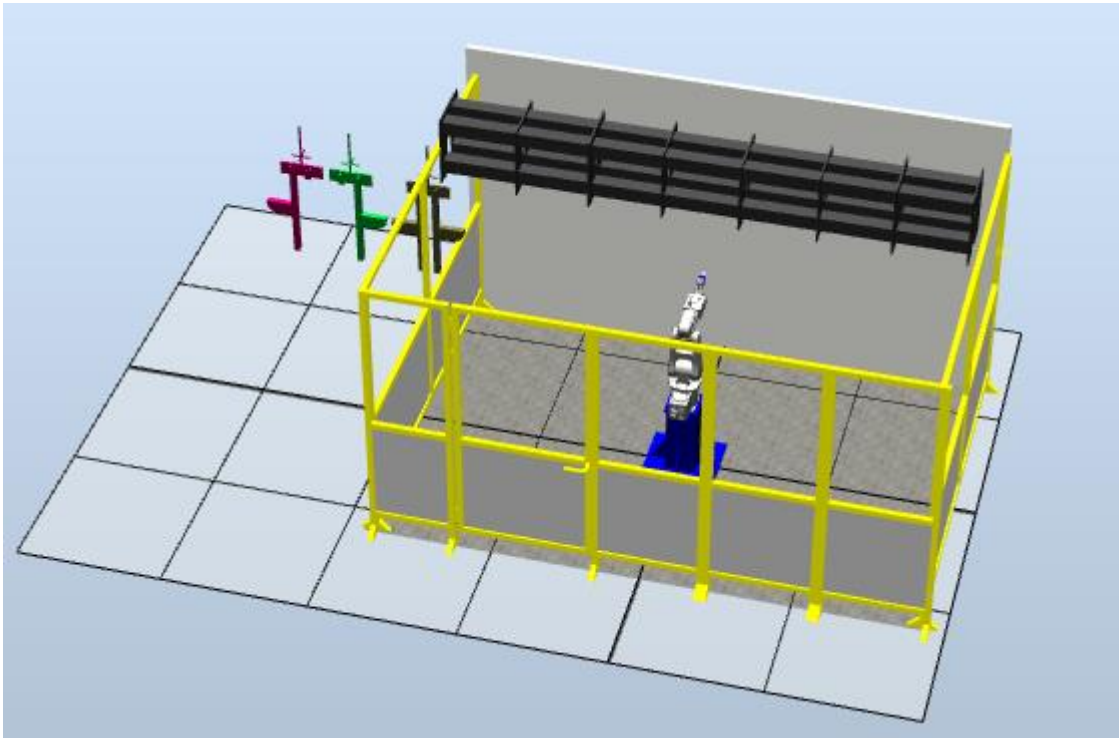


Figura 2. 3 Celda de impregnación de dorman

Las piezas entrarán por el lado izquierdo y se detendrán en el puesto de pintura situado enfrente del robot en el centro de la cabina, una vez las piezas hayan llegado a su posición de pintado el robot comenzará con la impregnación del producto en la cara frontal de las piezas. Las piezas serán giradas a continuación y posteriormente el robot proseguirá con el pintado de las piezas en la parte trasera, cuando todo el proceso de impregnación haya finalizado las piezas serán giradas de nuevo para orientarlas como venían en origen y serán evacuadas por el lado izquierdo de la cabina gracias a un sistema de transporte.

2.3 PROBLEMÁTICA

Los problemas planteados para la automatización del pegado son:

- Exceso/falta de pegamento en la pieza.
- Homogeneidad en la aplicación del producto.
- Exposición de una persona a un producto perjudicial para la salud

Estos problemas se eliminarán automatizando el proceso mediante robots, y utilizando pistolas de precisión para realizar la aplicación del producto.

Dentro del mercado de los robots, existen multitud de marcas que dan muy buenas prestaciones. Los fabricantes más conocidos y más comercializados en España son: Kuka, ABB, Fanuc, Motoman Yaskawa, Kawasaki, Staubli y Mitsubishi principalmente.

Para nuestro proyecto se ha elegido un robot de la marca ABB, debido a que tiene un entorno de programación sencillo, junto a un potente simulador que nos permite recrear de manera bastante fiel a la realidad nuestra célula robotizada.

El robot elegido para implementar nuestra célula de impregnación de dorman es un IRB120, ya que la pistola que se va a utilizar, el radio de alcance y el tamaño que tienen las piezas a ser impregnadas es más que suficiente.

Para la elección de la pistola que pulveriza el producto se ha elegido una de alta precisión de la marca GRACO ya que queremos reducir la cantidad de COVs (compuestos orgánicos volátiles) emitidos durante el proceso y queremos que nuestro proceso sea lo más preciso posible.

2.4 EVOLUCIÓN DEL SISTEMA

La evolución de este proceso es bastante notable, después de automatizar el proceso mediante una célula robotizada. Antes el operario debía coger una pieza e impregnaba un pincel en un bote de producto para posteriormente repartir el producto sobre la pieza de manera manual, este tipo de proceso acarrea dos problemas, el primero de ellos es que la impregnación no quedaba de manera homogénea a lo largo de la pieza y el segundo de ellos y el más importante es que el operario estaba expuesto durante 8 horas al día a un producto que era perjudicial para la salud, a pesar de llevar las EPIs (Equipos de Protección Individual) correspondientes. Además al automatizar el proceso se gana tiempo de ciclo en el proceso y se reducen los costes, ya que no es necesario tener varios puestos de impregnación manual.

2.5 PLANTEAMIENTO DE LA APLICACIÓN QUE SE VA A IMPLEMENTAR

El proyecto va a estar dividido en dos partes, por un lado la simulación virtual a través de la herramienta de RobotStudio y por otro lado adaptar este sistema en un robot real para ver su comportamiento en el laboratorio.

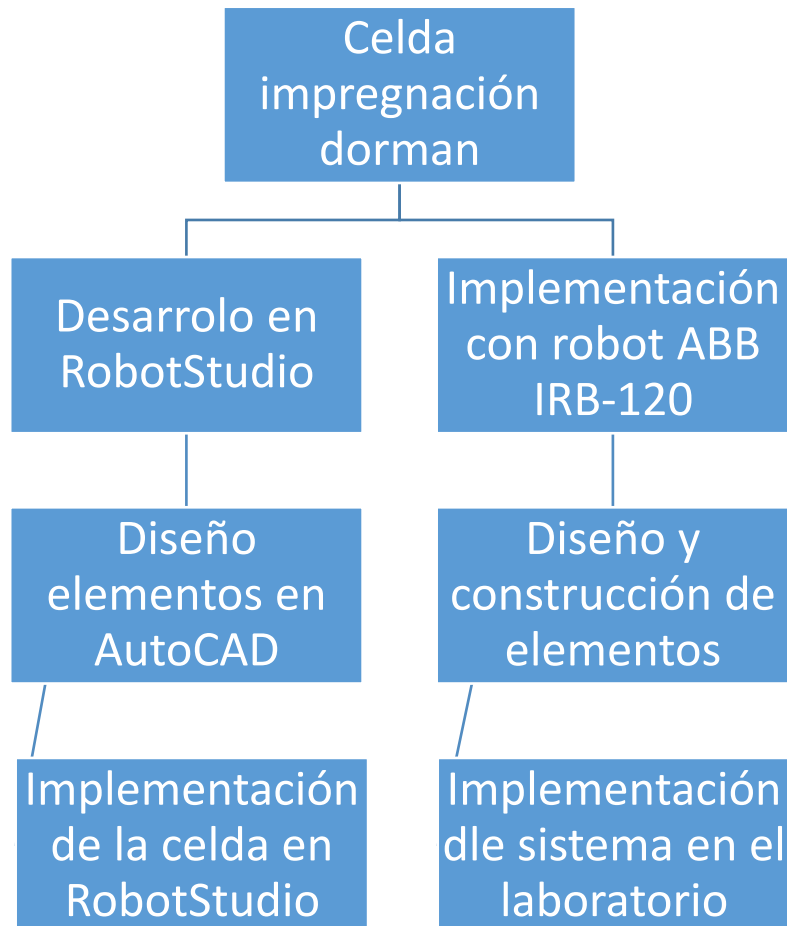


Figura 2. 4Diagrama del proyecto

CAPÍTULO 3

HERRAMIENTAS UTILIZADAS

3 HERRAMIENTAS UTILIZADAS

3.1 AutoCAD

Es un software de diseño asistido por ordenador, es decir, es un proceso que mejora la fabricación, desarrollo y diseño de productos mediante la ayuda de un computador. A través de él se pueden dibujar y editar geometrías 2 D y 3D

Esta herramienta de diseño es reconocida a nivel internacional y es uno de los programas más utilizados a nivel ingenieril, diseño y arquitectura, ya que permite acceder a comandos desde la solicitud de comando o desde las propias interfaces de menús y puede proporcionar interfaces de programación de aplicaciones que pueden utilizarse para determinar dibujos y bases de datos.

Actualmente está desarrollado y comercializado por la empresa Autodesk nacida en EEUU, la cual fue fundada en el año 1982 por John Walker y otros doce cofundadores [5].

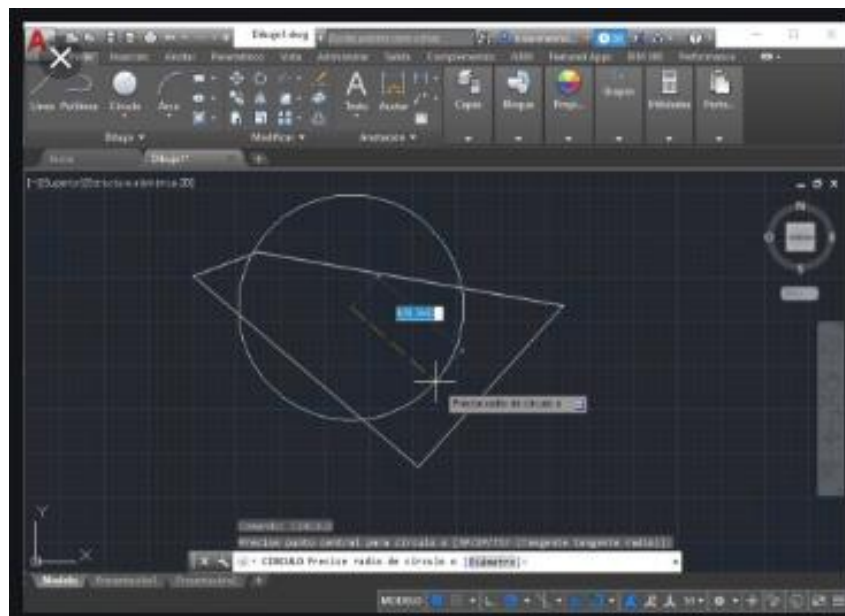


Figura 3. 1 Interface AutoCAD

3.2 ABB

ABB proviene del acrónimo Asea Brown Boveri, es una multinacional con sede en Zúrich líder en ingeniería eléctrica y automatización, gracias a su tecnología de vanguardia.

Surgió en el año 1988 como resultado de una fusión entre la empresa sueca ASEA y BBC, industria suiza. Actualmente está presente en más de 100 países con sus diferentes sectores de negocio [6]:

- Power Grids
- Robotics and Motion
- Electrification Products
- Industrial Automation

3.2.1 RobotStudio

Es un software de simulación y programación fuera de línea de ABB de plantas automatizadas, a través del cual se puede realizar la programación de un robot desde un ordenador en la oficina sin necesidad de estar delante del robot o interrumpir la producción.

Proporciona herramientas suficientes para incrementar la rentabilidad de su sistema robotizado mediante tareas como formación, programación y optimización y dado que no necesitas parar la producción o estar delante del robot, proporciona numerosas ventajas, entre ellas la reducción de riesgos e incremento de productividad [7].

Esta herramienta es una copia del software real que podemos encontrar en cualquier robot real que se encuentre en producción y está basada en el VirtualController de ABB, es por ello que las simulaciones son muy reales.

3.2.2 IRB 120

Es el robot multiusos de 6 ejes más pequeño de ABB, con un peso de 25kg puede soportar cargas de hasta 3 kg y tiene un alcance de hasta 580mm. Para aplicaciones en las que no se requiera mucho peso ni mucho alcance, es una muy buena solución dado su bajo precio.



Figura 3. 2 Robot IRB 120 ABB

Tiene una tensión de alimentación de 200V, 50Hz y consume una potencia de 0.24kW, puede trabajar a temperaturas de entre +5°C y 45°C y su nivel de ruido como máximo es de 70dB, por lo que permite una gran variedad de aplicaciones.

Tiene un controlador IRC5 Compact/IRC5 Single Cabinet, y dispone de 10 señales en la entrada a la muñeca.

El IRB 120 es una buena elección para nuestra aplicación ya que con él abarcamos perfectamente todo el radio de acción que queremos [8].

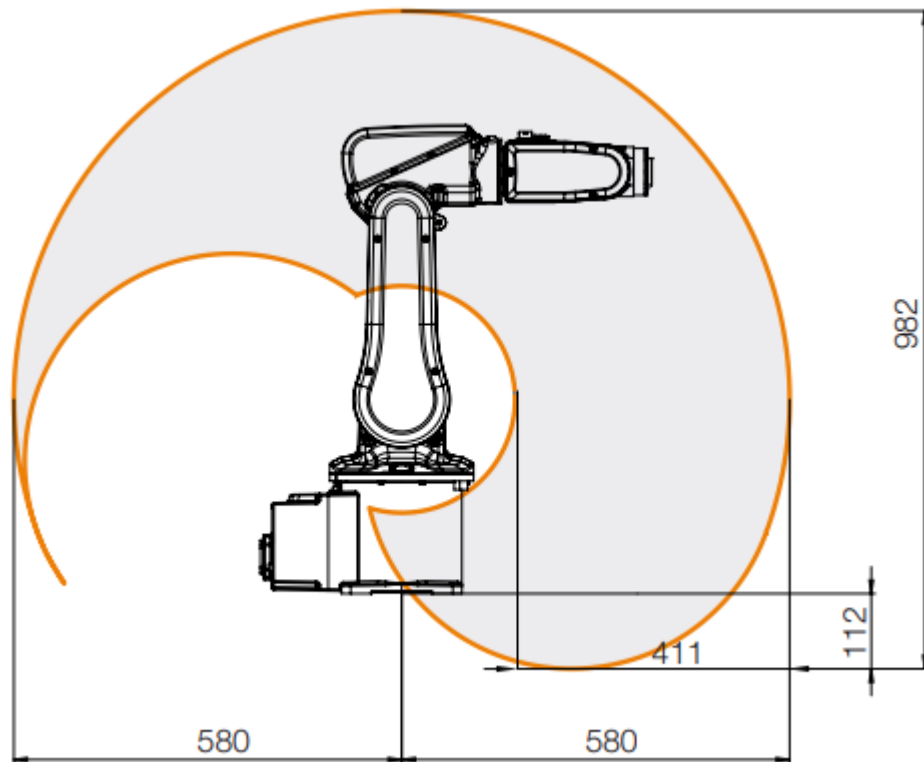


Figura 3. 3 Alcance robot IRB 120 ABB vista lateral

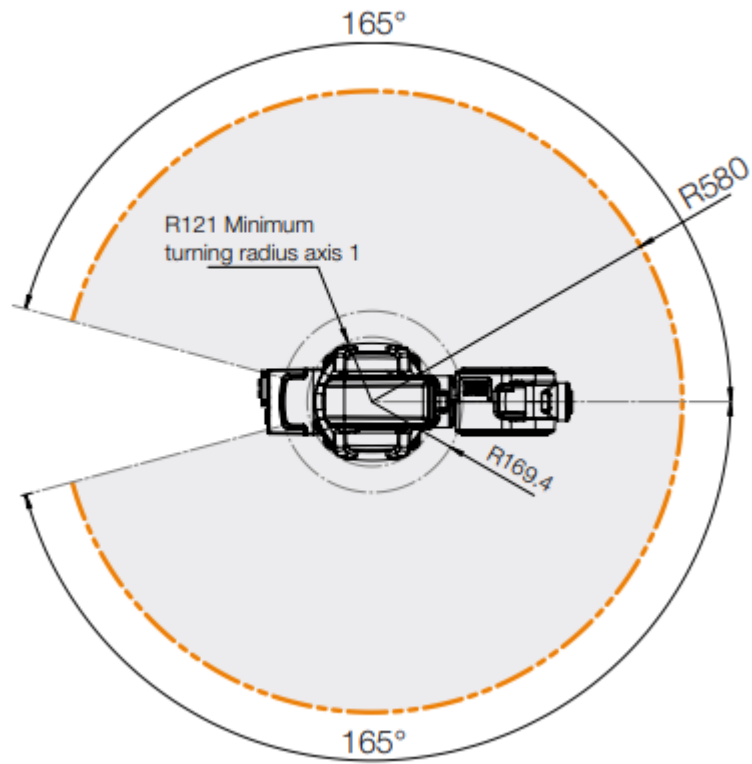


Figura 3. 4 Alcance Robot IRB 120 vista superior

CAPITULO 4

IMPLEMENTACIÓN DE CELDAS DE IMPREGNACIÓN A TRAVÉS DE RobotStudio

4 IMPLEMENTACIÓN DE CELDA DE IMPREGNACIÓN A TRAVÉS DE RobotStudio

Se van a implementar dos sistemas para ver el funcionamiento de nuestra célula de impregnación de dorman, uno de ellos lo realizaremos a través de RobotStudio, donde se creará un entorno lo más fiel a la realidad y el segundo sistema es el que se implementará en el laboratorio con el IRB-120.

4.1 INTRODUCCIÓN

A través del software de RobotStudio, se es capaz de recrear la célula de impregnación de dorman de una manera bastante fiel, en la que se podrán apreciar todos los componentes y elementos que se utilizarían en la realidad.

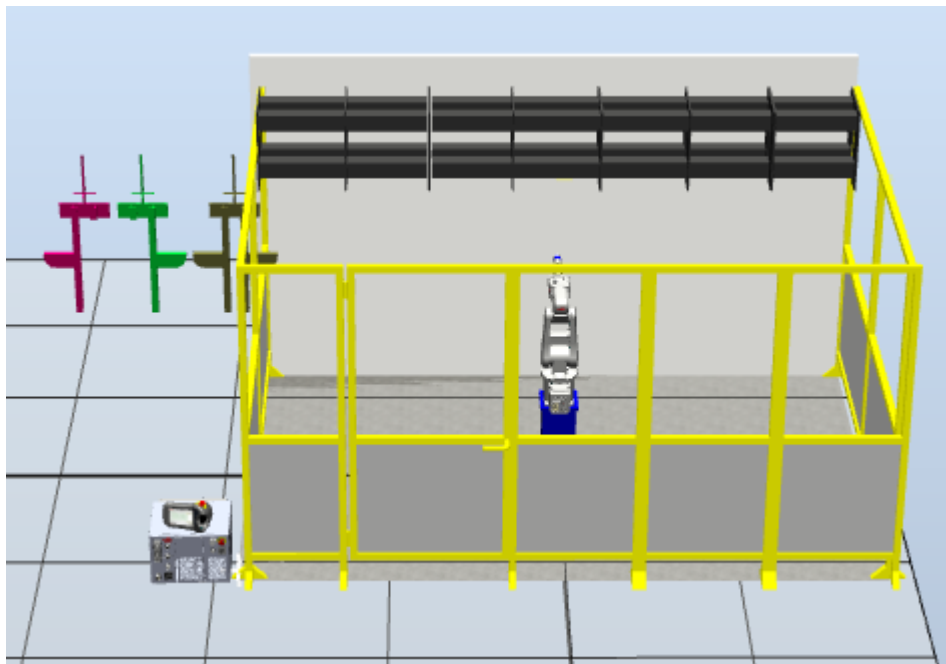


Figura 4. 1 Implementación celda impregnación RobotStudio

Los componentes que forman la célula robotizada son los siguientes.

- Peana de robot
- Pistola de robot
- Sistema de transporte
- Soporte con piezas

- Cerramiento de la celda
- 1 Robot IRB120
- Controlador IRC5 Compact

4.1.1 Diseño de componentes

Dado que no todos los componentes que se desean utilizar para la simulación se encuentran en la librería de RobotStudio, se va a utilizar una herramienta de diseño para crearlos, en este caso AutoCAD, junto con otros componentes que existen dentro de las propias librerías del programa. Por último componentes exportados de otros sitios harán que podamos recrear en simulación la célula de impregnación de una manera bastante fiel a la realidad.

4.1.1.1 Diseño componentes en AutoCAD para importar a RobotStudio

Mediante AutoCAD se diseñan las piezas, el soporte para las piezas, la peana de robot, el soporte para pistola y el sistema de guiado de las piezas. Todos ellos serán exportados en formato .sat para posteriormente utilizarlos dentro de RobotStudio.

- Dorman derecho e izquierdo

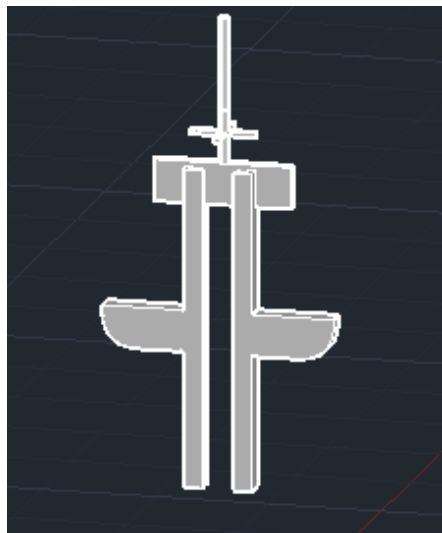


Figura 4. 2 Diseño soporte 2 dorman

- Dorman derecho

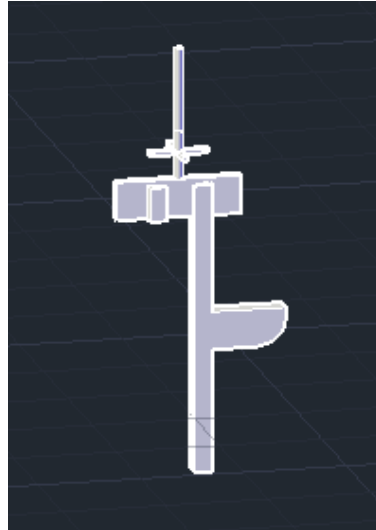


Figura 4. 3Diseño soporte dorman derecho

- Dorman izquierdo

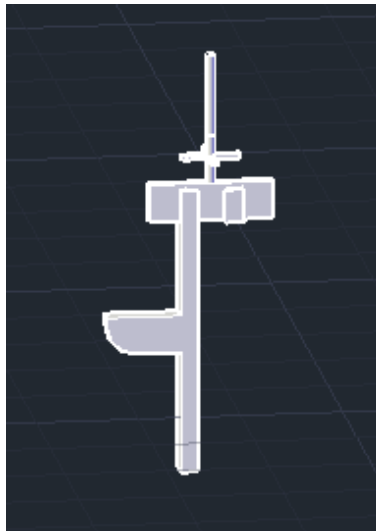


Figura 4. 4Diseño soporte dorman izquierdo

- Soporte pistola

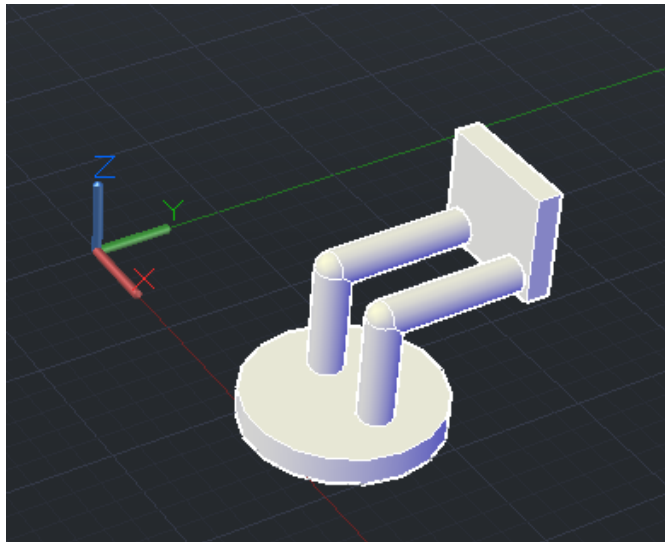


Figura 4. 5Diseño soporte herramienta robot

- Peana robot

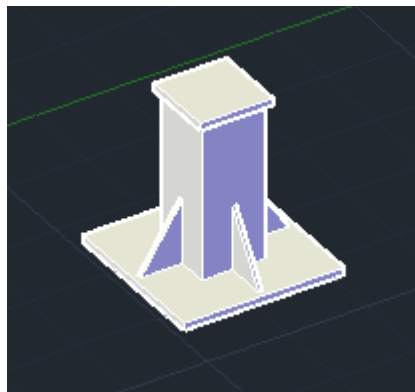


Figura 4. 6 Diseño peana robot

- Sistema guiado de piezas

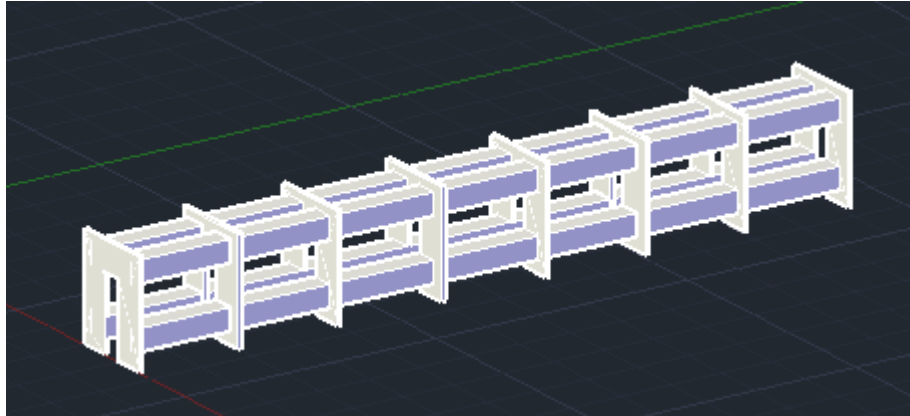


Figura 4. 7Diseño sistema de guiado

4.1.1.2 Componentes de la librería de RobotStudio

- Controlador IRC5 Compact

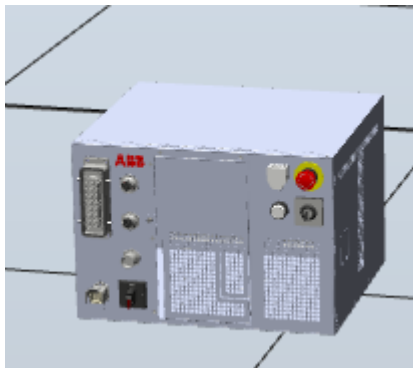


Figura 4. 8 Armario control robot

- Flash Pendant

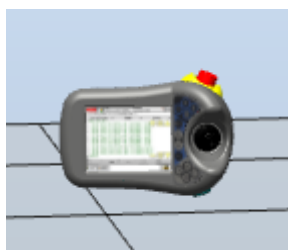


Figura 4. 9 FlexPendant

- Vallado fijo de dos tamaños diferentes, uno de 740mm y otro de 2500mm para poder realizar un correcto cerramiento en todo el perímetro de la célula

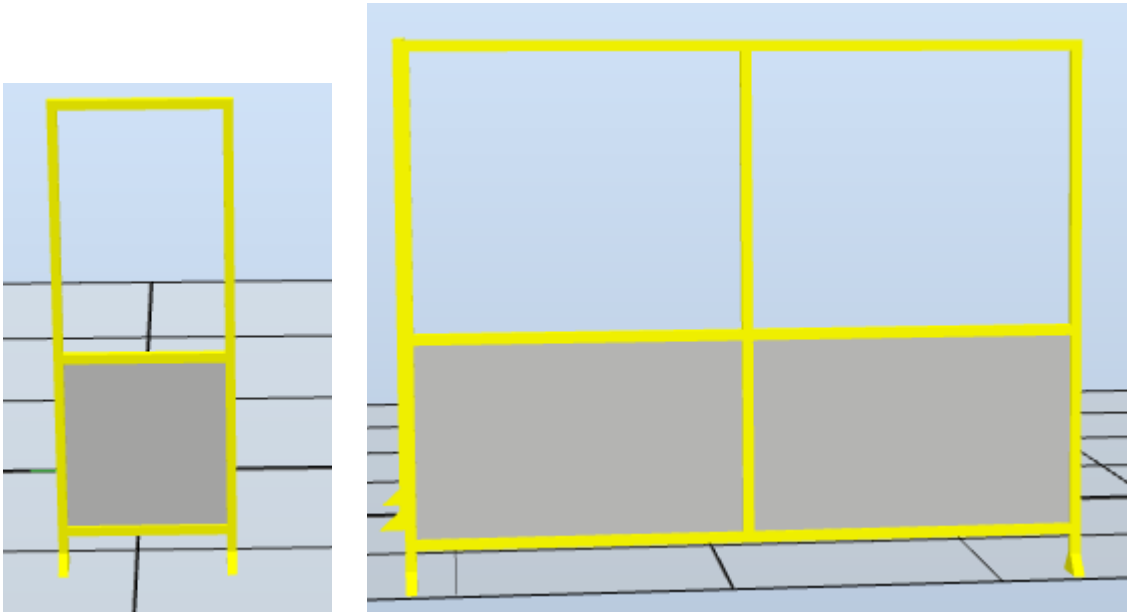


Figura 4. 10 Paneles cerramiento

- Puerta de acceso a la zona del robot

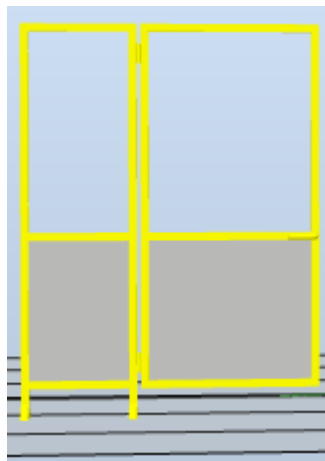


Figura 4. 11 Puerta acceso zona robot

- Robot IRB120



Figura 4. 12 Robot IRB 120

4.1.1.3 Otros componentes.

Para la pistola de imprimación se ha utilizado el modelo .igs descargado de la página del fabricante, que posteriormente ha sido importado a AutoCAD para su posterior unión al soporte de la herramienta citado en el apartado anterior. De este modo se realiza la importación a RobotStudio de un único componente para la herramienta del robot.

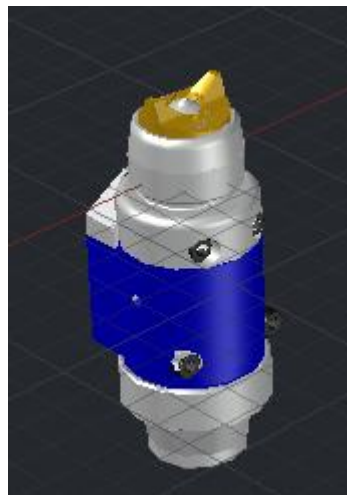


Figura 4. 13Pistola imprimación

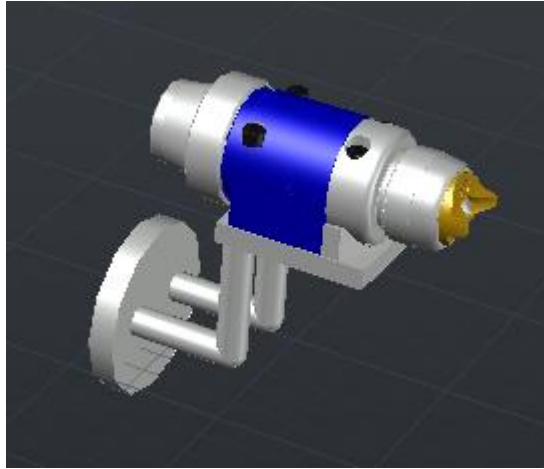


Figura 4. 14 Herramienta robot

4.2 COMPOSICIÓN DE LA CÉLULA

La célula robotizada está compuesta por todos los componentes citados en el punto anterior, a continuación se va a detallar la composición de la misma.

- Robot de impregnación con pistola

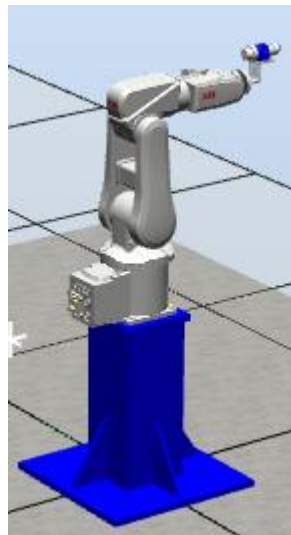


Figura 4. 15 Robot impregnación dorman

La herramienta del robot en este caso, será una pistola fijada al robot mediante un soporte y se encargará de pulverizar el pegamento en los dorman por ambas caras. El robot se encuentra sobre una peana que lo eleva hasta la posición de trabajo que necesita para poder impregnar los dorman correctamente.

- Armario de control del robot junto con flash pendant



Figura 4. 16 Controlador y FlexPendant robot

Ambos se encuentran ubicados en el lateral izquierdo, próximos a la puerta de acceso de la célula robotizada. Tienen esta ubicación ya que deben estar lo más próximo posible a la puerta, en caso de tener que ajustar o realizar algún tipo de programación en el robot.

- Cerramiento de la célula y transporte.

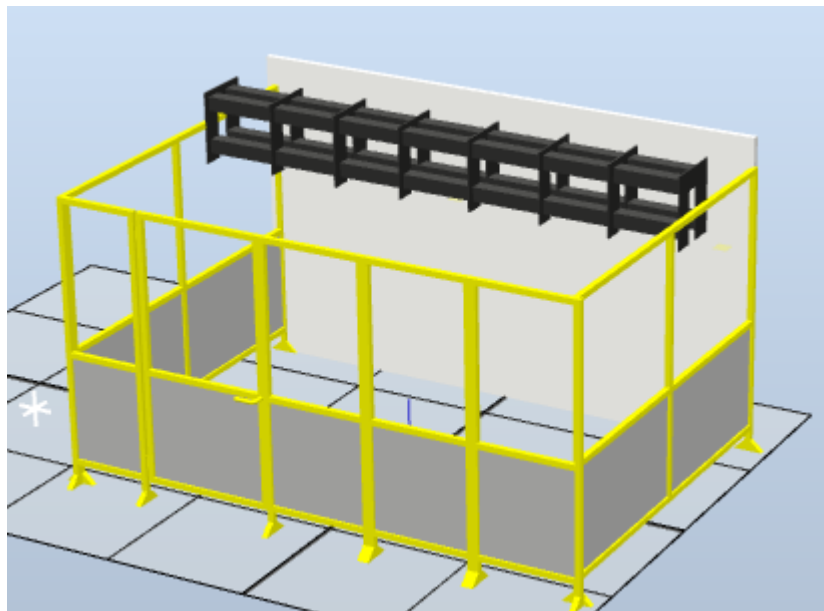


Figura 4. 17 Cerramiento célula y sistema transporte

A través de este cerramiento se evita el acceso a cualquier zona de la célula de manera involuntaria y evitando además accidentes, puesto que la puerta está equipada a través

de un sistema TROAX de seguridad para quitar energía a la máquina en caso de apertura de la célula durante un modo de trabajo automático

La unión de todos estos elementos, forman lo que va a ser la célula de impregnación de dorman.

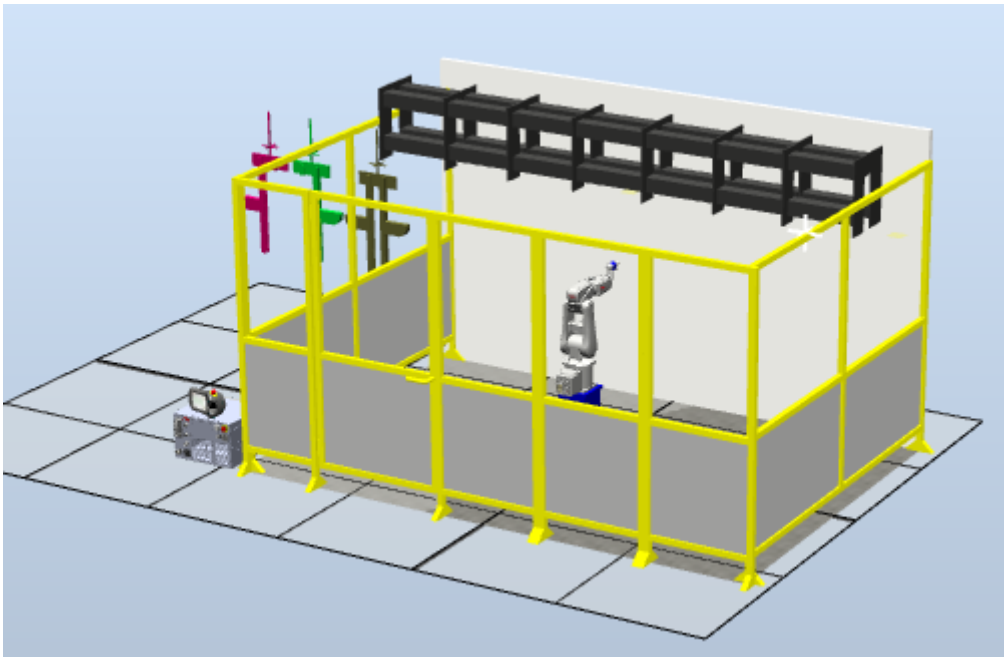


Figura 4. 18 Célula impregnación dorman

4.3 ESTACIÓN DE TRABAJO

Para la creación de la estación de trabajo existen varias opciones [9]:

- Estación vacía, crea una estación sin ningún tipo de sistema donde los usuarios con un nivel avanzado pueden crear esta estación desde cero y añadirle un sistema nuevo o existente.
- Estación con controlador de robot, crea una estación con un sistema que tiene de plantilla dentro de su biblioteca
- Estación con controlador de robot existente, crea una estación a partir de un sistema existente.

En este caso se ha decidido crear un sistema de trabajo a través de una estación vacía y se ha añadido el robot y el controlador

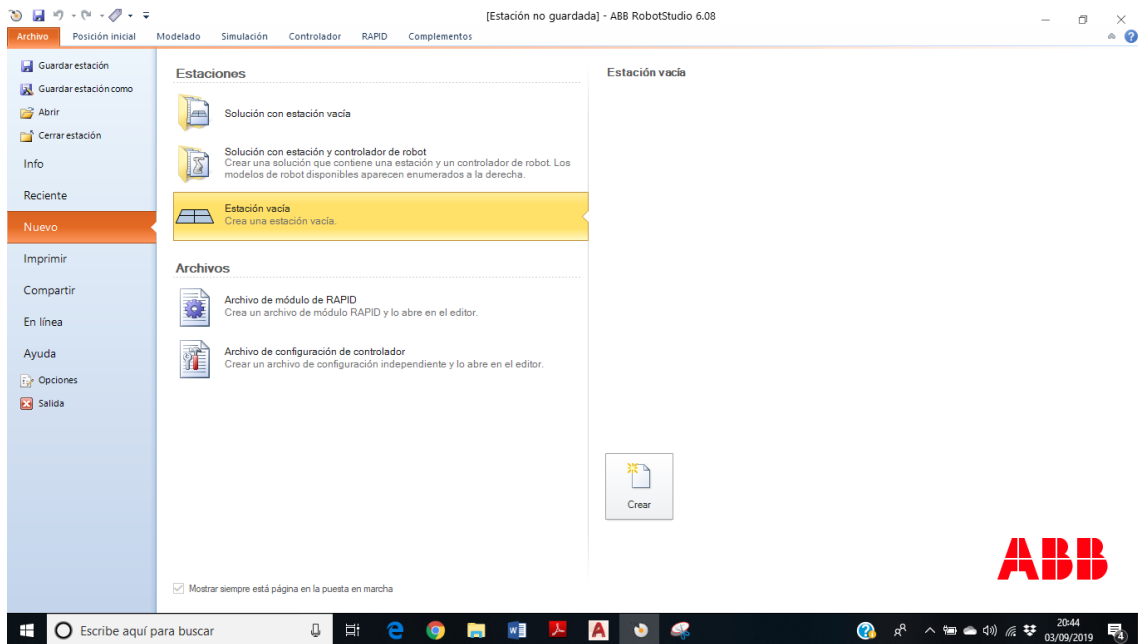


Figura 4. 19 Creación estación de trabajo

Se selecciona el robot IRB120 que es el mismo que se va a utilizar tanto para la simulación como para posteriormente el laboratorio.

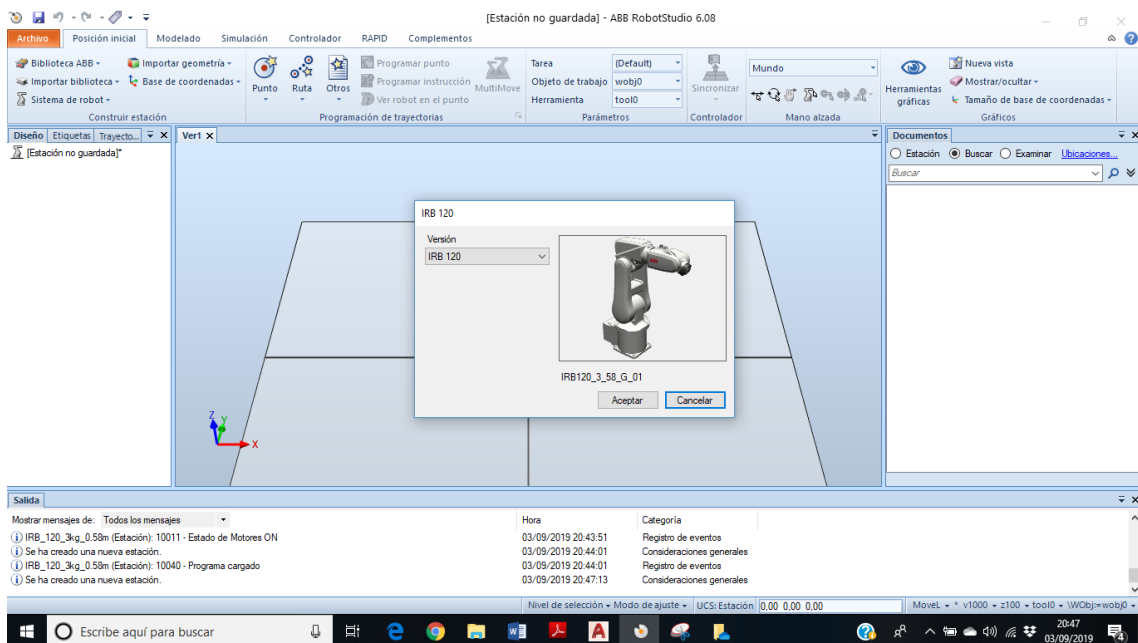


Figura 4. 20 Elección de robot para la estación

4.4 ELEMENTOS Y POSICIONAMIENTO

Para el proyecto se ha elegido como origen de coordenadas el robot sobre la peana y a partir de este punto, se han ido ubicando los demás elementos que formarán la estación de trabajo.

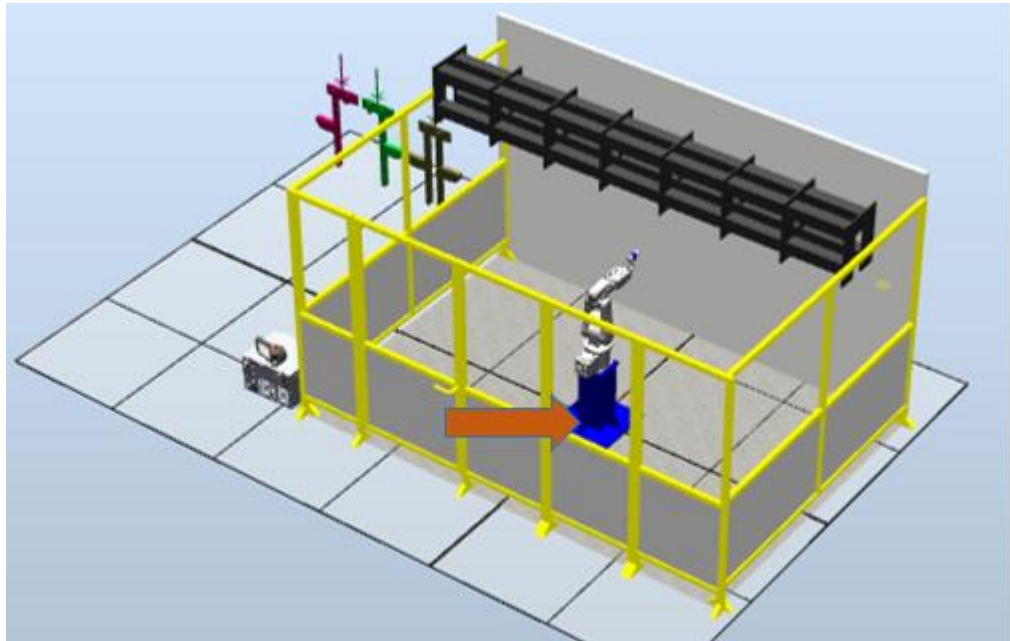


Figura 4. 21 Estación de trabajo y origen de coordenadas

A continuación se detalla cada uno de los elementos con la posición que ocupan en el plano.

- Robot impregnación (x,y,z 0,0,529.21)

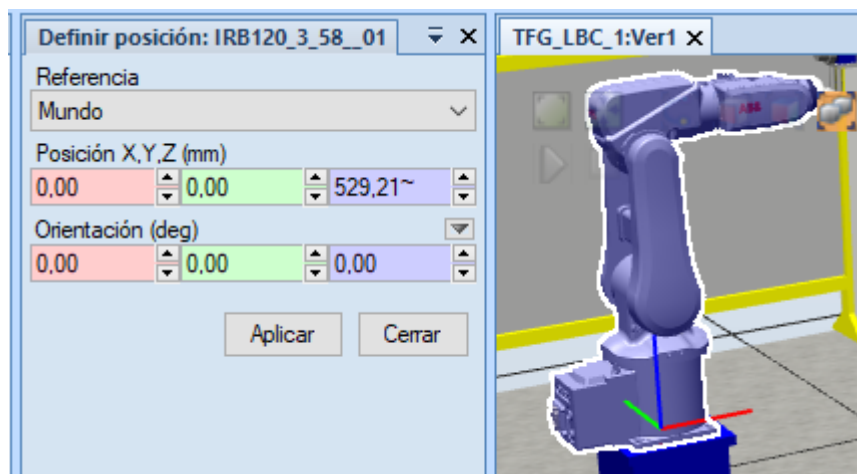


Figura 4. 22 Posición robot impregnación

Tal y como se puede observar el robot de impregnación es el origen del sistema de coordenadas, simplemente está elevado lo que mide la peana que lo soporta.

- Peana del robot (x,y,z -270,-280,0)

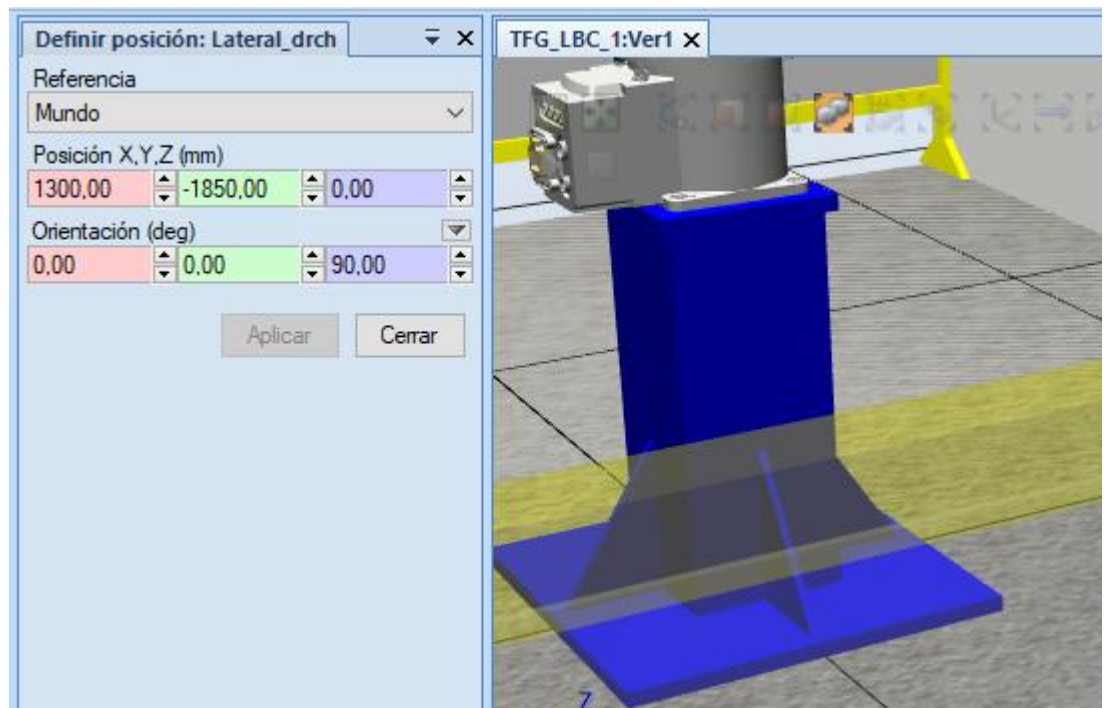


Figura 4. 23 Posición peana robot

Como se puede observar la peana se encuentra en el origen de coordenadas desplazada simplemente para que su centro coincida con el sistema de referencia mundo.

- Pistola del robot (x,y,z 373,0,1158.56)

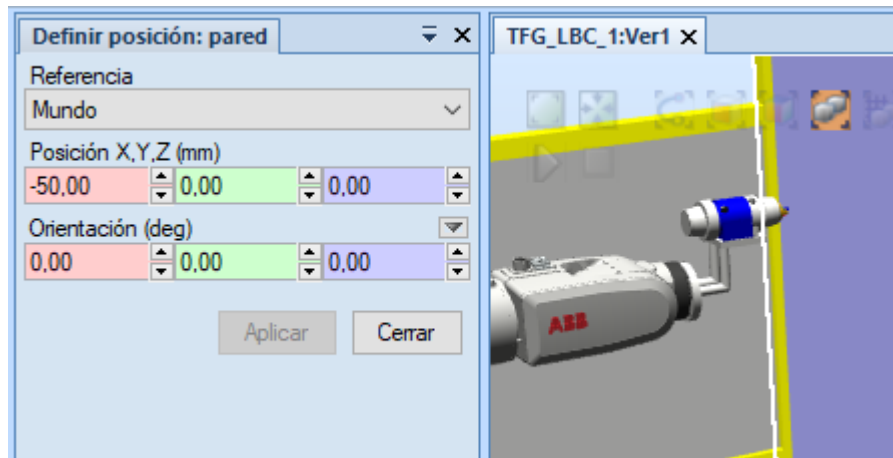


Figura 4. 24 Posición pistola robot

La pistola del robot está colocada justo en la herramienta del robot, ha sido necesario girarla hasta tenerla orientada correctamente sobre el robot

- Sistema de transporte (x,y,z 400,-1750,1700)

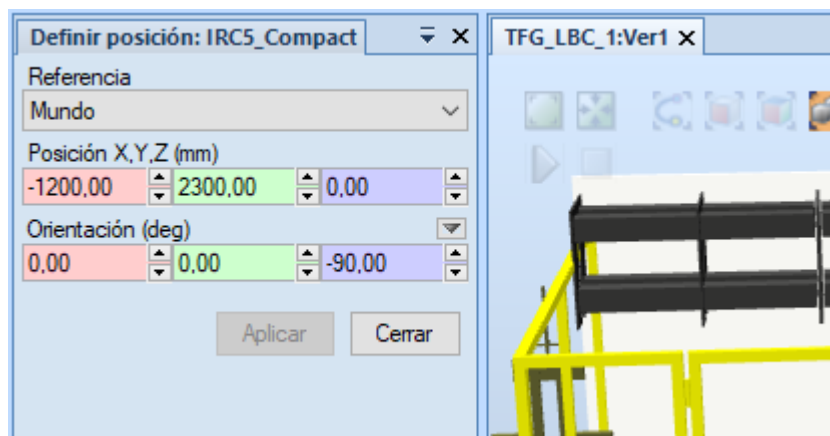


Figura 4. 25 Posición sistema de transporte

El sistema de transporte se encuentra desplazado respecto al robot 400mm, que es justo lo necesario para que el robot impregne a una distancia aproximada de 200mm según recomendaciones del fabricante del producto

- Controlador del robot (x,y,z -1200,2300,0)

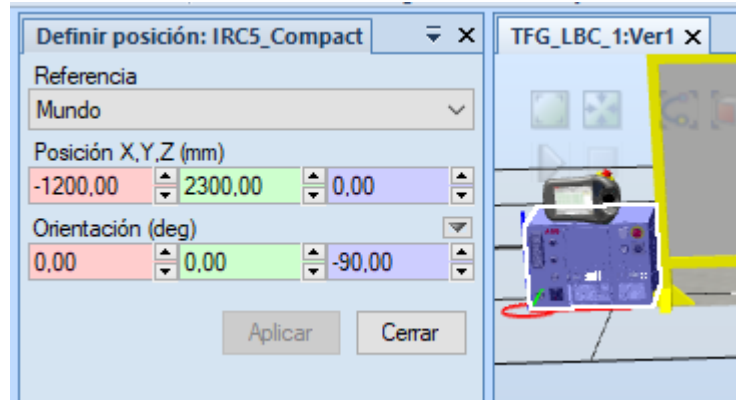


Figura 4. 26 Posición controladora robot

Está situado justo al final del vallado de la zona del robot al lado izquierdo, lo más próximo a la entrada de la célula para poder cambiar los modos de trabajo del robot en caso de ajuste y poder rearmar lo antes posible evitando de este modo pérdidas de tiempo.

- Flex pendant (x,y,z -1200,2100,0)

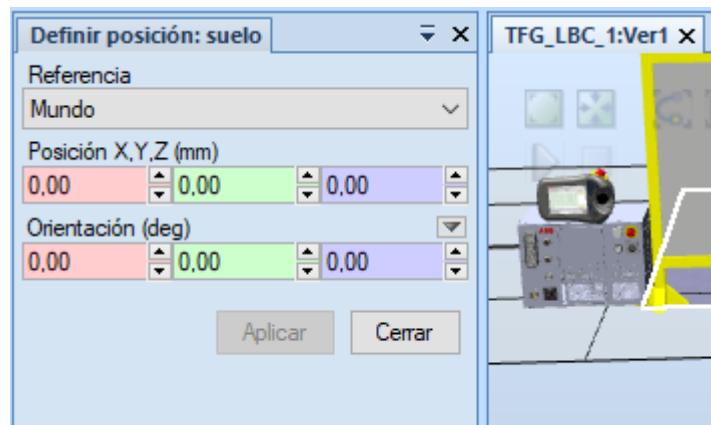


Figura 4. 27 Posición FlexPendant

El FlexPendant se encuentra ubicado justo sobre el controlador por los mismos motivos que se han dado para éste.

- Soporte con piezas

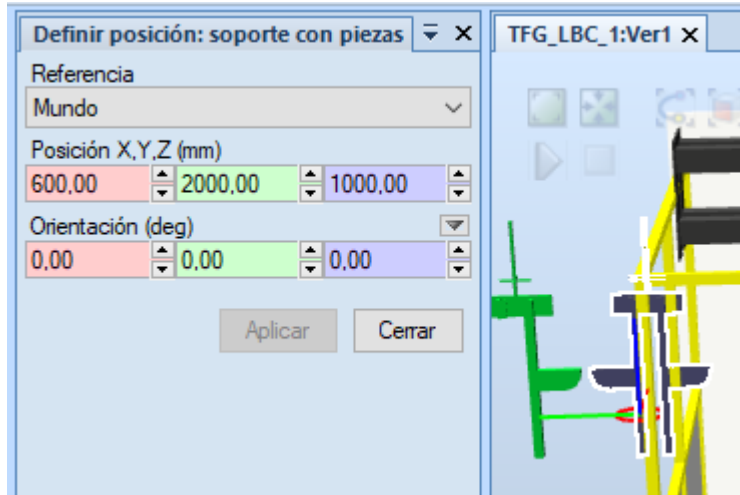


Figura 4. 28 Posición soporte dos piezas

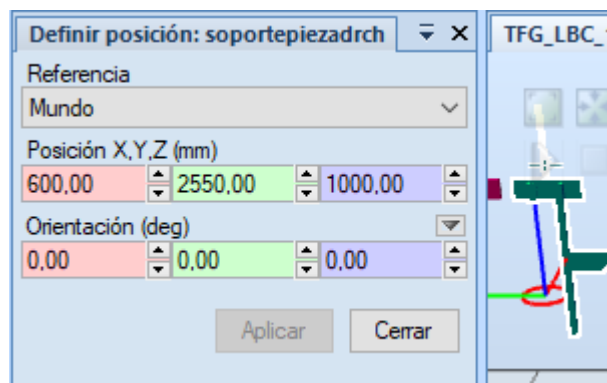


Figura 4. 29 Posición soporte pieza derecha

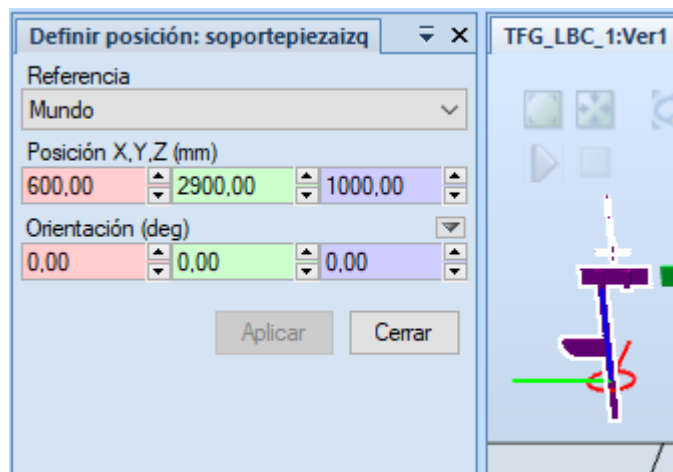


Figura 4. 30 Posición soporte pieza izquierda

Las piezas se encuentran posicionadas justamente en el punto medio del sistema de transporte y a una distancia aproximada de 200mm respecto a la pistola del robot.

4.5 CREACION DE HERRAMIENTA

En este apartado se va a explicar el proceso que se ha seguido para crear la herramienta de trabajo, desde su creación en AutoCAD, hasta su exportación a RobotStudio para su posterior programación.

Lo primero que se ha realizado es crear el soporte para la pistola a través de AutoCAD 2019

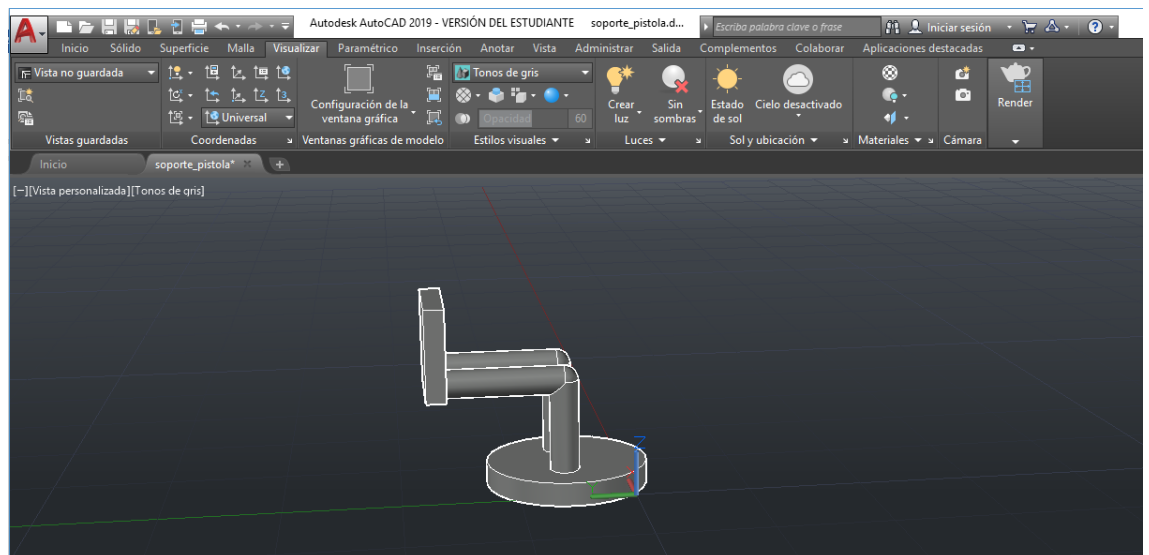


Figura 4. 31 Diseño soporte AutoCAD

Posteriormente se ha importado la pistola que se había descargado previamente de la web del fabricante y se ha unido al soporte que ya se había creado, de tal modo que se ha creado un único sólido.

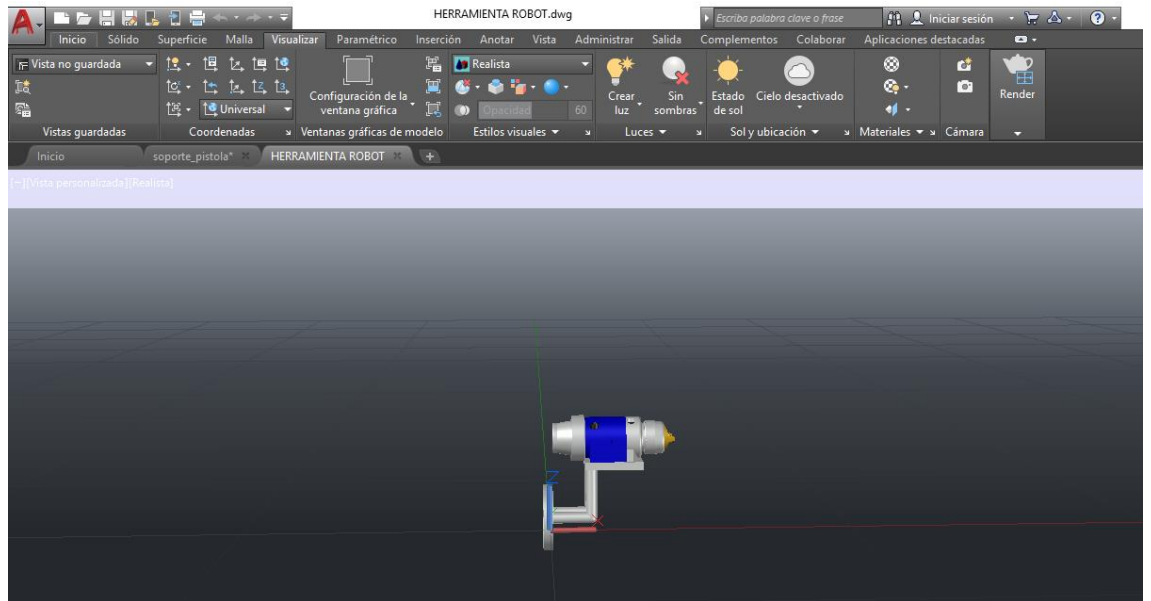


Figura 4. 32 Diseño soporte con pistola AutoCAD

Esta herramienta ha sido guardado como formato .sat para poderlo utilizar en la librería de RobotStudio, para ello se ha tenido que utilizar la función de exportar como otro formato.

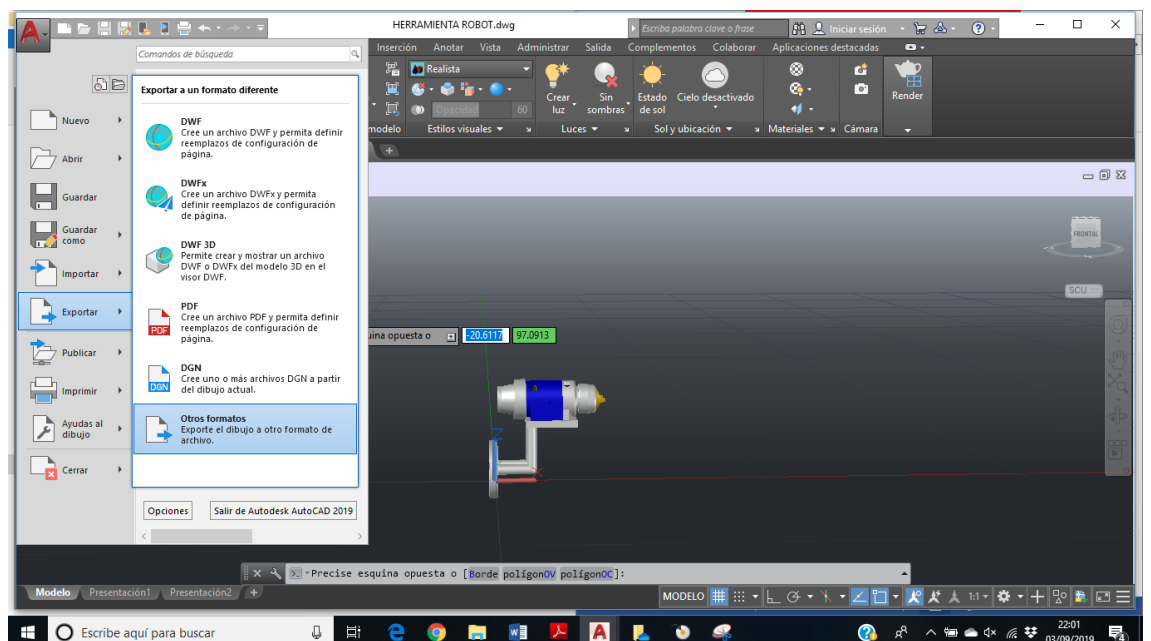


Figura 4. 33 Exportación de pistola para librería RobotStudio

Para poder configurar esta pistola de pulverización como herramienta se ha tenido que importar la geometría en RobotStudio

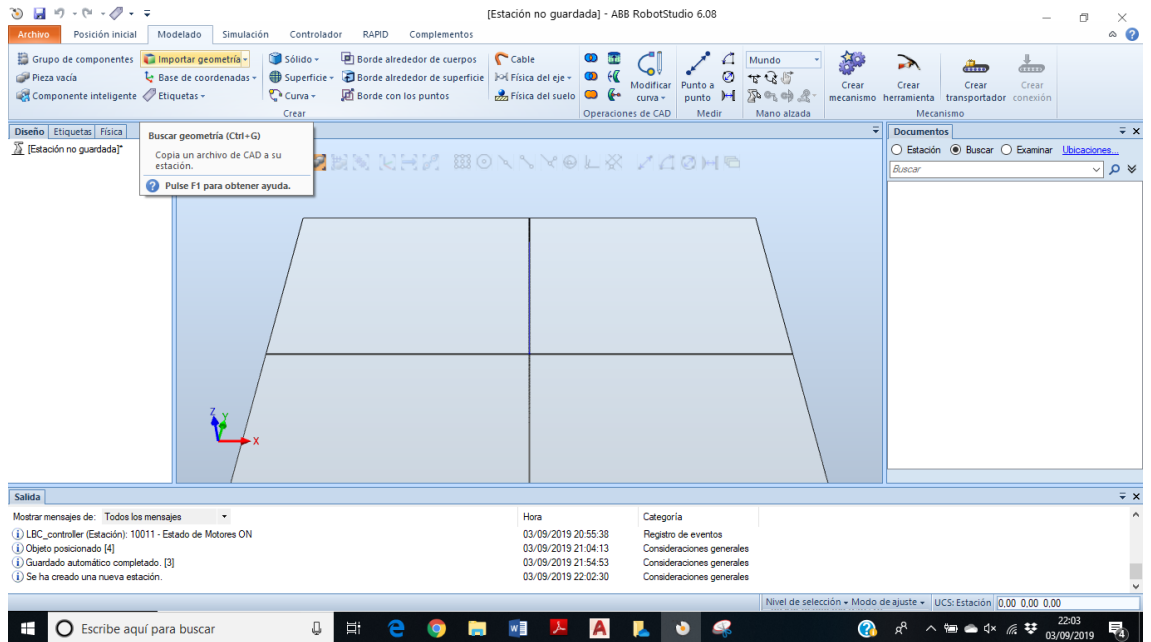


Figura 4. 34 Importación pistola robot

A continuación se ha procedido a crear la herramienta para ello en la pestaña de Modelado se ha seleccionado la opción Crear herramienta. En ese momento ha aparecido la pestaña que se muestra a continuación.

✕

Crear herramienta

Información de herramientas (paso 1 de 2)

Introduzca un nombre y seleccione el componente que está asociado a la herramienta.

Nombre:

Seleccione componente:
 Usar existente Usar pieza simulada

Masa (Kg) Centro de gravedad (mm)

Momento de inercia Ix, Iy, Iz (kgm²)

Figura 4. 35 Creación herramienta

En ella se ha dado nombre a nuestra herramienta, se ha seleccionado el objeto que teníamos dentro de nuestra estación y que queríamos utilizar como herramienta y se le ha configurado el centro de gravedad y las inercias. Por último se ha tenido que configurar el TCP del robot a través de la siguiente pantalla.

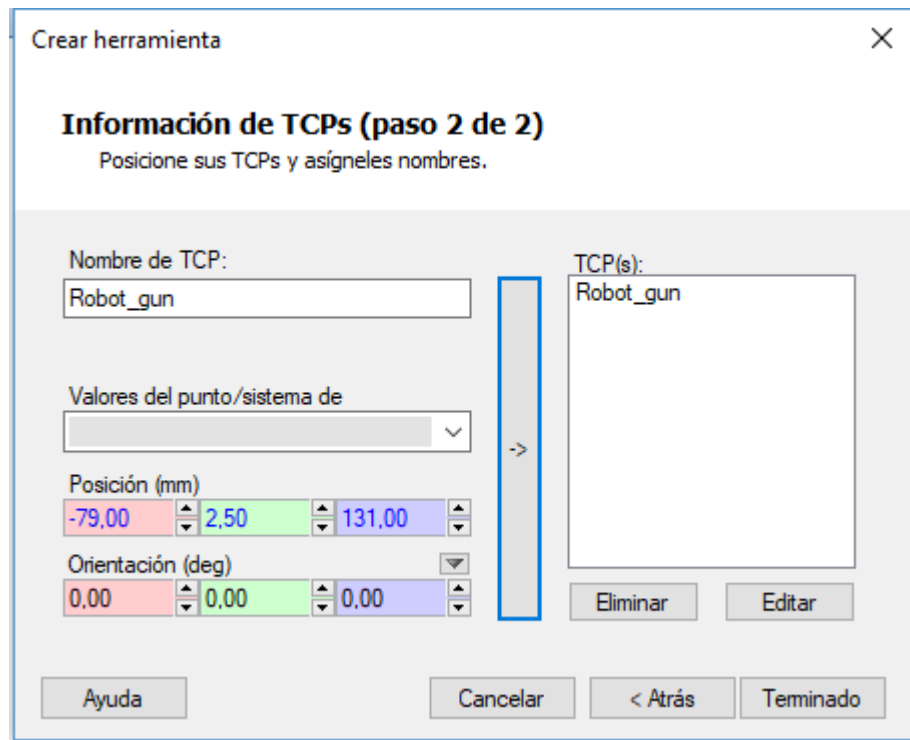


Figura 4. 36 Modificación TCP

Aquí se ha tenido que asignar el nombre que queríamos para nuestro TCP y la posición que va a tener, de este modo se obtiene la herramienta configurada. Para finalizarlo, se ha tenido que conectar la herramienta al robot de la estación.

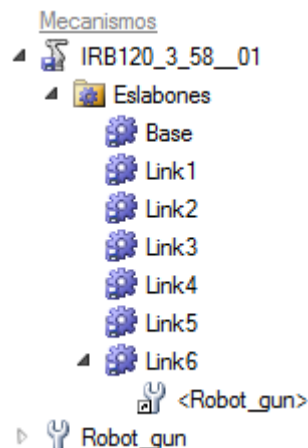


Figura 4. 37 Conexión herramienta a robot

4.6 OBJETO DE TRABAJO

Se decide crear un objeto de trabajo para las trayectorias del robot, de tal modo que si es necesario cambiar la posición del soporte de las piezas, no se tiene que volver a realizar las trayectorias enteras sino que simplemente se debería modificar la posición del objeto de trabajo workobject.

Para la creación del workobject, se ha tenido que realizar de la siguiente manera.

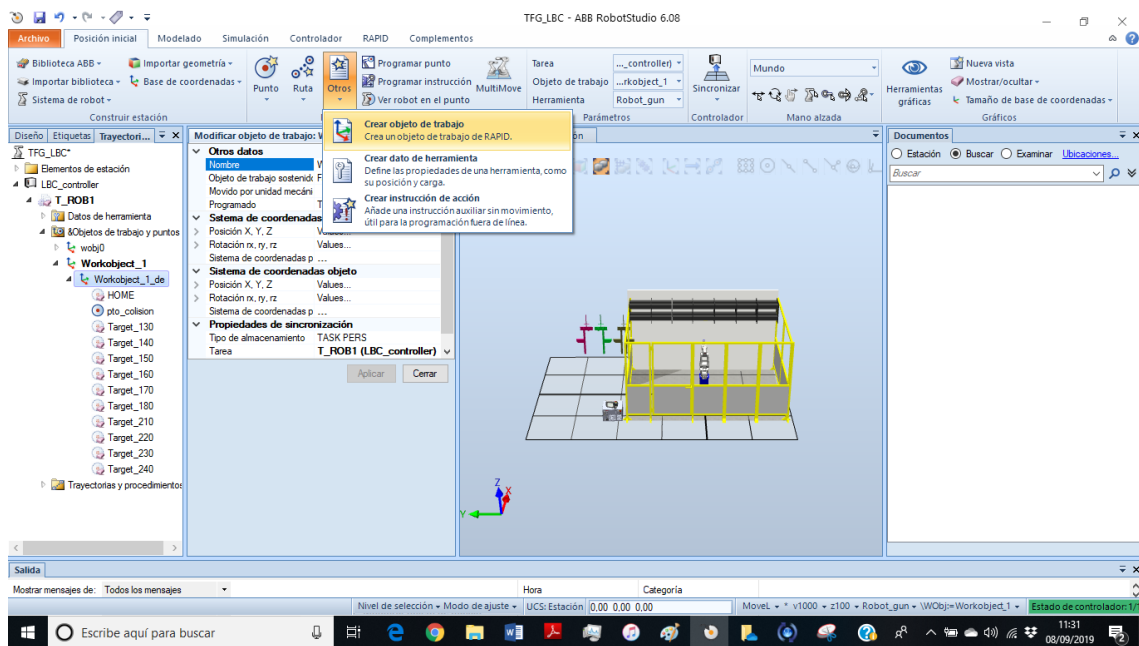


Figura 4. 38 Creación objeto de trabajo

Se ha creado el objeto de trabajo 1.

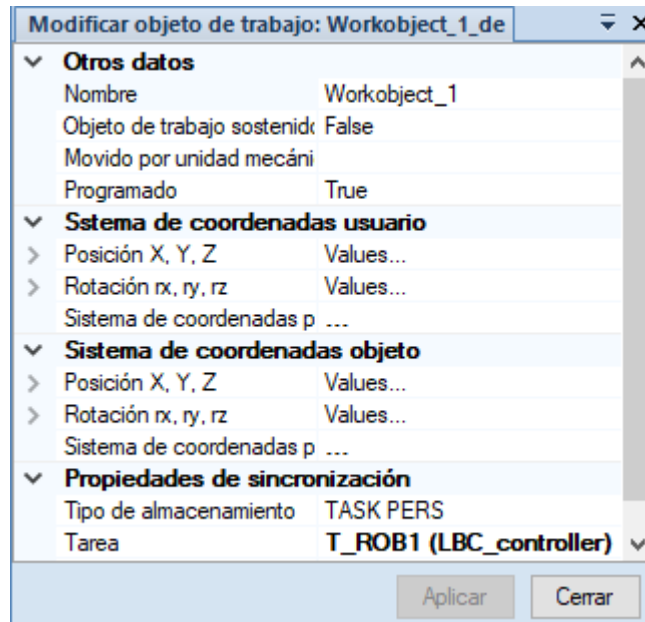


Figura 4. 39 Objeto de trabajo

Todos los puntos programados para los movimientos del robot cuelgan de este workobject por lo que si fuese necesario mover la posición del soporte, simplemente se debería seleccionar el objeto de trabajo en la pestaña posición inicial y desplazarlo, de tal modo que todos los puntos que fueran creados con este objeto de trabajo se desplazarán también.

4.7 COMPONENTES INTELIGENTES

Para poder simular la estación de una manera fiel a la realidad, ha sido necesario utilizar componentes inteligentes, a continuación se van a detallar todos y cada uno de ellos.

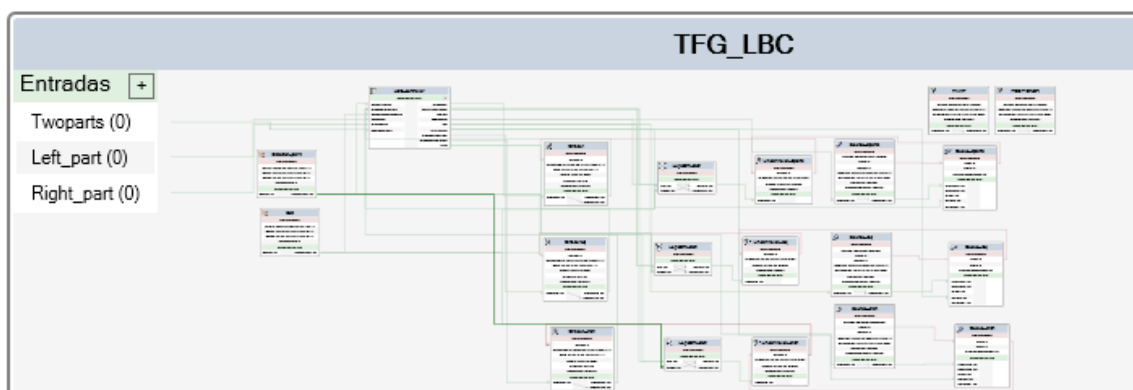


Figura 4. 40 Diseño y conexión componentes inteligente

4.7.1 COMPONENTES INTELIGENTES SENSORES

Se han utilizado varios sensores en distintas zonas, a continuación se detalla la ubicación, la función y la conexión que lleva cada uno de ellos.

- Detector en la zona de pintura, detecta que las piezas han llegado a la posición de pintura para dar la señal al robot de que puede comenzar a impregnar y a su vez detener el avance de las piezas. Se encuentran ubicados en la cinta de transporte a la altura del robot.

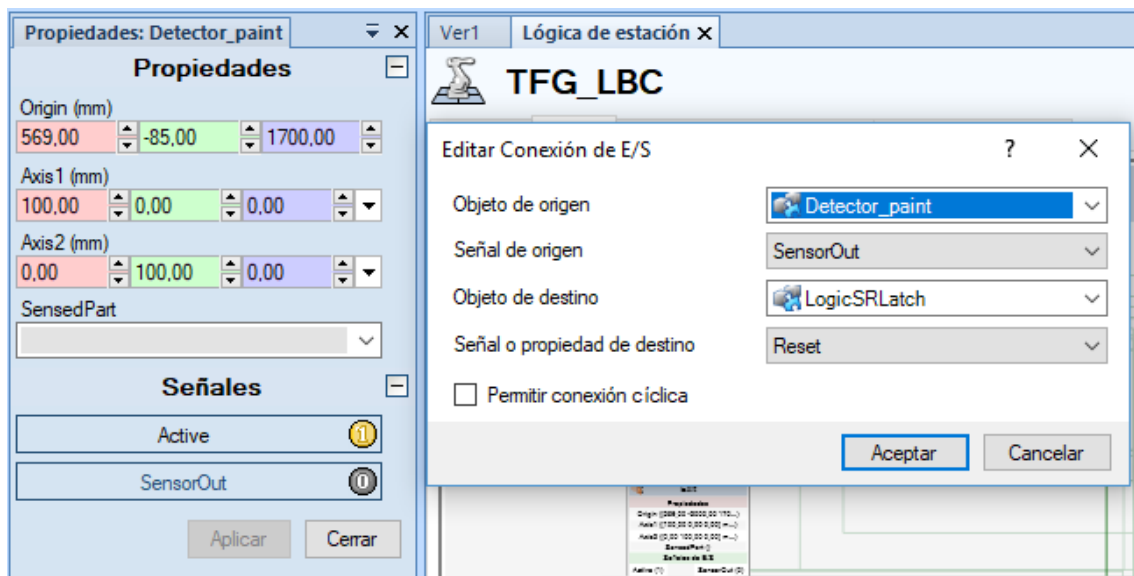


Figura 4. 41 Componente inteligente sensor posición pintura

- Detector en la zona de salida, éste se encarga de indicar que ha finalizado del ciclo, y de eliminar la copia de la pieza que acaba de ser pintada además de dar orden de que el componente inteligente source genere una nueva copia.

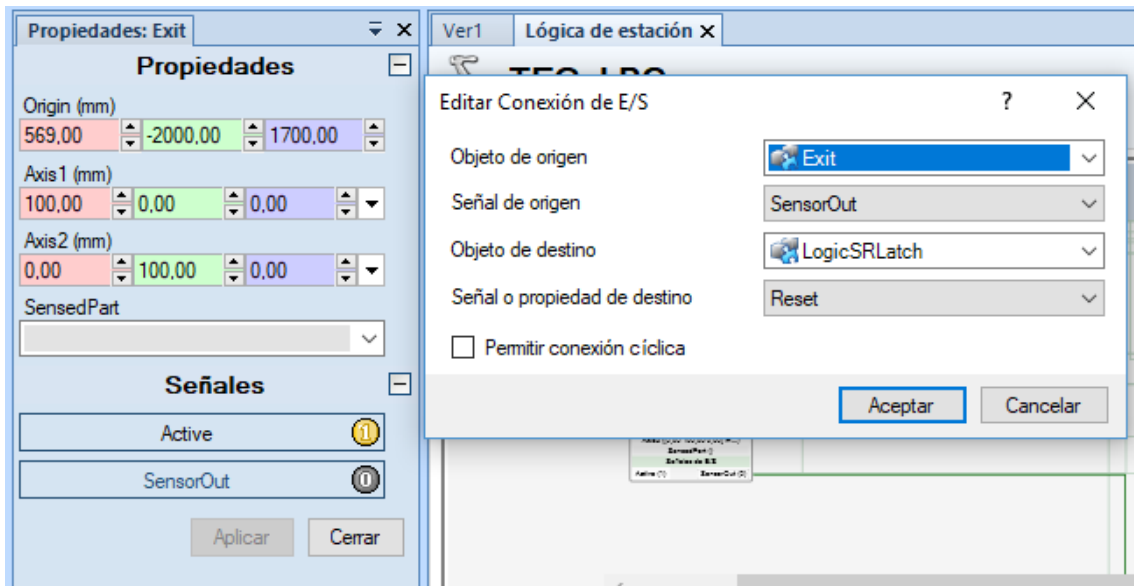


Figura 4. 42 Componente inteligente sensor salida

4.7.2 COMPONENTES INTELIGENTES SOURCE

Este componente se encarga de realizar una copia de las piezas con las que estamos trabajando para reproducir un abastecimiento constante al robot y poder recrear la simulación tal y como sucedería en la realidad. Existen tres componentes inteligentes como este, uno por cada una de las referencias con las que se puede trabajar.

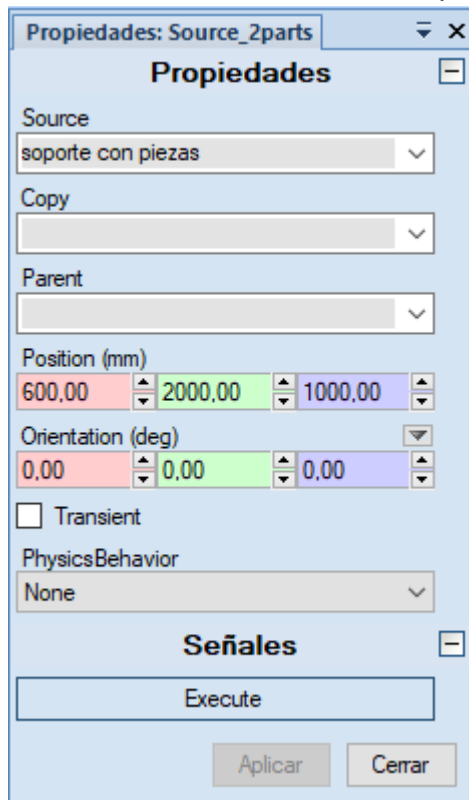


Figura 4. 43 Componente inteligente source dos piezas

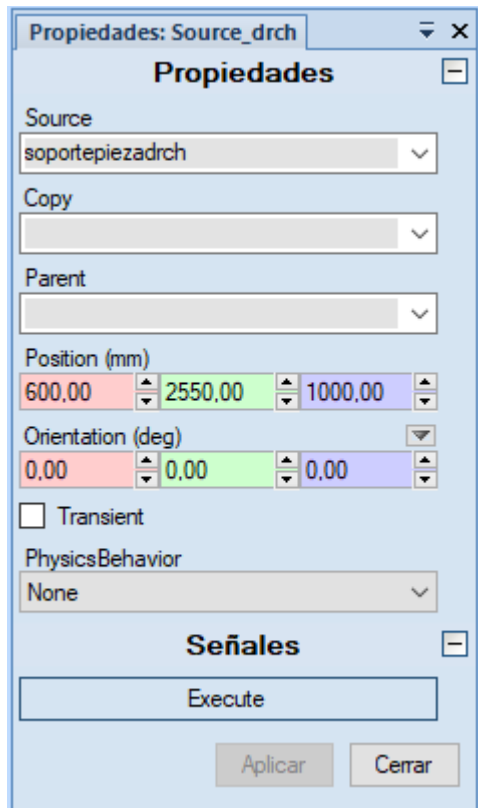


Figura 4. 44 Componente inteligente source derecha

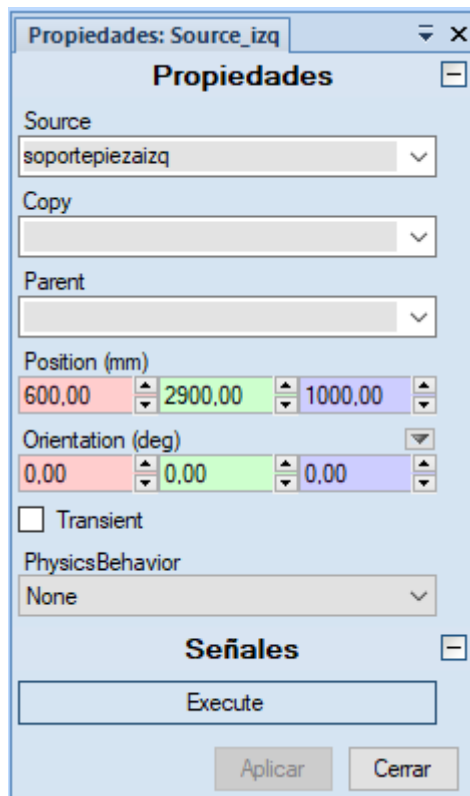


Figura 4. 45 Componente inteligente source izquierda

4.7.3 COMPONENTES INTELIGENTES QUEUE

Al igual que el componente anterior existe uno por cada una de las recetas con las que podemos trabajar, se encarga de generar una cola de objetos que se pueden utilizar en la simulación para, al igual que el source, recrear lo más fielmente cómo sería el trabajo de la célula en la realidad.

4.7.4 COMPONENTES INTELIGENTES POSITIONER

Se utiliza para colocar las piezas en su posición de origen, sobre todo durante la programación de la simulación. Hace que los soportes se posicionen en la entrada de la cabina de impregnación.

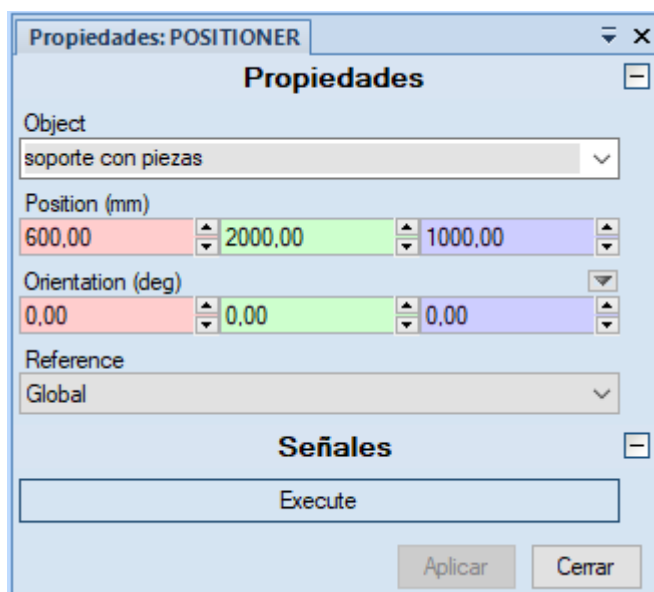


Figura 4. 46 Componente inteligente positioner dos piezas

4.7.5 COMPONENTES INTELIGENTES LINEAR MOVER

Existen tres componentes inteligentes de este tipo implantados en la simulación, uno por cada una de las referencias con las que se puede trabajar. Se encarga de transportar los soportes con dorman desde la entrada hasta la zona de pintura y posteriormente evacuarlas haciendo un desplazamiento de las misma en el eje -y.

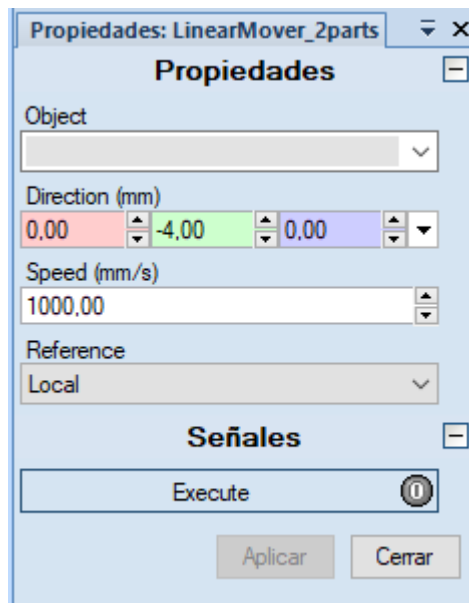


Figura 4. 47 Componente inteligente linear mover soporte dos piezas

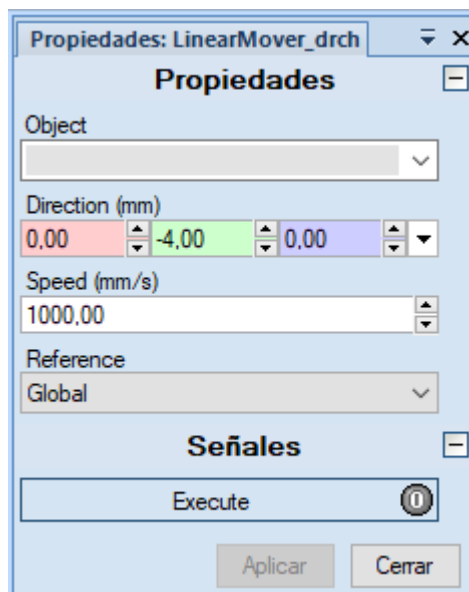


Figura 4. 48 Componente inteligente linear mover soporte derecha

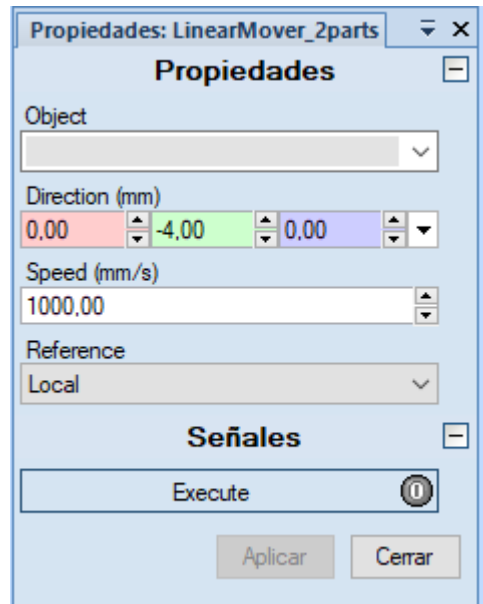


Figura 4. 49 Componente inteligente linear mover soporte izquierda

4.7.6 COMPONENTES INTELIGENTES GIROS

Existen tres componente inteligentes para realizar los giros uno por cada uno de las referencias con las que se puede trabajar. Se encargan de girar la pieza cuando el robot ha terminado de impregnar la primera cara de los dorman, en cuanto ha finalizado el giro manda una señal al robot para que pueda continuar impregnando y por ultimo gira para dejar las piezas en posición cuando el robot le indica que ha finalizado su ciclo, es al finalizar este último giro, cuando manda la orden de que pueden ser evacuadas las piezas.

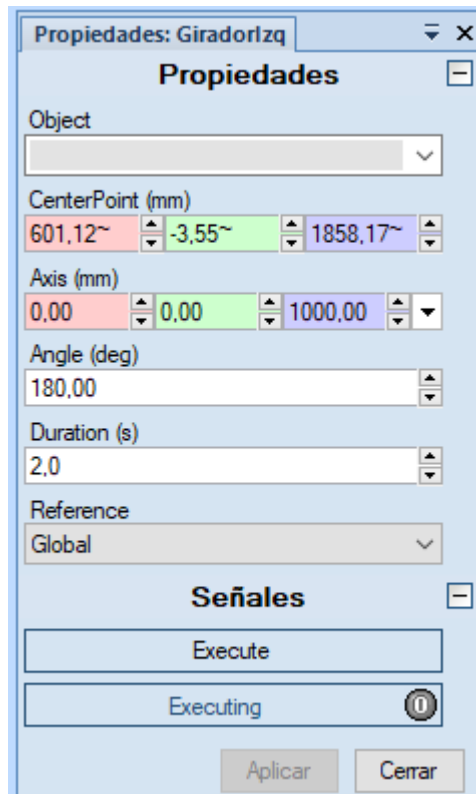


Figura 4. 50 Componente inteligente girador dos piezas

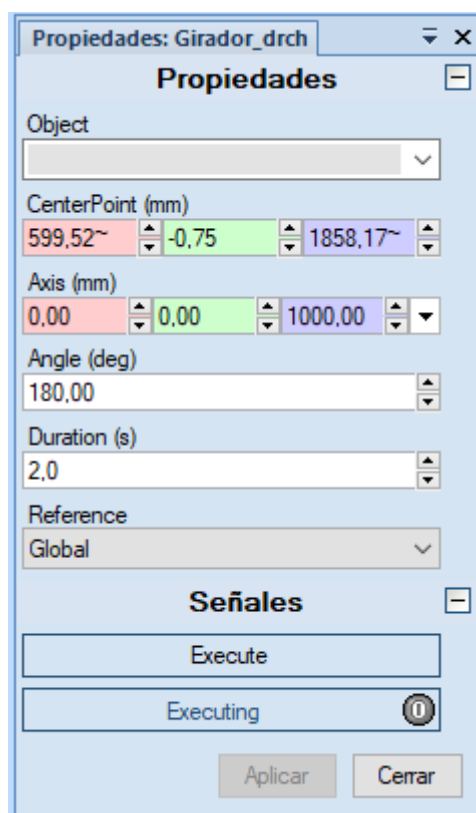


Figura 4. 51 Componente inteligente girador derecha

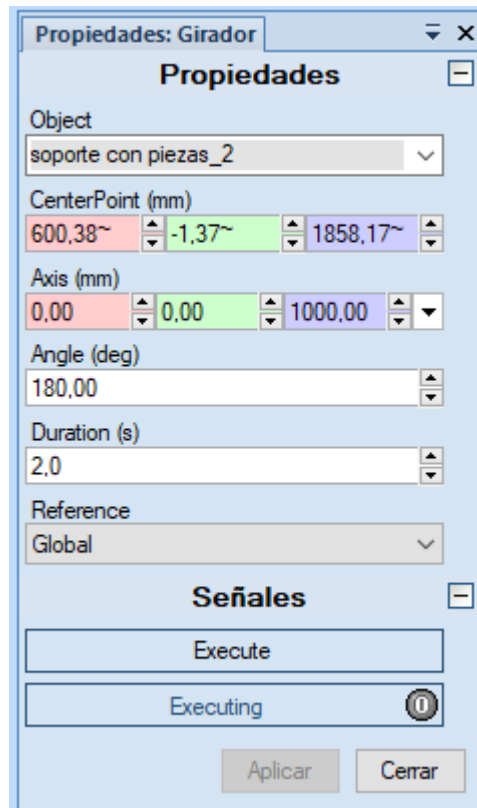


Figura 4. 52 Componente inteligente girador izquierda

4.8 CONFIGURACIÓN CONJUNTO ANTICOLISIÓN

Se ha creado un conjunto anticolidión para evitar que el robot pueda golpearse con la pieza de trabajo y de este modo evitar que se pueda dañar el robot.

Para la creación del conjunto anticolidión se ha ido al menú SIMULACION y se ha seleccionado la opción de CREAR CONJUNTO DE COLISION

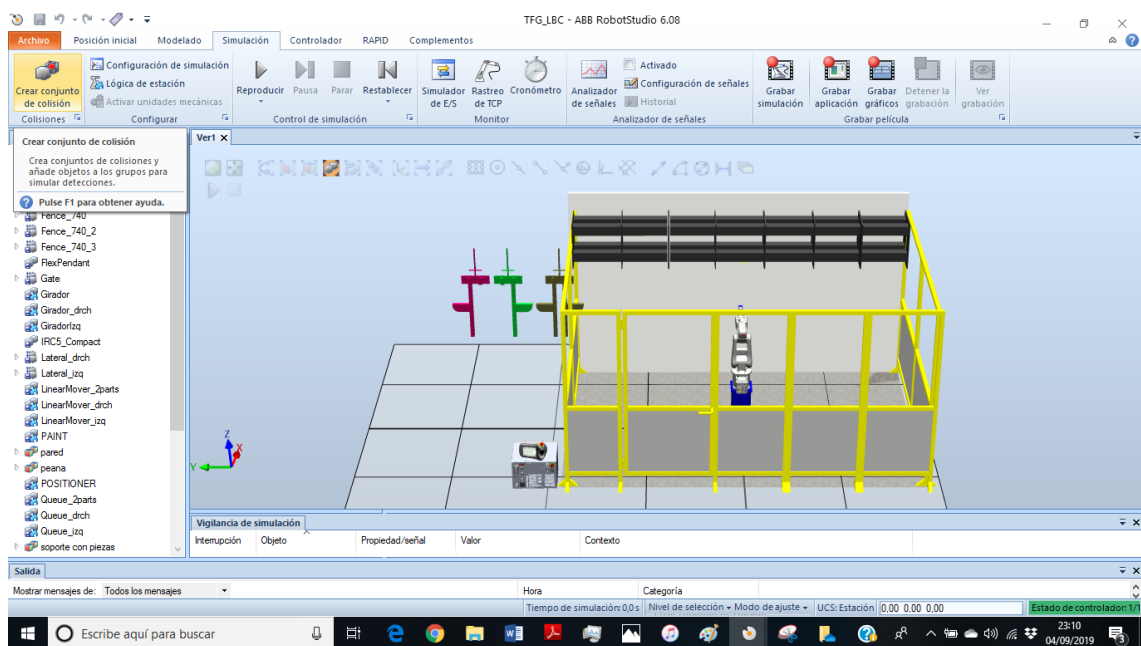


Figura 4. 53 Creación conjunto anticolidión

En la parte inferior de la ventana que hay a la izquierda, ha aparecido el conjunto de colisión con la opción de crear varios objetos de colisión, se han arrastrado las piezas con las que se va a trabajar hasta ahí y de este modo ya se ha creado.

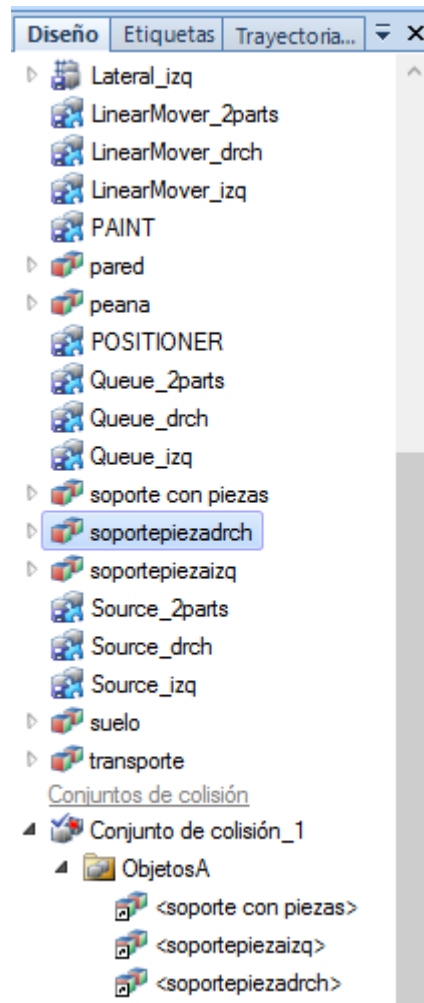


Figura 4. 54 Asignación objetos colisión

A continuación se han seleccionado los colores que se desean que aparezcan cuando se ejecute esta función, en este caso, se ha elegido el rojo como color de colisión y el amarillo como color de casi colisión con una distancia que hemos fijado en 5mm. Dentro de la ventana que se va a ver a continuación se puede seleccionar lo que se desee que aparezca en caso de que se produzca una.

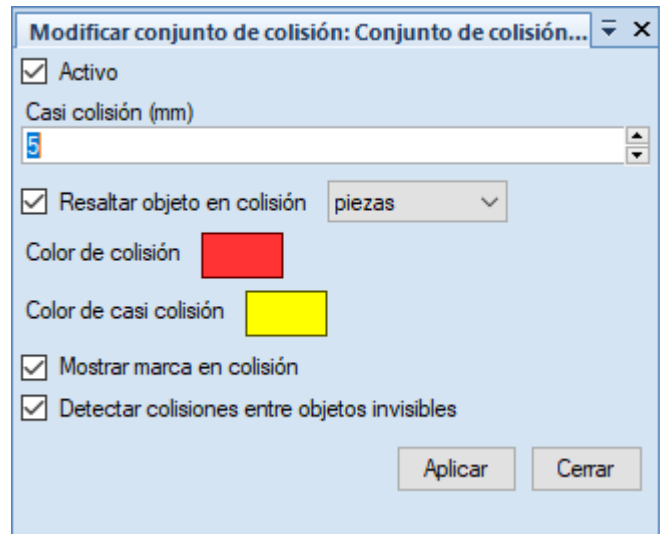


Figura 4. 55 Configuración sistema anticolidión

4.9 CONFIGURACIÓN ENTRADAS/SALIDAS ROBOT

Para la estación se han configurado las siguientes entradas y salidas que son utilizadas tanto por el robot como por los componentes inteligentes que se han usado.

	Nombre	Tipó	Valor	Valor mínimo	Valor máximo	Simuladas	Red	Dispositivo	Mapeo de dispositivo	Categoría	Adhesivo
①	END	DI	0	0	1	Sí	<ninguno>	<ninguno>			End program
①	ROTATIONEND	DI	0	0	1	Sí	<ninguno>	<ninguno>	33		Rotation of the part finished
①	Right_part	DI	0	0	1	Sí	<ninguno>	<ninguno>			Only right part
①	PARTINPOS	DI	0	0	1	Sí	<ninguno>	<ninguno>	32		Part in paint positioning
①	PARTEVACUATED	DI	0	0	1	Sí	<ninguno>	<ninguno>			Parts out of painting area
①	Left_part	DI	0	0	1	Sí	<ninguno>	<ninguno>			Left part selected
①	TWO_partsin	DI	0	0	1	Sí	<ninguno>	<ninguno>			Two support selected
①	new_right	DO	0	0	1	Sí	<ninguno>	<ninguno>			
①	NEWPART	DO	0	0	1	Sí	<ninguno>	<ninguno>			New part required
①	PAINT	DO	0	0	1	Sí	<ninguno>	<ninguno>			Paint the part
①	Paintingfinished	DO	0	0	1	Sí	<ninguno>	<ninguno>			Part painted continue to evacuation
①	two_parts	DO	0	0	1	Sí	<ninguno>	<ninguno>			
①	right	DO	0	0	1	Sí	<ninguno>	<ninguno>			
①	left	DO	0	0	1	Sí	<ninguno>	<ninguno>			
①	ROTATE	DO	0	0	1	Sí	<ninguno>	<ninguno>	11		Rotate the parts 180 degrees
①	ROTATE_LEFT	DO	0	0	1	Sí	<ninguno>	<ninguno>			Rotate left part
①	ROTATE_RIGHT	DO	0	0	1	Sí	<ninguno>	<ninguno>			Rotate right part
①	FINISHED	DO	0	0	1	Sí	<ninguno>	<ninguno>	12		Cycle painting finished
①	New_left	DO	0	0	1	Sí	<ninguno>	<ninguno>			

Figura 4. 56 Entradas salidas del sistema

A continuación se detalla lo que se hace con cada una de las entradas digitales.

- END: se activa cuando el soporte ha sido evacuado de la célula.
- ROTATION END: se activa cuando ha finalizado el giro del soporte.
- Right_part: se activa cuando seleccionamos la opción de pintar derecha
- PARTINPOS: se activa cuando el soporte llega a la zona de pintura

- PARTEVACUATED: se activa cuando la pieza ha sido evacuada
- Left_part: se activa cuando seleccionamos la opción de pintar izquierda
- Two_partsin: se activa cuando seleccionamos la opción de pintar derecha

Se continúa detallando que hace cada una de las salidas digitales que se han programado

- New_righ: la utilizamos para crear una copia de la pieza derecha
- New_part: la utilizamos para crear una copia del soporte con dos piezas
- Paintingfinished: la utilizamos para indicar que hemos finalizado el proceso de pintura y poder evacuar la pieza
- Two_parts: la utilizamos para activar los componentes inteligentes de las dos piezas
- Right: la utilizamos para activar los componentes inteligentes de derecha
- Left: la utilizamos para activar los componentes inteligentes de izquierda
- ROTATE: lo utilizamos para el componente inteligente de girar dos piezas
- ROTATE_LEFT: lo utilizamos para el componente inteligente de girar izquierda
- ROTATE_RIGHT: lo utilizamos para el componente inteligente de girar derecha.
- FINISHED: lo utilizamos para indicar que ha terminado el ciclo
- New_left: lo utilizamos para crear una copia de la pieza derecha.

4.10 CÓDIGO RAPID

En el ANEXO 1 CAPITULO 11, se mostrará el código completo de la aplicación virtual realizada en RobotStudio.

Para crear el código RAPID del programa, se han utilizado las siguientes funciones [10]:

- Función Move: es la encargada de llevar el punto central de la herramienta (TCP) de un punto del plano a otro. Dentro de la función Move existes varias opciones dependiendo del tipo de trayectoria que queramos seguir a la hora de realizar este desplazamiento. Nosotros para nuestro programa hemos utilizados dos de ellas:
 - o MoveL, se utilizada cuando se desea que el desplazamiento del TCP sea de manera lineal hacia un punto determinado desde el punto de origen
 - o MoveJ, se utiliza cuando se quieren hacer movimientos rápidos del robot de un punto a otro cuando no necesitamos que estos sean rectos.

- WaitTime, esta función sirve para hacer que el programa se detenga durante el tiempo fijado por el programador.
- WAITROB \INPOS, esta función sirve para que el programa no se continúe ejecutando hasta que el robot no ha alcanzado la posición que se le ha indicado antes.
- SetDO, esta función sirve para poner valor a una salida digital en este caso. También puede utilizarse para salidas analógicas, simplemente se cambia la nomenclatura de la función por SetDI.
- Reset, esta función sirve para desactivar la señal que se desee.
- WaitDI, esta función sirve para detener el código hasta tener una entrada activa, en este caso una entrada digital

Para programar la simulación se ha estructurado el programa a través de un main que gobierna la referencia con la que se quiere trabajar y ejecuta la rutina de la referencia que ha sido seleccionada.

```
PROC main()
  WHILE 1=1 DO

    IF TWO_partsin=1 THEN twoparts;
    endif
    IF Left_part=1 THEN derecha;
    endif
    IF Right_part=1 THEN izquierda;
    endif

  ENDWHILE

ENDPROC
```

Las rutinas para el pintado de piezas, siguen la misma estructura para todas las referencias con las que se puede trabajar, por lo que sólo se detallará una de ellas, en este caso el de pintar dos piezas.

Cuando se entra en la rutina de pintar dos piezas lo primero que se realiza es activar la salida digital two_parts, esta señal lo que hace es activar el source para generar una copia de la pieza que queremos y posteriormente colocarla en la cola de objetos, que posteriormente activar el LinearMover para desplazarla hasta la posición de pintura. A continuación se realiza una pequeña espera de 0.2 sg y se hace que el robot se desplace a la posición Home.

Una vez alcanzada la posición de pintura se activará el sensor que hay colocado ahí y hará dos cosas, por un lado activará la señal de entrada digital de PARTINPOS y por otro lado detendrá el movimiento del LinearMover. En el momento en el que se activa la señal PARTINPOS y siempre y cuando el robot haya llegado a la posición home se comienza con la impregnación de la cara frontal de los dorman.

En el momento en el que el robot ha finalizado con el pintado frontal se activa la señal digital ROTATE, que lo que hará, será activar el componente inteligente girador, en este mismo momento se hace de nuevo una pequeña espera de 0.2sg y se resetea la señal.

A continuación se prepara al robot para la impregnación de la cara trasera de los dorman y se espera a la señal de confirmación de final de giro que se corresponde con la señal de entrada digital ROTATIONEND.

Cuando existe la confirmación de que el robot se encuentra en home, se comienza con la imprimación de la cara trasera, una vez finalizado de nuevo, se activa el giro de la pieza y se espera a que finalice el mismo para enviar la señal de que se puede evacuar la pieza, señal de salida digital Paintingfinished, el programa se queda esperando a recibir la señal de entrada digital PARTEVACUATED que es activada por el sensor que hay a la salida de la cabina, para indicar que el proceso ha finalizado.

En ese momento se activa la señal de FINISHED para que el QUEUE elimine ese soporte y se solicita soporte nuevo mediante la señal NEWPART

```
PROC twoparts()  
  SetDO two_parts,1;  
  WaitTime 0.2;  
  MoveJ HOME,v1000,z100,Robot_gun\WObj:=Workobject_1;  
  Waitrob \InPos;  
  WaitDI PARTINPOS,1;  
  reset NEWPART;  
  MoveJ Target_130,v500,z100,Robot_gun\WObj:=Workobject_1;  
  MoveJ Target_140,v500,z100,Robot_gun\WObj:=Workobject_1;  
  MoveJ Target_150,v500,z100,Robot_gun\WObj:=Workobject_1;  
  MoveJ Target_160,v500,z100,Robot_gun\WObj:=Workobject_1;
```

```
MoveJ Target_170,v500,z100,Robot_gun\WObj:=Workobject_1;  
MoveJ Target_180,v500,z100,Robot_gun\WObj:=Workobject_1;  
MoveJ Target_210,v500,z100,Robot_gun\WObj:=Workobject_1;  
MoveJ Target_220,v500,z100,Robot_gun\WObj:=Workobject_1;  
MoveJ Target_230,v500,z100,Robot_gun\WObj:=Workobject_1;  
MoveJ Target_240,v500,z100,Robot_gun\WObj:=Workobject_1;
```

```
WAITROB \INPOS;  
SetDO ROTATE,1;  
WaitTime 0.2;  
Reset ROTATE;  
MoveJ HOME,v1000,z100,Robot_gun\WObj:=Workobject_1;  
Waitrob \InPos;  
WaitDI ROTATIONEND,1;  
MoveJ Target_130,v500,z100,Robot_gun\WObj:=Workobject_1;  
MoveJ Target_140,v500,z100,Robot_gun\WObj:=Workobject_1;  
MoveJ Target_150,v500,z100,Robot_gun\WObj:=Workobject_1;  
MoveJ Target_160,v500,z100,Robot_gun\WObj:=Workobject_1;  
MoveJ Target_170,v500,z100,Robot_gun\WObj:=Workobject_1;  
MoveJ Target_180,v500,z100,Robot_gun\WObj:=Workobject_1;  
MoveJ Target_210,v500,z100,Robot_gun\WObj:=Workobject_1;  
MoveJ Target_220,v500,z100,Robot_gun\WObj:=Workobject_1;  
MoveJ Target_230,v500,z100,Robot_gun\WObj:=Workobject_1;  
MoveJ Target_240,v500,z100,Robot_gun\WObj:=Workobject_1;
```

```
WAITROB \INPOS;  
SetDO ROTATE,1;  
WaitTime 0.2;  
Reset ROTATE;  
WaitDI ROTATIONEND,1;  
SetDO Paintingfinished,1;  
WaitTime 0.2;  
Reset Paintingfinished;  
WaitDI PARTEVACUATED,1;  
SetDO FINISHED,1;  
WaitTime 0.2;  
Reset FINISHED;  
SetDO NEWPART,1;  
WaitTime 0.2;  
Reset two_parts;
```

```
ENDPROC
```

4.11 SIMULACIÓN

El modo de funcionamiento de la simulación es muy sencillo en las señales de la estación, existe la opción de ir seleccionando la receta con la que se quiere trabajar:

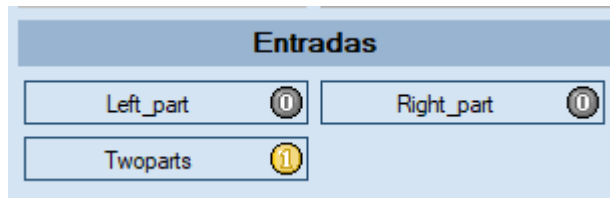


Figura 4. 57 Señales entrada estación

En caso de seleccionar Twoparts hará que la impregnación se realice tanto con derechas como con izquierdas, si seleccionamos Left_part se trabajará solamente con piezas izquierdas y en caso de activar right_part se trabajará solamente con piezas derechas. En el momento en el que se inicie la simulación se seguirá la siguiente secuencia que es la misma para cada una de las tres recetas:

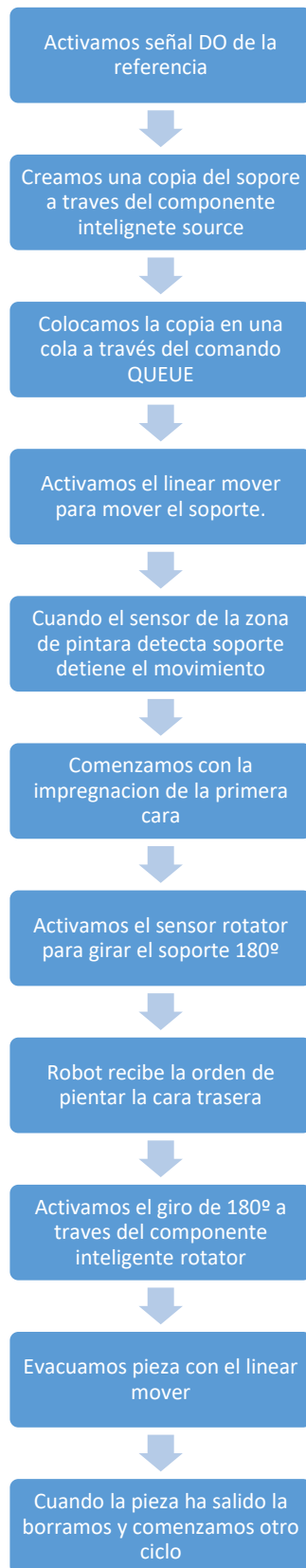


Figura 4. 58 Diagrama ejecución pintado de soporte dos piezas

CAPÍTULO 5

IMPLEMENTACIÓN DE CELDAS DE IMPREGNACIÓN EN EL LABORATORIO

5. IMPLEMENTACIÓN DE CELDA DE IMPREGNACIÓN EN EL LABORATORIO.

5.1 INTRODUCCIÓN

Se va a realizar la implementación de la celda de impregnación sobre un sistema real en el laboratorio utilizando un IRB120 y todos los componentes disponibles para dicha implementación.

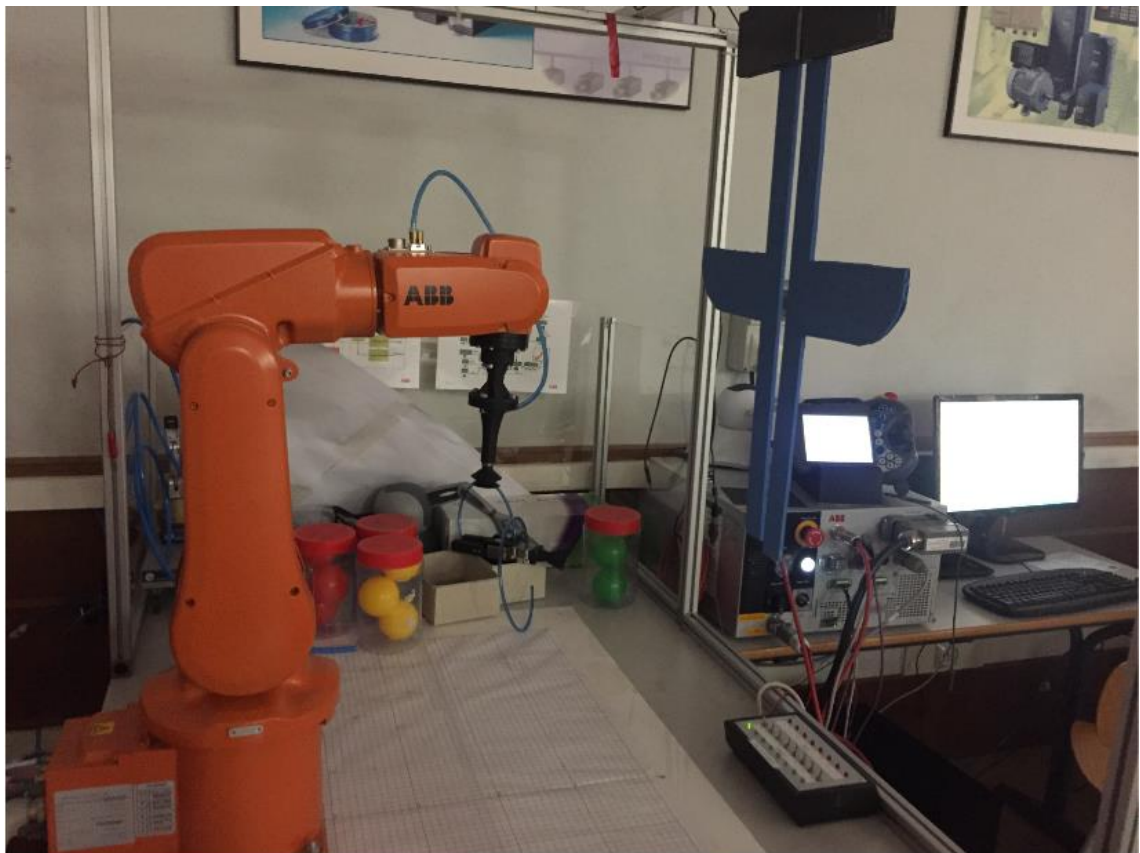


Figura 5. 1 Vista general implementación célula impregnación en el laboratorio

El sistema implementado en el laboratorio consta de los siguientes componentes:

- Robot IRB-120
- Sistema de guiado
- Sistema de giro
- Soporte con piezas

5.2 COMPONENTES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA CELDA DE IMPREGNACIÓN

El proyecto consiste en la impregnación de unos dorman que posteriormente se unirán al cristal mediante un proceso de inyección para conformar el encapsulado de un vehículo.

Para este proceso de impregnación se va a detallar a continuación las piezas necesarias para llevar a cabo este proceso.

Para la recreación ha sido necesario realizar tres tipos de soportes uno por cada una de las referencias con las que puede trabajar nuestro programa.

El primero de ellos es el soporte con pieza derecha e izquierda



Figura 5. 2 Soporte dos piezas vista frontal

El segundo de ellos es el soporte con pieza derecha

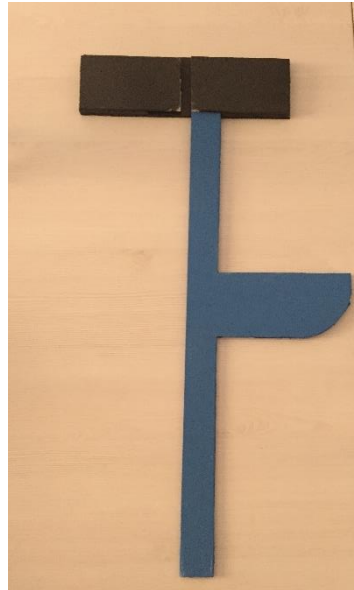


Figura 5. 3 Soporte pieza derecha vista frontal

Y el tercero de ellos es el soporte con la pieza izquierda



Figura 5. 4 Soporte pieza izquierda vista frontal

Para poder realizar el giro del soporte en el laboratorio hemos creado un girador que se puede acoplar a los soportes y que nos sirve para sostenerlo sobre el sistema de transporte.

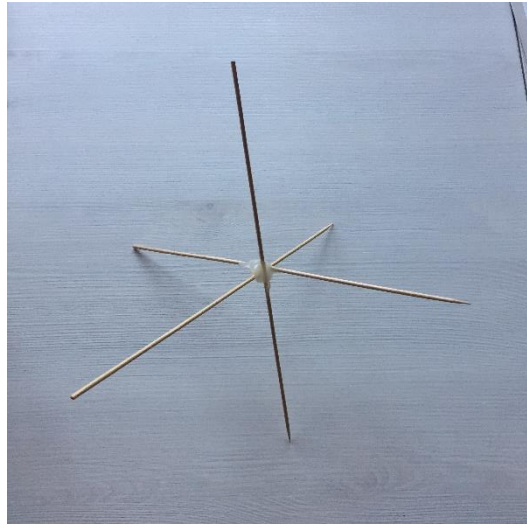


Figura 5. 5 Girador de soportes

Para el sistema de transporte se han creado dos piezas en forma de U para ponerlas una paralela a la otra y de este modo poder guiar el soporte con las piezas.



Figura 5. 6 Sistema transporte

5.3 FABRICACIÓN DE ELEMENTOS UTILIZADOS EN LAS PRUBAS DE LABORATORIO

Todos los elementos citados en el apartado anterior, son necesarios para hacer las pruebas de laboratorio se han confeccionado de la siguiente manera.

5.3.1 SOPORTE CON PIEZAS

Los soportes y las piezas han sido creados de manera independiente y posteriormente se han unido. Para la creación de ambos se han utilizado planchas de cartón pluma de 5 mm de espesor. Se ha elegido este material ya que se trata de un material liviano y fácil de cortar, que además tiene la rigidez suficiente que se necesitaba para las piezas. El cartón pluma consiste en un tablero de espuma de poli estireno revestido con una cara exterior de papel a cada lado.

Para la fabricación de las piezas simplemente se ha dibujado sobre el cartón pluma la silueta y se ha recortado mediante un cúter:



Figura 5. 7 Dorman

Para fabricar los soportes sobre los que van las piezas ha sido necesario realizar diferentes piezas:

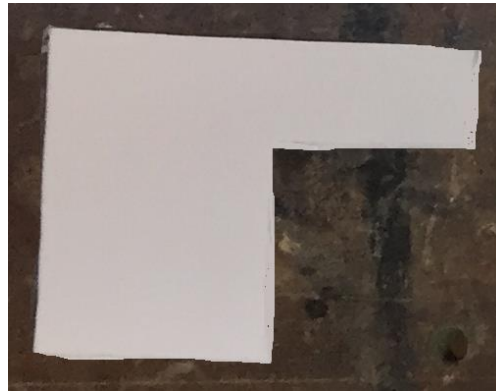


Figura 5. 8 Pieza soporte 1

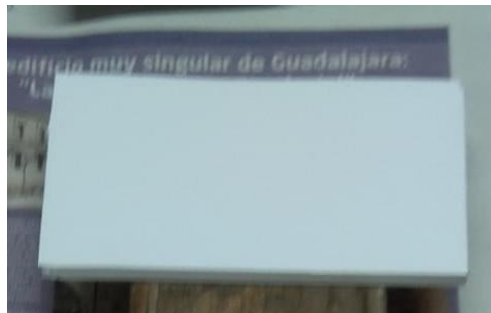


Figura 5. 9 Pieza soporte 2



Figura 5. 10 Pieza soporte 3

Posteriormente se han ensamblado unas con otras.

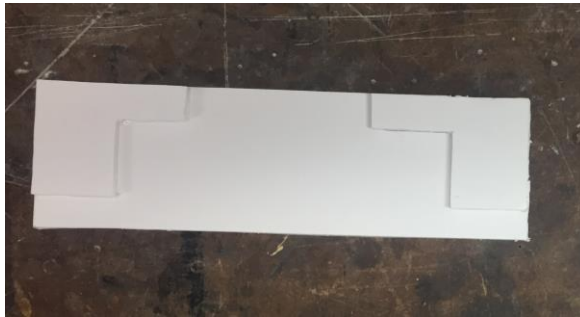


Figura 5. 11 Soporte ensamblado

A continuación se han pintados todas las piezas con un adhesivo específico para este tipo de papel y se han pintado para darle un acabado más real.



Figura 5. 12 Soportes pintados



Figura 5. 13 Piezas pintadas

El resultado de la unión de todas ellas es el mostrado a continuación.



Figura 5. 14 Soporte con piezas ensamblado

5.3.2 GIRADOR DE PIEZAS

Para hacer el girador se han utilizado dos varillas de madera con punta en uno de los extremos para poder unirlo al soporte de piezas y que quede enganchado a la espuma, se ha puesto la siguiente disposición para que no se caiga del transporte que se ha creado

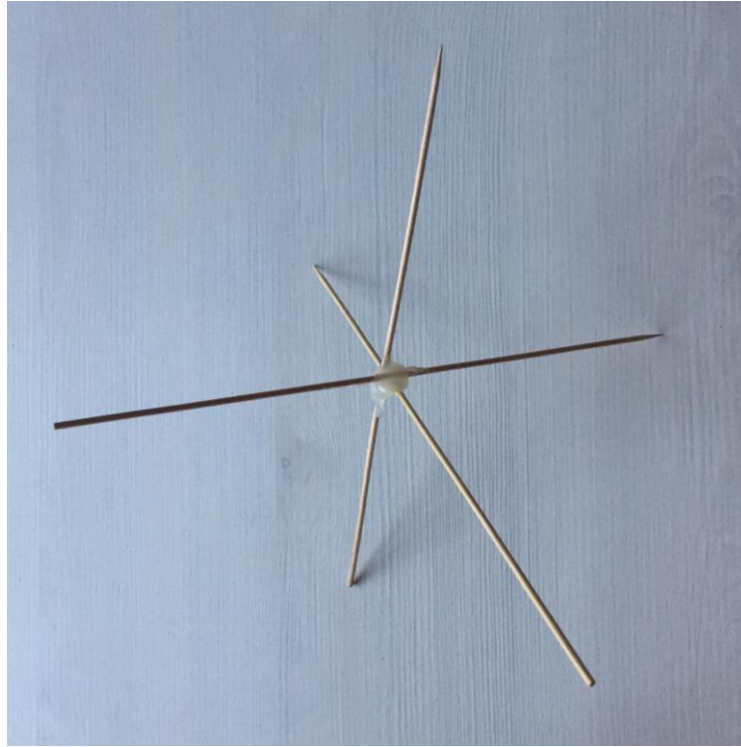


Figura 5. 15 Girador de soportes

5.3.3 SISTEMA DE TRANSPORTE

Para crear el sistema de transporte en realidad se ha creado un soporte para poder sujetar los soportes con las piezas y hacer que no se caigan en el giro. Para ello se han utilizado unos listones de madera de cuadradillo que se han unido entre ellos para conformar dos U y colocar una paralela a la otra, de tal modo que se puede desplazar el soporte con las piezas y girarlas sin que se caigan.

Para ellos se han cortado 6 listones, 2 de ellos de una medida de 1200mm y 4 con una medida de 1000mm



Figura 5. 16 Piezas sistema de transporte

Posteriormente se han pintado los listones de madera y se han unido en forma de U.



Figura 5. 17 Piezas sistema de transporte pintadas



Figura 5. 18 Sistema de transporte ensamblado

Una vez colocado todo en el laboratorio, el resultado es el mostrado a continuación.

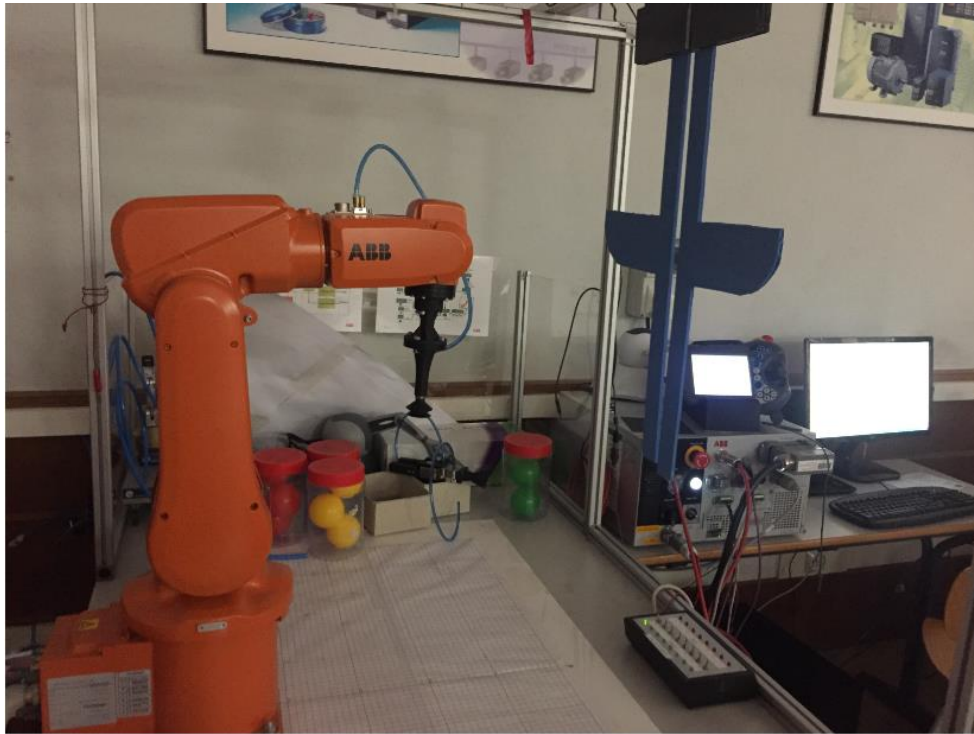


Figura 5. 19 Célula de impregnación laboratorio

5.4 FUNCIONES DE LA APLICACIÓN

Para la simulación en el laboratorio se usará la siguiente consola de interruptores para activar o desactivar las entradas de la tarjeta de entradas digitales del IRB-120, los led verdes se encenderán cuando la entrada correspondiente esté activada, lo mismo ocurrirá con los led rojos, estos se encenderán cuando la salida digital esté activa.



Figura 5. 20 Consola entradas salidas robot

El programa se ejecutará mientras la entrada digital DI10_8 esté activa. En el caso de pintar el soporte con dos piezas se debe tener activa la entrada digital DI10_5, para sólo derecha la entrada DI10_1 y para sólo izquierda la DI10_2, para cualquiera de los tres programas se tendrá la misma entrada para conocer que el robot está en la posición de pintura será la entrada DI10_3. Mediante la salida DO10_1 se nos indicará que el soporte está listo para girar de tal modo que se activará la señal de entrada DI10_4, cuando haya finalizado con el giro del soporte para que el robot continúe.

5.5 IMPLEMENTACIÓN DEL CÓDIGO EN EL IRB 120

Para la implementación del código con el IRB-120 se ha utilizado la consola FlexPendant y la aplicación de RobotStudio, la primera de ellas se ha utilizado para la creación de los puntos de las trayectorias del robot, y la segunda de ellas para cargar sobre el robot el código del programa.

Lo primero que se ha hecho ha sido cargar a la controladora el programa que ya estaba creado y posteriormente a través del FlexPendant se ha hecho el ajuste de los puntos

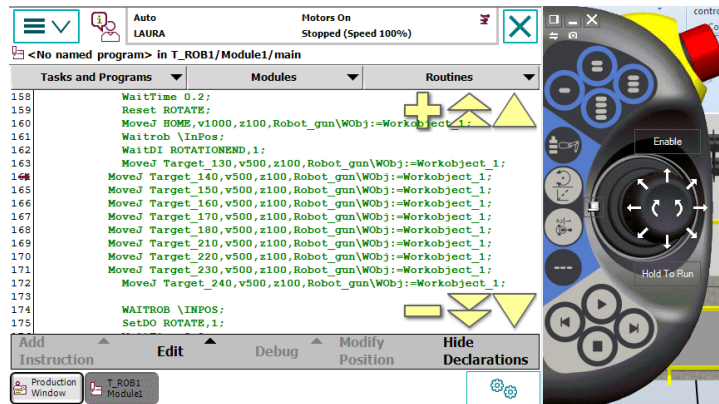


Figura 5. 21 Simulación FlexPendant

CAPÍTULO 6

PRESUPUESTO

6. PRESUPUESTO

6.1 Costes materiales

En este apartado se detallan los costes materiales de la aplicación real.

Cantidad	Denominación	Precio unidad (€)	Precio total(€)
1	Robot ABB IRB-120 con armario de control IRC5	14.500	14.500
1	Peana de robot	600	600
1	Pistola	840	840
1	Soporte pistola	200	200
1	Sistema transporte	3000	3000
1	Cerramiento célula	2000	2000
1	Giradores	1000	1000
2	Detectores	200	400
		Sumatorio	22.540
		IVA 21%	4.733,40
		TOTAL	27.273,40

Tabla 1.1 Costes materiales

6.2 Costes mano de obra

En este apartado vamos a detallar los costes profesionales de la aplicación real.

Tiempo (meses)	Denominación	Precio mes (€)	Precio total(€)
3	Ingeniería	1.800	5.400
1	Escritura y certificación	1.600	1.600
1	Montaje y puesta en marcha	4.000	4.000
		Sumatorio	11.000
		IVA 21%	2.310
		TOTAL	13.310

Tabla 1. 1 Costes profesionales

6.3 Costes totales

En este apartado se detallan los costes totales del proyecto

Denominación	Precio (€)
COSTES MATERIALES	27.273,40
COSTES PROFESIONALES	13.310
PRECIO TOTAL	40.583,40

Tabla 1. 2 Costes totales IVA incluido

CAPÍTULO 7

PLANOS

7. PLANOS

En este capítulo se detallarán las medidas de cada uno de los componentes diseñados para la simulación virtual.

7.1 PEANA DE ROBOT

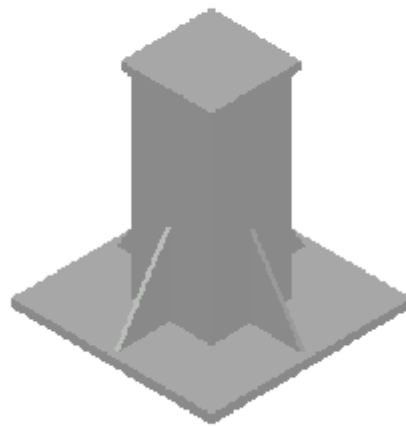


Figura 7. 1 Vista isométrica peana

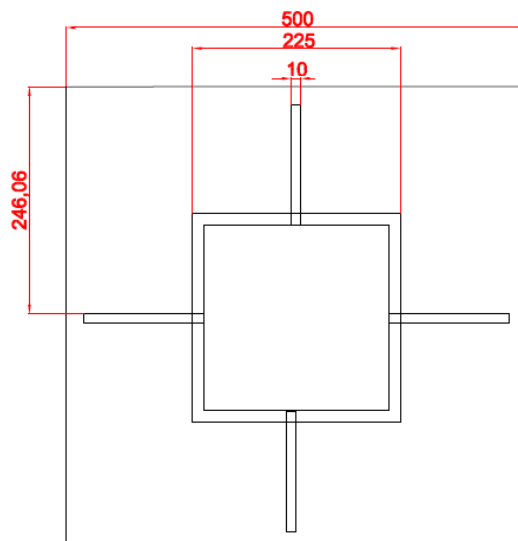


Figura 7. 2 Planta de la peana

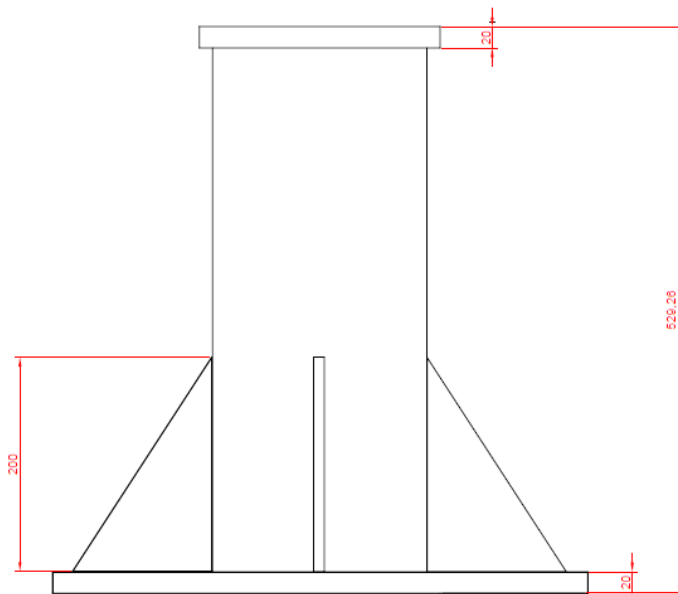


Figura 7. 3 Frontal de la peana

7.2 SOPORTE PISTOLA

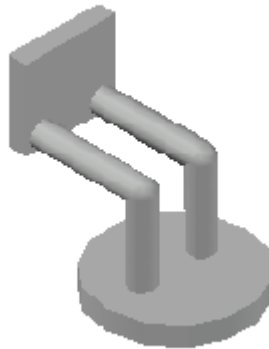


Figura 7. 4 Vista isométrica soporte pistola

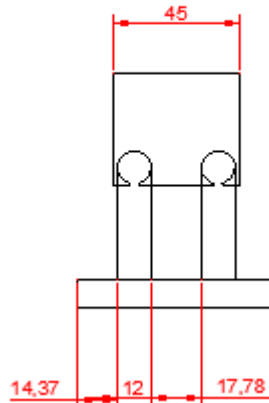


Figura 7. 5 Vista frontal soporte pistola

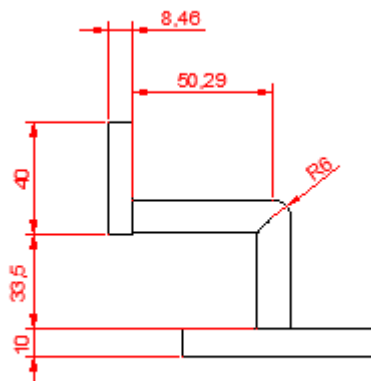


Figura 7. 6 Vista lateral soporte pistola

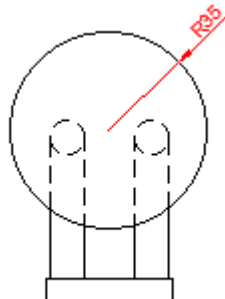


Figura 7. 7 Planta del soporte de la pistola

7.3 SOPORTE CON PIEZAS



Figura 7. 8 Vista isométrica soporte con piezas

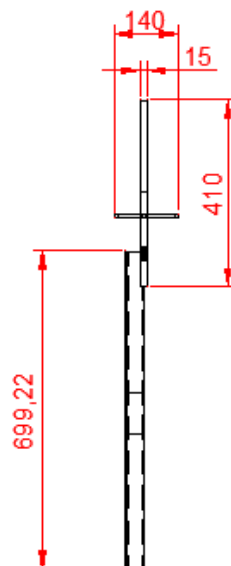


Figura 7. 9 Vista lateral soporte con piezas

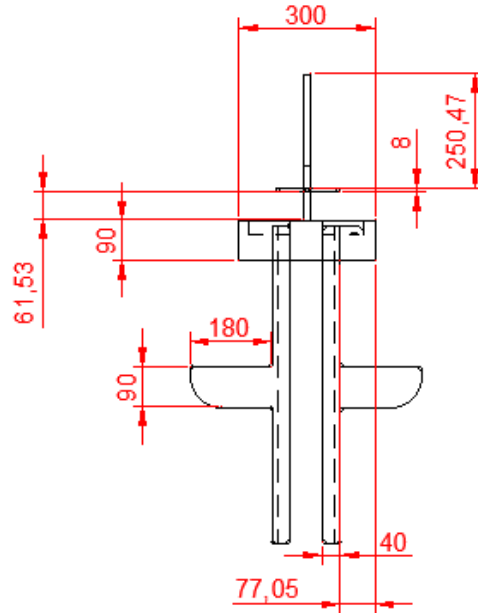


Figura 7. 10 Vista frontal soporte con piezas

CAPÍTULO 8

MANUAL DE USUARIO

8. MANUAL DE USUARIO

8.1 Simulación en RobotStudio

Los pasos a seguir para poner en marcha la simulación son los detallados a continuación.

- 1) Abrir la estación en RobotStudio
- 2) Ir a la pestaña simulación y pulsar Simulador de E/S para posteriormente seleccionar Señales de estación.

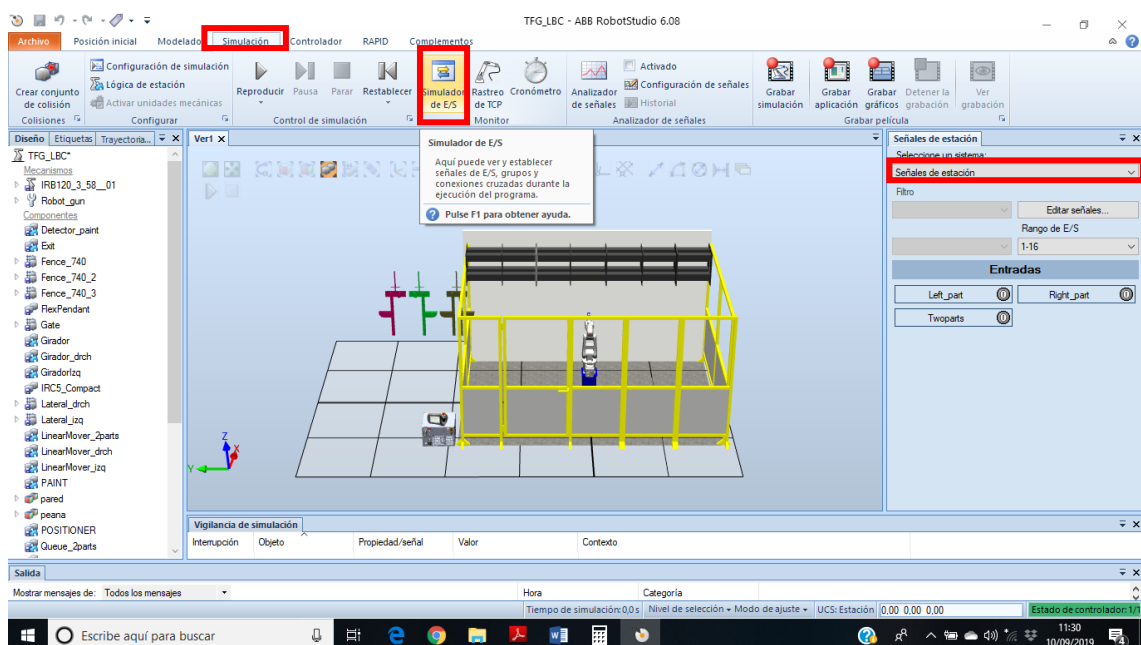


Figura 8. 1 Simulación, simulación de E/S

- 3) Seleccionar la referencia con la que se quiere trabajar y darle a reproducir

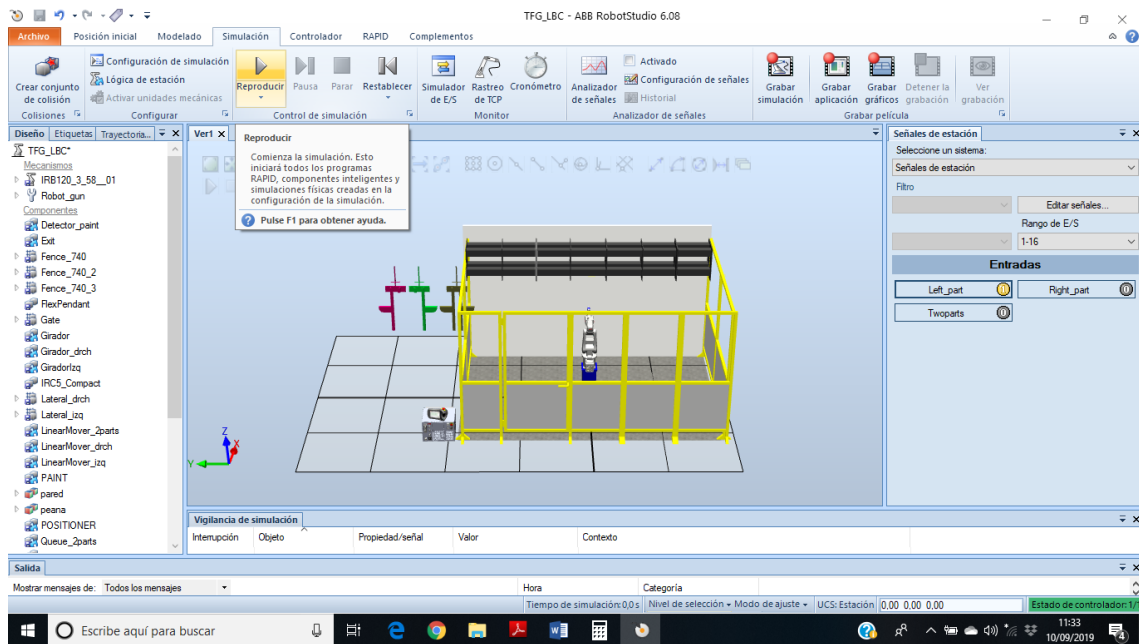


Figura 8. 2 Simulación, reproducir

En el momento en el que se quiera cambiar de referencia simplemente habrá que deseleccionar la referencia actual y seleccionar la nueva referencia dentro de las señales de la estación.

8.2 Simulación en laboratorio usando IRB 120

Para hacer funcionar la aplicación habrá que seguir los siguientes pasos:

- 1) Encender el armario de control ICR5 M2004 , activando el interruptor que se encuentra en el armario de control y esperar a que se cargue la consola FlexPendant

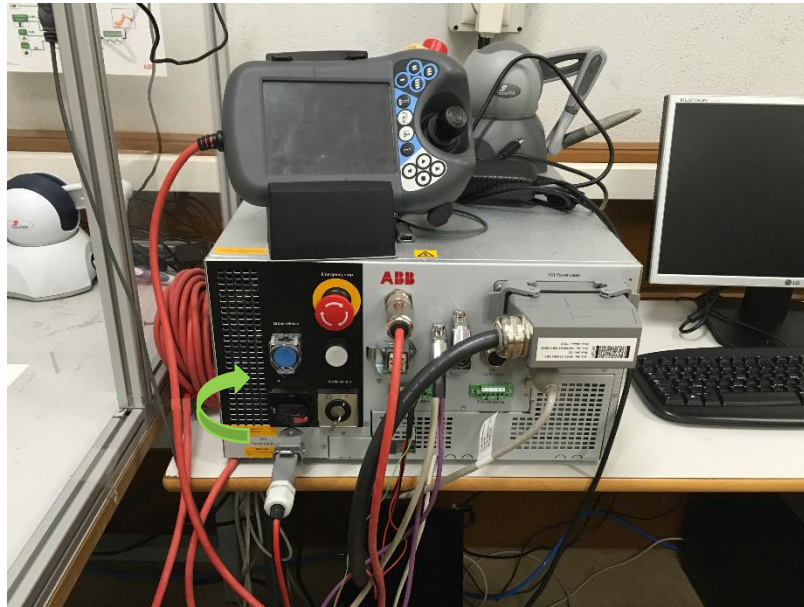


Figura 8. 3 Interruptor controlador ICR5

2) Abrir el editor de programas

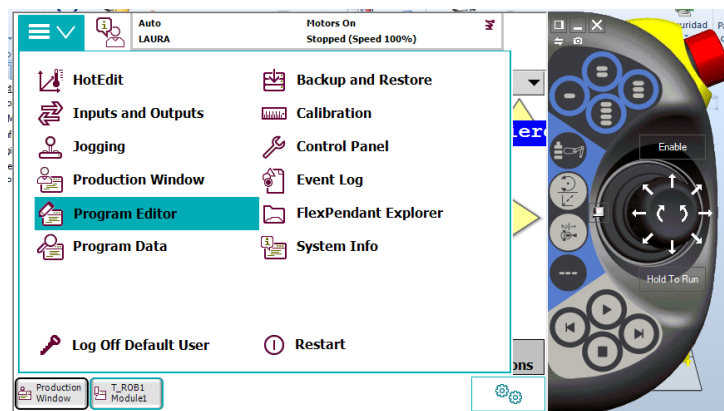


Figura 8. 4 Editor programas FlexPendant

3) Tareas y programas

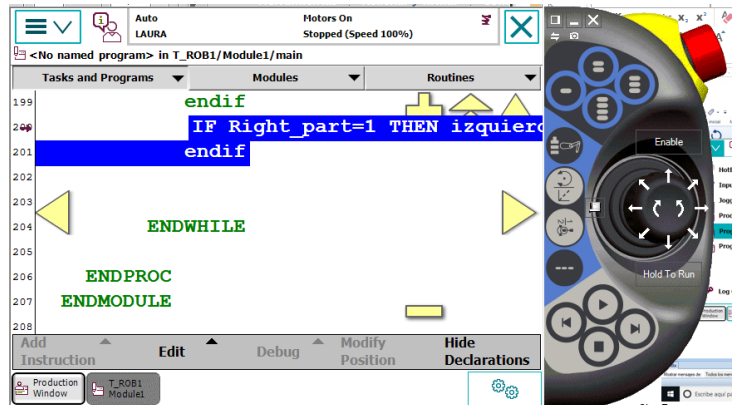


Figura 8. 5 Tareas y programas FlexPendant

4) Cargar programa

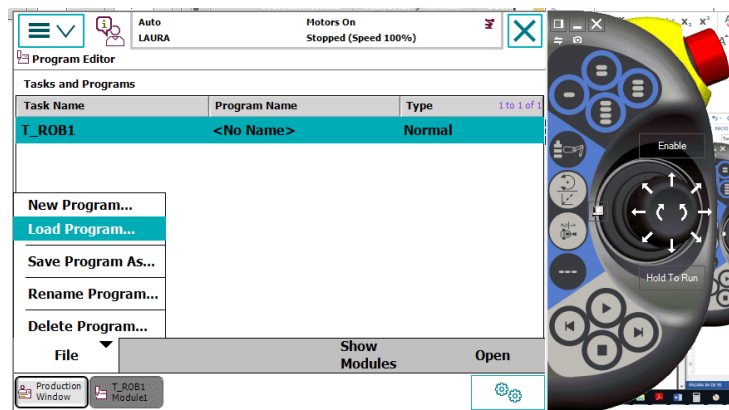


Figura 8. 6 Cargar programa FlexPendant

5) Poner el robot en modo automático.

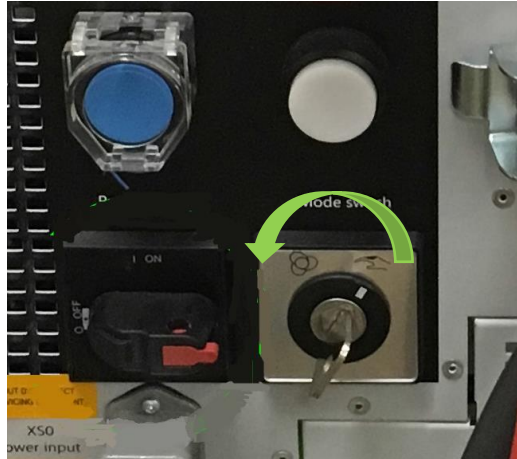


Figura 8. 7 Armario control robot en modo automático

6) Validar mensaje en pantalla

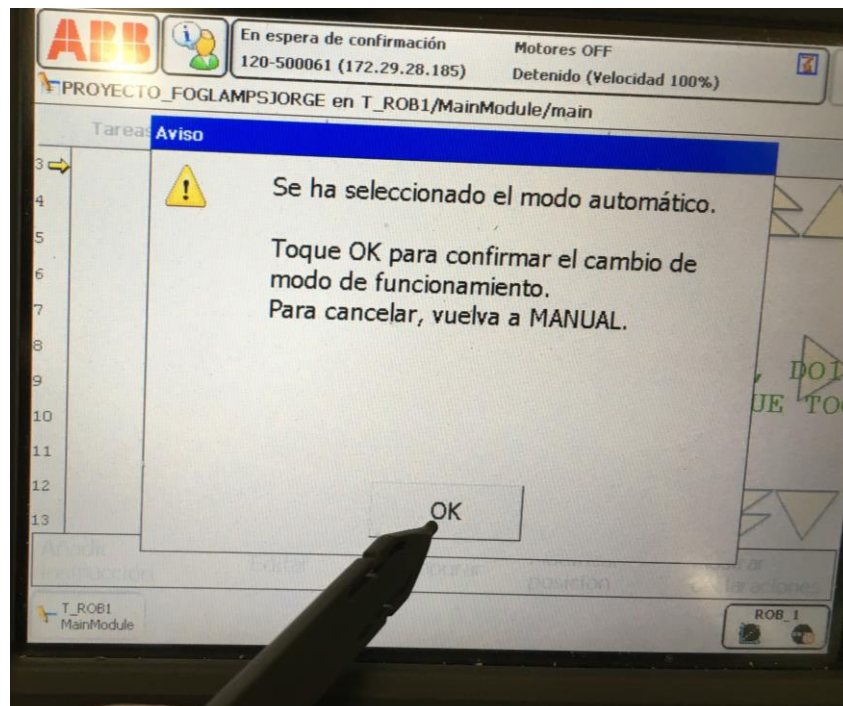


Figura 8. 8 Mensaje confirmación cambio a modo automático

7) Llevar PP a Main y confirmar

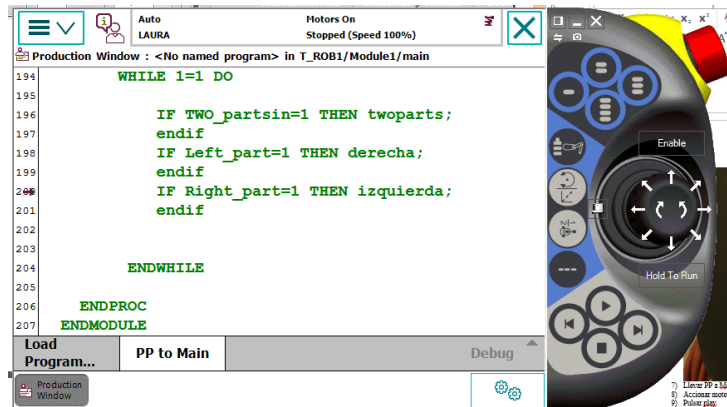


Figura 8. 9 Llevar PP a Main

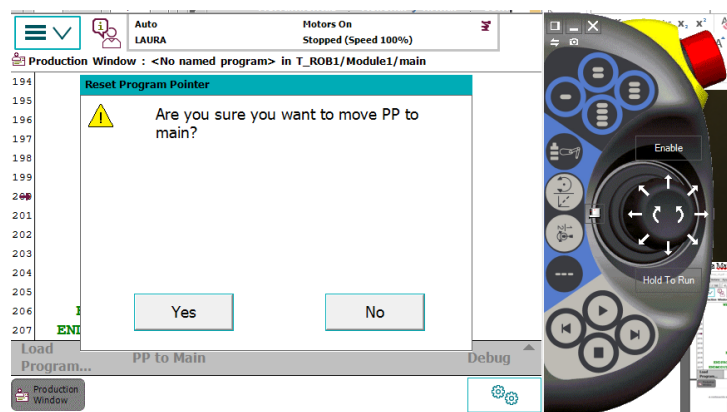


Figura 8. 10 Confirmación mover PP a Main

8) Accionar motores

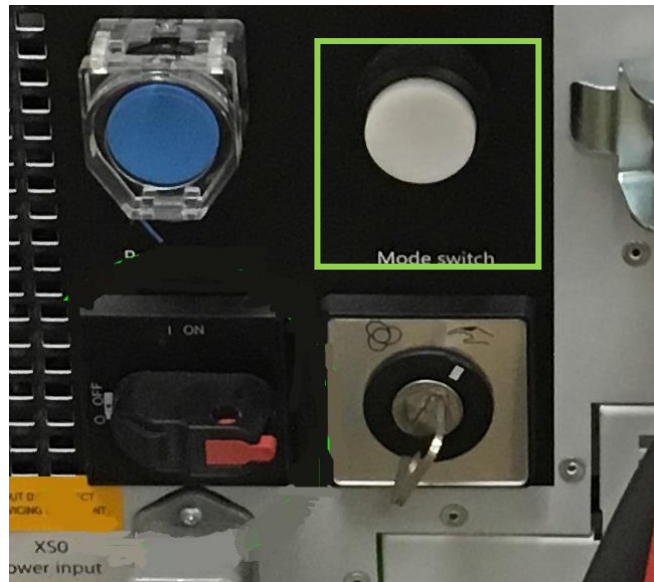


Figura 8. 11 Accionar motores

9) Pulsar play



Figura 8. 12 Pulsar play para ejecutar programa

10) Seleccionar la DI10_8



Figura 8. 13 Seleccionar entrada para que el programa ejecute

11) Seleccionar entrada de la receta con la que se desee trabajar.

CAPÍTULO 9

PLIEGO DE CONDICIONES

9. PLIEGO DE CONDICIONES

En este capítulo se detallan las características de las herramientas hardware y software utilizadas.

9.1 HARDWARE

1. Ordenador portatil HP

- Procesador Intel® Core™ i 5-3337U CPU @ 1.80GHz
- Memoria RAM 6,00GB
- Tarjeta Gráfica: Intel® HD Graphics 4000

2. Robot Industrial ABB IRB-120

- Peso: 25kg
- Altura: 580mm
- Carga Soportada: 3kg (hasta 4kg con muñeca vertical)
- Controlador: ICR5 Compact

9.2 SOFTWARE

1. Windows 10
2. ABB RobotStudio
3. AutoCAD 2019
4. Microsoft Word 2013

CAPÍTULO 10

BIBLIOGRAFÍA

10. BIBLIOGRAFÍA

- [1] <https://www.autofacil.es/industria/2018/11/15/industria-automovil-espana-futuro-riesgo/47330.html>
- [2] <https://historia-biografia.com/historia-del-automovil/>
- [3] <http://www.circulaseguro.com/que-son-las-lunas-o-cristales-del-vehiculo/>
- [4] <https://www.pruebaderuta.com/vidrios-en-el-automovil-tipos-caracteristicas-y-denominacion.php>
- [5] <https://es.wikipedia.org/wiki/AutoCAD>
- [6] <https://es.wikipedia.org/wiki/ABB>
- [7] <https://new.abb.com/products/robotics/es/robotstudio>
- [8] <https://new.abb.com/products/robotics/es/robots-industriales/irb-120>
- [9] Transparencias asignatura Sistemas Robotizados, UAH
- [10] Manual de operador. Introducción a RAPID. ABB

CAPÍTULO 11

ANEXOS

11.ANEXOS

ANEXO I

CÓDIGO RAPID DE ROBOTSTUDIO

MODULE Module1

```

CONST robtarget
HOME:=[[505,2.5,707],[0.703472491,0,0.710722487,0],[0,0,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+0
9,9E+09,9E+09]];
CONST robtarget
Target_240:=[[530,52,620],[0.486047994,0.508557581,0.491057162,0.513798986],[0,-
2,2,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
CONST robtarget Target_200:=[[530,-
64,510],[0.703472621,0.000000032,0.710722359,0.000000016],[-1,1,-
2,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
CONST robtarget Target_190:=[[530,-
64,631],[0.703472593,0.000000003,0.710722387,0.000000007],[-1,1,-
2,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
CONST robtarget Target_140:=[[530,-
14,657],[0.703472482,0.000000027,0.710722497,0.000000024],[-1,-
1,0,1],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
CONST robtarget
Target_230:=[[530,52,238],[0.486048046,0.508557552,0.491057182,0.513798947],[0,-
2,2,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
CONST robtarget Target_170:=[[530,-
14,620],[0.703472598,0.000000038,0.710722382,0.000000012],[-1,-
1,0,1],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
CONST robtarget Target_130:=[[530,-
270,657],[0.703472484,0.000000019,0.710722494,0.000000023],[-1,1,-
2,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
CONST robtarget Target_220:=[[530,-60,271],[0.502265777,-0.492547253,0.507441951,-
0.497623311],[-1,1,-3,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
CONST robtarget Target_210:=[[530,-60,620],[0.502265795,-0.492547222,0.507441988,-
0.497623287],[-1,1,-3,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
CONST robtarget Target_150:=[[530,233,657],[0.703472615,-0.000000052,0.710722365,-
0.000000086],[0,-2,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
CONST robtarget Target_160:=[[530,233,620],[0.703472615,-0.000000052,0.710722365,-
0.000000086],[0,-2,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
CONST robtarget Target_180:=[[530,-
270,620],[0.703472598,0.000000038,0.710722382,0.000000012],[-1,1,-
2,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
CONST robtarget pto_colision:=[[830,-
270,620],[0.703472598,0.000000038,0.710722382,0.000000012],[-1,1,-
2,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

```



```

!*****
!
! Módulo: TFG LBC
!
! Descripción:
! TFG GRADO EN INGENIERIA EN ELECTRONICA Y AUTOMATICA INDUSTRIAL
!
! Autor: LAURA BARRAGAN CUADRADO
!
! Versión: 1.0
!
!*****

```

```

!*****
!
! Procedimiento Main
!
! Este es el punto de entrada de su programa
!
!*****

```

PROC izquierda()

!!

! SOLO IZQUIERDA !

!!

```

SetDO left,1;
WaitTime 0.2;
MoveJ HOME,v1000,z100,Robot_gun\WObj:=Workobject_1;
Waitrob \InPos;
WaitDI PARTINPOS,1;
reset New_left;
    MoveJ Target_140,v500,z100,Robot_gun\WObj:=Workobject_1;
    MoveJ Target_150,v500,z100,Robot_gun\WObj:=Workobject_1;
    MoveJ Target_160,v500,z100,Robot_gun\WObj:=Workobject_1;
    MoveJ Target_170,v500,z100,Robot_gun\WObj:=Workobject_1;
    MoveJ Target_230,v500,z100,Robot_gun\WObj:=Workobject_1;
MoveJ Target_240,v500,z100,Robot_gun\WObj:=Workobject_1;

WAITROB \INPOS;
SetDO ROTATE_LEFT,1;
WaitTime 0.2;
Reset ROTATE_LEFT;
MoveJ HOME,v1000,z100,Robot_gun\WObj:=Workobject_1;
Waitrob \InPos;

```

```

WaitDI ROTATIONEND,1;
MoveJ Target_130,v500,z100,Robot_gun\WObj:=Workobject_1;
  MoveJ Target_140,v500,z100,Robot_gun\WObj:=Workobject_1;
  MoveJ Target_170,v500,z100,Robot_gun\WObj:=Workobject_1;
  MoveJ Target_180,v500,z100,Robot_gun\WObj:=Workobject_1;
  MoveJ Target_210,v500,z100,Robot_gun\WObj:=Workobject_1;
  MoveJ Target_220,v500,z100,Robot_gun\WObj:=Workobject_1;

```

```

WAITROB \INPOS;
SetDO ROTATE_LEFT,1;
WaitTime 0.2;
Reset ROTATE_LEFT;
WaitDI ROTATIONEND,1;
SetDO Paintingfinished,1;
WaitTime 0.2;
Reset Paintingfinished;
WaitDI PARTEVACUATED,1;
SetDO FINISHED,1;
WaitTime 0.2;
Reset FINISHED;
SetDO New_left,1;
WaitTime 0.2;
Reset left;
ENDPROC
PROC derecha()

```

```

!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!
!           SOLO DERECHA           !
!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!

```

```

SetDO right,1;
WaitTime 0.2;
MoveJ HOME,v1000,z100,Robot_gun\WObj:=Workobject_1;
Waitrob \InPos;
WaitDI PARTINPOS,1;
reset new_right;
MoveJ Target_130,v500,z100,Robot_gun\WObj:=Workobject_1;
  MoveJ Target_140,v500,z100,Robot_gun\WObj:=Workobject_1;
  MoveJ Target_170,v500,z100,Robot_gun\WObj:=Workobject_1;
  MoveJ Target_180,v500,z100,Robot_gun\WObj:=Workobject_1;
  MoveJ Target_210,v500,z100,Robot_gun\WObj:=Workobject_1;
  MoveJ Target_220,v500,z100,Robot_gun\WObj:=Workobject_1;

```

```

WAITROB \INPOS;
SetDO ROTATE_RIGHT,1;
WaitTime 0.2;
Reset ROTATE_RIGHT;
MoveJ HOME,v1000,z100,Robot_gun\WObj:=Workobject_1;

```

```
Waitrob \InPos;
WaitDI ROTATIONEND,1;
```

```
MoveJ Target_140,v500,z100,Robot_gun\WObj:=Workobject_1;
  MoveJ Target_150,v500,z100,Robot_gun\WObj:=Workobject_1;
  MoveJ Target_160,v500,z100,Robot_gun\WObj:=Workobject_1;
  MoveJ Target_170,v500,z100,Robot_gun\WObj:=Workobject_1;
  MoveJ Target_230,v500,z100,Robot_gun\WObj:=Workobject_1;
MoveJ Target_240,v500,z100,Robot_gun\WObj:=Workobject_1;
```

```
WAITROB \INPOS;
SetDO ROTATE_RIGHT,1;
WaitTime 0.2;
Reset ROTATE_RIGHT;
WaitDI ROTATIONEND,1;
SetDO Paintingfinished,1;
WaitTime 0.2;
Reset Paintingfinished;
WaitDI PARTEVACUATED,1;
SetDO FINISHED,1;
WaitTime 0.2;
Reset FINISHED;
SetDO new_right,1;
WaitTime 0.2;
Reset right;
```

ENDPROC

PROC twoparts()

```
SetDO two_parts,1;
WaitTime 0.2;
MoveJ HOME,v1000,z100,Robot_gun\WObj:=Workobject_1;
Waitrob \InPos;
WaitDI PARTINPOS,1;
reset NEWPART;
MoveJ Target_130,v500,z100,Robot_gun\WObj:=Workobject_1;
  MoveJ Target_140,v500,z100,Robot_gun\WObj:=Workobject_1;
  MoveJ Target_150,v500,z100,Robot_gun\WObj:=Workobject_1;
  MoveJ Target_160,v500,z100,Robot_gun\WObj:=Workobject_1;
  MoveJ Target_170,v500,z100,Robot_gun\WObj:=Workobject_1;
  MoveJ Target_180,v500,z100,Robot_gun\WObj:=Workobject_1;
  MoveJ Target_210,v500,z100,Robot_gun\WObj:=Workobject_1;
  MoveJ Target_220,v500,z100,Robot_gun\WObj:=Workobject_1;
  MoveJ Target_230,v500,z100,Robot_gun\WObj:=Workobject_1;
MoveJ Target_240,v500,z100,Robot_gun\WObj:=Workobject_1;
```

```
WAITROB \INPOS;
SetDO ROTATE,1;
```

```

WaitTime 0.2;
Reset ROTATE;
MoveJ HOME,v1000,z100,Robot_gun\WObj:=Workobject_1;
Waitrob \InPos;
WaitDI ROTATIONEND,1;
MoveJ Target_130,v500,z100,Robot_gun\WObj:=Workobject_1;
  MoveJ Target_140,v500,z100,Robot_gun\WObj:=Workobject_1;
  MoveJ Target_150,v500,z100,Robot_gun\WObj:=Workobject_1;
  MoveJ Target_160,v500,z100,Robot_gun\WObj:=Workobject_1;
  MoveJ Target_170,v500,z100,Robot_gun\WObj:=Workobject_1;
  MoveJ Target_180,v500,z100,Robot_gun\WObj:=Workobject_1;
  MoveJ Target_210,v500,z100,Robot_gun\WObj:=Workobject_1;
  MoveJ Target_220,v500,z100,Robot_gun\WObj:=Workobject_1;
  MoveJ Target_230,v500,z100,Robot_gun\WObj:=Workobject_1;
MoveJ Target_240,v500,z100,Robot_gun\WObj:=Workobject_1;

```

```

WAITROB \INPOS;
SetDO ROTATE,1;
WaitTime 0.2;
Reset ROTATE;
WaitDI ROTATIONEND,1;
SetDO Paintingfinished,1;
WaitTime 0.2;
Reset Paintingfinished;
WaitDI PARTEVACUATED,1;
SetDO FINISHED,1;
WaitTime 0.2;
Reset FINISHED;
SetDO NEWPART,1;
WaitTime 0.2;
Reset two_parts;

```

```

ENDPROC
PROC maintenance()

```

```

ENDPROC
PROC main()
  WHILE 1=1 DO

    IF TWO_partsin=1 THEN twoparts;
    endif
    IF Left_part=1 THEN derecha;
    endif
    IF Right_part=1 THEN izquierda;
    endif

  ENDWHILE

```

ENDPROC
ENDMODULE

ANEXO II

CÓDIGO RAPID DE LA PRUEBA EN EL LABORATORIO

MODULE MainModule

```

    CONST robtarget HOME:=[[283.93,13.23,573.88],[0.0208133,0.0301509,-
0.999329,0.000250683],[0,0,-1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
    CONST robtarget HOME2:=[[283.93,13.23,573.88],[0.0208133,0.0301509,-
0.999329,0.000250683],[0,0,-1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
    CONST robtarget Target_240:=[[357.08,-17.53,589.99],[0.443692,-0.558318,0.36572,-
0.598053],[-1,-1,-1,1],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
    CONST robtarget Target_200:=[[530,-
64,510],[0.703472621,0.000000032,0.710722359,0.000000016],[-1,1,-
2,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
    CONST robtarget Target_190:=[[530,-
64,631],[0.703472593,0.000000003,0.710722387,0.000000007],[-1,1,-
2,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
    CONST robtarget Target_140:=[[356.18,5.63,683.96],[0.443771,-0.558355,0.365683,-
0.597982],[0,-2,0,1],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
    CONST robtarget Target_230:=[[357.08,-17.53,273.51],[0.443694,-0.558303,0.365719,-
0.598066],[-1,-1,-2,1],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
    CONST robtarget Target_170:=[[357.14,14.27,551.66],[0.443791,-0.558285,0.365677,-
0.598037],[0,-1,-2,1],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
    CONST robtarget Target_130:=[[355.32,262.37,654.34],[0.443823,-0.558207,0.365668,-
0.598091],[0,0,-3,1],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
    CONST robtarget Target_220:=[[357.09,45.07,273.53],[0.443737,-0.558292,0.365674,-
0.598072],[0,0,-2,1],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
    CONST robtarget Target_210:=[[357.14,45.09,551.65],[0.443803,-0.55827,0.365644,-
0.598062],[0,0,-2,1],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
    CONST robtarget Target_150:=[[356.19,-233.24,683.98],[0.443766,-0.558309,0.3657,-
0.598018],[-1,-2,-1,1],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
    CONST robtarget Target_160:=[[356.19,-233.23,551.67],[0.443789,-0.558307,0.365674,-
0.598019],[-1,-1,-1,1],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
    CONST robtarget Target_180:=[[357.14,270.95,551.69],[0.443844,-0.558204,0.365649,-
0.59809],[0,0,-2,1],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
    CONST robtarget pto_colision:=[[830,-
270,620],[0.703472598,0.000000038,0.710722382,0.000000012],[-1,1,-
2,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

```

!*****

!

! Módulo: TFG LBC

!

! Descripción:

! TFG GRADO EN INGENIERIA EN ELECTRONICA Y AUTOMATICA INDUSTRIAL

!

! Autor: LAURA BARRAGAN CUADRADO

```

!
! Versión: 1.0
!
!*****
!
!*****
!
! Procedimiento Main
!
! Este es el punto de entrada de su programa
!
!*****
PROC main()
MoveJ HOME,v1000,fine,tool0\WObj:=wobj0;
Waitrob \InPos;
WHILE DI10_8 = 0 DO

    MoveJ HOME, v20, fine, tool0\WObj:=wobj0;
    WaitTime 0.5;
    IF DI10_5=1 THEN
        MoveJ HOME,v1000,z100,tool0\WObj:=wobj0;
    Waitrob \InPos;
    WaitDI DI10_3,1;

MoveJ Target_130,v1000,z100,tool0\WObj:=wobj0;
    MoveL Target_140,v1000,z100,tool0\WObj:=wobj0;
    MoveJ Target_150,v1000,z100,tool0\WObj:=wobj0;
    MoveJ Target_160,v1000,z100,tool0\WObj:=wobj0;
    MoveJ Target_170,v1000,z100,tool0\WObj:=wobj0;
    MoveJ Target_180,v1000,z100,tool0\WObj:=wobj0;
    MoveJ Target_210,v1000,z100,tool0\WObj:=wobj0;
    MoveJ Target_220,v1000,z100,tool0\WObj:=wobj0;
    MoveJ Target_230,v1000,z100,tool0\WObj:=wobj0;
MoveJ Target_240,v1000,z100,tool0\WObj:=wobj0;

WAITROB \INPOS;
SetDO DO10_1,1;
WaitTime 1;
Reset DO10_1;
MoveJ HOME2,v1000,z100,tool0\WObj:=wobj0;
Waitrob \InPos;
WaitDI DI10_4,1;

MoveJ Target_130,v1000,z100,tool0\WObj:=wobj0;
    MoveJ Target_140,v1000,z100,tool0\WObj:=wobj0;
    MoveJ Target_150,v1000,z100,tool0\WObj:=wobj0;

```

```
MoveJ Target_160,v1000,z100,tool0\WObj:=wobj0;  
MoveJ Target_170,v1000,z100,tool0\WObj:=wobj0;  
MoveJ Target_180,v1000,z100,tool0\WObj:=wobj0;  
MoveJ Target_210,v1000,z100,tool0\WObj:=wobj0;  
MoveJ Target_220,v1000,z100,tool0\WObj:=wobj0;  
MoveJ Target_230,v1000,z100,tool0\WObj:=wobj0;  
MoveJ Target_240,v1000,z100,tool0\WObj:=wobj0;
```

```
SetDO DO10_1,1;  
WAITROB \INPOS;  
WaitTime 1;  
Reset DO10_1;  
WaitDI DI10_4,1;  
SetDO DO10_2,1;  
WaitTime 2;  
Reset DO10_2;  
endif  
IF DI10_1=1 THEN  
MoveJ HOME2,v1000,z100,tool0\WObj:=wobj0;  
Waitrob \InPos;  
WaitDI DI10_3,1;  
MoveJ Target_130,v500,z100,tool0\WObj:=wobj0;  
MoveJ Target_140,v500,z100,tool0\WObj:=wobj0;  
MoveJ Target_170,v500,z100,tool0\WObj:=wobj0;  
MoveJ Target_180,v500,z100,tool0\WObj:=wobj0;  
MoveJ Target_210,v500,z100,tool0\WObj:=wobj0;  
MoveJ Target_220,v500,z100,tool0\WObj:=wobj0;
```

```
WAITROB \INPOS;  
SetDO DO10_1,1;  
WaitTime 1;  
Reset DO10_1;  
MoveJ HOME2,v1000,z100,tool0\WObj:=wobj0;  
Waitrob \InPos;  
WaitDI DI10_4,1;
```

```
MoveJ Target_140,v500,z100,tool0\WObj:=wobj0;  
MoveJ Target_150,v500,z100,tool0\WObj:=wobj0;  
MoveJ Target_160,v500,z100,tool0\WObj:=wobj0;  
MoveJ Target_170,v500,z100,tool0\WObj:=wobj0;  
MoveJ Target_230,v500,z100,tool0\WObj:=wobj0;  
MoveJ Target_240,v500,z100,tool0\WObj:=wobj0;
```

```
SetDO DO10_1,1;  
WAITROB \INPOS;  
WaitTime 1;
```



```
Reset DO10_1;
WaitDI DI10_4,1;
SetDO DO10_2,1;
WaitTime 2;
Reset DO10_2;

    endif
    IF DI10_2=1 THEN
        MoveJ HOME2,v1000,fine,tool0\WObj:=wobj0;
Waitrob \InPos;
WaitDI DI10_3,1;
        MoveJ Target_140,v500,z100,tool0\WObj:=wobj0;
        MoveJ Target_150,v500,z100,tool0\WObj:=wobj0;
        MoveJ Target_160,v500,z100,tool0\WObj:=wobj0;
        MoveJ Target_170,v500,z100,tool0\WObj:=wobj0;
        MoveJ Target_230,v500,z100,tool0\WObj:=wobj0;
MoveJ Target_240,v500,z100,tool0\WObj:=wobj0;

WAITROB \INPOS;
SetDO DO10_1,1;
WaitTime 1;
Reset DO10_1;
MoveJ HOME2,v1000,z100,tool0\WObj:=wobj0;
Waitrob \InPos;
WaitDI DI10_4,1;

MoveJ Target_130,v500,z100,tool0\WObj:=wobj0;
        MoveJ Target_140,v500,z100,tool0\WObj:=wobj0;
        MoveJ Target_170,v500,z100,tool0\WObj:=wobj0;
        MoveJ Target_180,v500,z100,tool0\WObj:=wobj0;
        MoveJ Target_210,v500,z100,tool0\WObj:=wobj0;
        MoveJ Target_220,v500,z100,tool0\WObj:=wobj0;

SetDO DO10_1,1;
WAITROB \INPOS;
WaitTime 1;
Reset DO10_1;
WaitDI DI10_4,1;
SetDO DO10_2,1;
WaitTime 2;
Reset DO10_2;

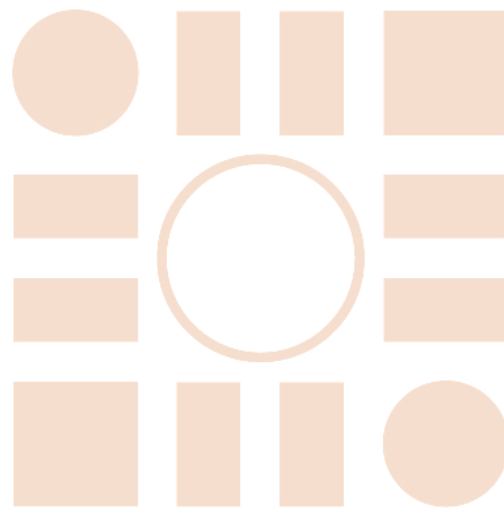
    endif

endwhile
```

ENDPROC

ENDMODULE

Universidad de Alcalá
Escuela Politécnica Superior



ESCUELA POLITECNICA
SUPERIOR



Universidad
de Alcalá