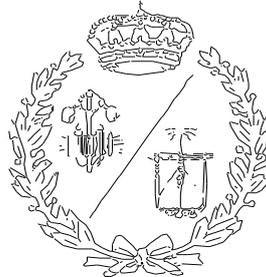


**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN**

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Proyecto Fin de Grado

**Mecanizado de arranque de viruta
mediante la programación y ejecución de
un sistema robotizado**

**(Machining of chip removal through
programming and execution of a robotic
system)**

Para acceder al Título de

**GRADUADO EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA
INDUSTRIAL Y AUTOMÁTICA**

Autor: Emilio Roy López

Julio - 2022

ÍNDICE DEL PROYECTO

1	Resumen.....	3
2	Agradecimientos	5
3	Objetivos.....	7
4	Introducción.....	9
4.1	Motivación.....	9
4.2	Metodología del proyecto	10
4.2.1	Diagrama flujo y explicación.....	10
4.3	Estado del arte.....	12
4.3.1	Antecedentes	12
4.3.2	Fundamentos de la automatización.....	12
4.3.3	Robot en la industria	13
4.3.4	Fresado.....	17
4.3.5	Electro-husillo (electrospindle).....	18
4.3.6	Portaherramientas.....	25
4.3.7	Arranque de viruta	32
4.3.8	Fresas	50
4.3.9	Seguridad	55
4.3.10	Autómata programable-Controlador Lógico Programable (PLC)	58
4.3.11	Botonera.....	58
4.4	Normativa y legislación	60
5	Introducción, Modelaje y Validación (Software).....	65
5.1	RobotStudio 2021.4 y otros simuladores	65
5.1.1	Introducción a RAPID	65
5.1.2	TCP y zona de trayectoria.....	68
5.1.3	Smart Objects/Componentes inteligentes	68
5.2	Herramientas.....	71
5.2.1	Elección de las herramientas y planos	71
5.2.2	Software	104
5.3	Análisis y Resultados.....	105
5.3.1	Centro de Gravedad y Momento de inercia	105
5.3.2	Establecer herramientas RobotStudio 2021.4	127
5.3.3	Introducción a la interfaz	153

5.3.4	Configuración de un controlador	169
5.3.5	Configuración de una trayectoria	182
5.3.6	Configuración de la entradas y salidas de un controlador.....	207
5.3.7	Configuración de un “smart object”.....	214
5.3.8	Lógica de la estación.....	218
5.3.9	Configuración de los módulos de los controladores y código	224
5.3.10	Errores encontrados en el software	261
6	Conclusiones	265
7	Bibliografía	267
8	Anexo.....	275

1 RESUMEN

El presente proyecto aboca por crear una solución a los problemas del mecanizado por fresado en madera tradicional mediante el uso de robots industriales en una estación que permita el fresado de distintos tipos con el mismo robot, dotando al mismo de la capacidad de intercambiar el cabezal de fresado de forma automática; obteniendo una altísima calidad y rapidez de producción, en contraposición al fresado manual tradicional.

Para conseguir este objetivo, se va a incidir en la búsqueda de herramientas que lo permitan, ajustándose a la normativa vigente, desarrollando el proyecto en un entorno virtual usando el “*software*” RobotStudio en la versión de 2021.4 y con el apoyo de otros programas que mejoren la calidad del proyecto: usando Inventor y Matlab para el cálculo del centro de gravedad y momento de inercia ajustado a los materiales de las herramientas.

Se van a introducir las características usadas en RobotStudio y cómo se ha implementado todo lo necesario para realizar la estación de fresado; así como el lenguaje de programación usado por RobotStudio: RAPID.

Este proyecto integra la implementación del mecanizado por fresado mediante RobotStudio 2021.4, explicando cada instrucción jerarquizada, con objeto de alcanzar altos índices de calidad y eficiencia sobre el fresado automatizado en la industria.

Gracias a la integración de la robótica en la industria en procesos mecanizados, se puede alcanzar una alta precisión en el detalle del fresado.

PALABRAS CLAVE

Fresado, madera, RobotStudio, BOM, Momento de inercia, fresa, Inventor

SUMMARY

The actual project will try to find a solution for wood traditional milling problems by creating a station with industrial robots that are allowed to mill for themselves, adding the extra capacity to change the milling toolholder automatically. As a result of this, the quality standard and quick production will make this type of production to overpass traditional method.

To acquire this objective, a deep search for tools that allow to complete it will be done, according to actual standard, developing the project in a virtual environment using the software RobotStudio in the 2021.4 update. Furthermore, it will be complemented with third party software that will improve the quality: Inventor and Matlab, obtaining the real centre of gravity value and moment of inertia for the actual material of the tools used.

Characteristics used in RobotStudio and how everything has been implemented to make the milling station viable will be introduced, as well as RobotStudio programming language: RAPID.

This Project will get deep in milling process using RobotStudio 2021.4, explaining each instruction, with the objective to reach high quality standard and efficiency around automated milling process in the industry.

It will be concluded exposing which objectives had been reached and which ones did not.

Thanks to the integration of robotics in the milling process industry, it will allow to get high detail precision in milling.

KEY WORDS

Milling, end mill, Inertia, RobotStudio, BOM, wood, Inventor

2 AGRADECIMIENTOS

Este proyecto es el resultado de meses de trabajo y aprendizaje, y muestra el final del camino donde he ido adquiriendo conocimientos a lo largo de mi formación universitaria.

Quiero expresar mi agradecimiento a mis padres y a mi hermano, Diego; por sus consejos y entendimiento al encontrar un escollo en el desarrollo.

3 OBJETIVOS

El principal objetivo del proyecto es la realización de una estación de fresado en madera usando el “*software*” RobotStudio para tal fin. Para ello se indagará en los distintos modelos disponibles de ABB y elegir el más apropiado para la tarea indica, fresado en madera. Será, por tanto, recomendable un robot con protección contra viruta para evitar el deterioro del mismo.

El segundo paso será buscar la herramienta que permita realizar la tarea de fresado y pueda acoplarse al robot para automatizar el proceso. Para no dejarlo en algo sencillo, se procederá a usar una herramienta con el cabezal de fresado intercambiable para obtener versatilidad en dicho proceso.

La implementación de una estación de fresado con cabezal intercambiable incrementa la importancia del proyecto al conseguir la viabilidad de producir múltiples productos desde una misma estación, paso fundamental para poder llegar a crear una interconexión y capacidad de sustituir una línea averiada-objetivo de la industria 4.0.

Ya establecidos los objetivos más importantes, se establecen objetivos secundarios que doten al proyecto de un mejor cartel.

Entre estos objetivos secundarios encuentran:

- 1) “*Bill of materials*”- Lista de materiales y proveedores para los distintos productos usados para crear la estación.
- 2) Uso de software ajeno a ABB para obtener mejores resultados en el cálculo del centro de gravedad y momento de inercia
- 3) Creación de las herramientas que no estén en el mercado o no se ajusten a los criterios del proyecto
- 4) Implementar mecanismos de protección/seguridad

4 INTRODUCCIÓN

4.1 MOTIVACIÓN

La incipiente necesidad de transportar toda la industria desarrollada en el pasado siglo XX al camino de la Industria 4.0 y la extrema necesidad que tiene el ser humano de la madera a lo largo de su existencia, ponía de manifiesto buscar soluciones a corto plazo que favorezcan que la industria maderera pueda adaptarse a los nuevos tiempos.

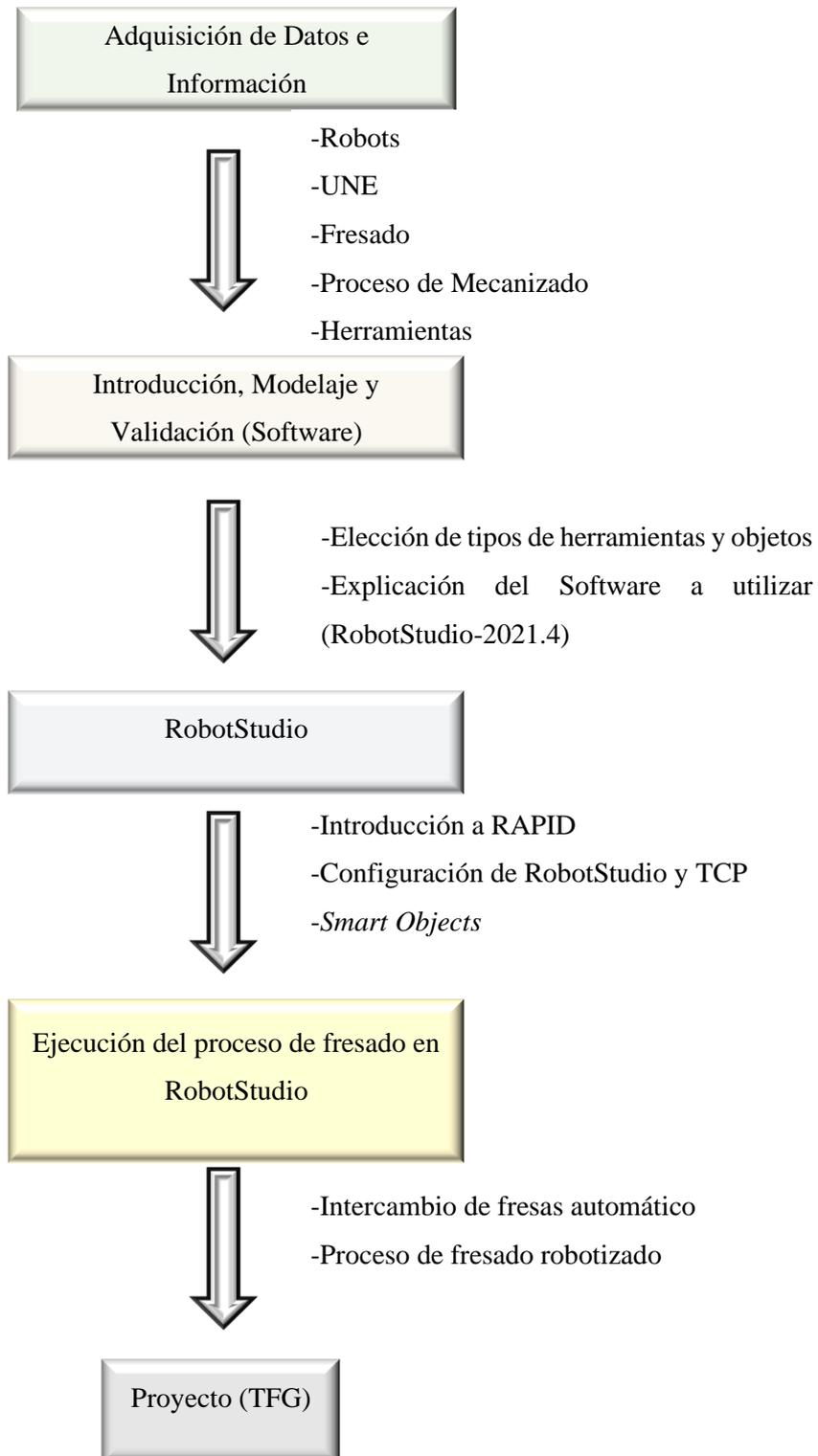
Gracias a las nuevas tecnologías, se puede mejorar la calidad y producción de la parte correspondiente al mecanizado por fresado en la industria maderera.

Estas tecnologías se engloban en la industria de la robótica y la automática; industria dedicaba a mejorar los procesos industriales actuales y a mejorar aquellos muy complicados para un ser humano, que suponen un riesgo vital o son ineficientes.

Dentro del mecanizado de madera, el fresado industrial de piezas individuales es lento e impreciso en algunos casos, como la realización de colas de milano, que se va a utilizar como ejemplo para indicar la viabilidad del proyecto.

4.2 METODOLOGÍA DEL PROYECTO

4.2.1 DIAGRAMA FLUJO Y EXPLICACIÓN



En primer lugar, es fundamental exponer el planteamiento inicial del problema y una guía de cómo se va a intentar resolver.

Dicho esto, es fundamental recopilar la información pertinente que permita entender los dispositivos robotizados y el conocimiento de fresado de madera actual, con el objetivo de crear un camino entre ambos campos que permita obtener ventajas de la robótica en el campo del fresado de madera.

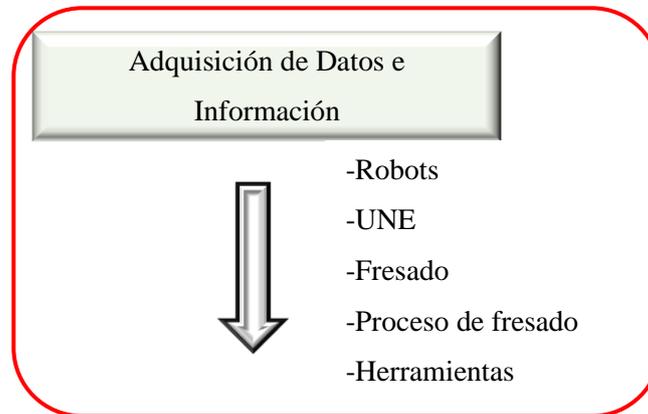
Una vez recopilado el conocimiento, será causa pertinente elegir las herramientas adecuadas que se cohesionen correctamente para poder llevar a cabo el fresado robotizado.

Ya establecidas las bases del proyecto, llega el momento de meterse en faena, introduciendo la herramienta informática que permitirá llevar a cabo una simulación fehaciente del proceso de fresado de madera. Mandatorio, será, por tanto, introducir las principales características de esta herramienta y las bases para terminar la antesala del proyecto y proceder con la parte fundamental.

La recta final, se ahondará en la realización de la programación que posibilitará el intercambio de las fresas en el cabezal de la fresadora, y aplicar esa versatilidad en el fresado de madera.

4.3 ESTADO DEL ARTE

Una vez expuestos los objetivos y la metodología que conforman este proyecto, es inherentemente necesario empezar por el principio: exponer los elementos existentes y normativa adaptada a los mismo.



4.3.1 ANTECEDENTES

Desde tiempos inmemoriales se ha usado la madera como herramienta o para la elaboración de bienes de uso cotidiano. Facetas como la abundancia, la de ser un recurso renovable, la accesibilidad y buena maquinabilidad; conforman un compuesto idóneo para su uso en la industria actual... y la del futuro [1–3].

Por ende, la situación de cambio que vive la industria en la actualidad es un caldo de cultivo perfecto donde hacer deslumbrar este recurso. Rebuscando entre las disciplinas circundantes a la madera, una llama la especial atención para ser la ideal para actualizarla: el fresado de madera.

El fresado tradicional es tosco, lento y no garantiza una calidad suficiente de cara al consumidor. Por lo tanto, la correcta robotización de esta industria garantizará la calidad, rapidez y versatilidad que se demanda.

4.3.2 FUNDAMENTOS DE LA AUTOMATIZACIÓN

No es algo nuevo que el ser humano ande buscando maneras de conseguir los objetivos más rápidamente y con mejor calidad, a la vez que se aísla al componente humano de la ecuación del trabajo físico [4]. Haciendo un esfuerzo de mirar al pasado, encontramos los gérmenes de los inicios de la automatización: el molino de viento y el telar “Jacquard”, entre otros.

Este afán del ser humano por mirar al futuro y mejorar a cada rato, ha hecho que en la actualidad dispongamos de dispositivos robóticos capaces de realizar complejas tareas con una alta precisión y fiabilidad [5].

4.3.3 ROBOT EN LA INDUSTRIA

Como se acaba de comentar, los robots son máquinas muy novedosas, con un amplio abanico de posibilidades, fiables y de gran precisión. No todos los robots sirven para todas las funciones, por lo que recopilar información actualizada de todos ellos, conseguirá que se pueda escoger el más adecuado para este problema.

Cartesiano

Uno de los robots más simples que se pueden encontrar en el mercado es el robot cartesiano como el mostrado en la Figura 1, dotado de un movimiento lineal en 3 ejes: x-y-z [6].

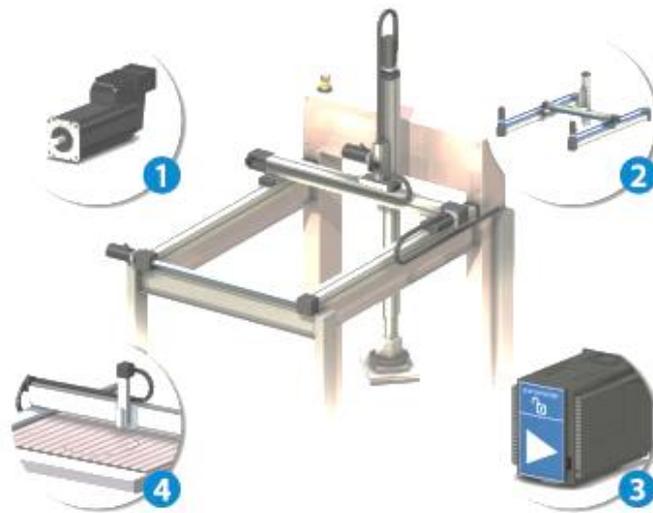


Figura 1: Ejemplo de robot cartesiano

Articulado (Antropomórfico)

Robot con una base fija y con 6 grados de libertad, lo que lo asemeja a la morfología de un brazo humano, observable en la Figura 2 con las Partes de un robot antropomórfico.

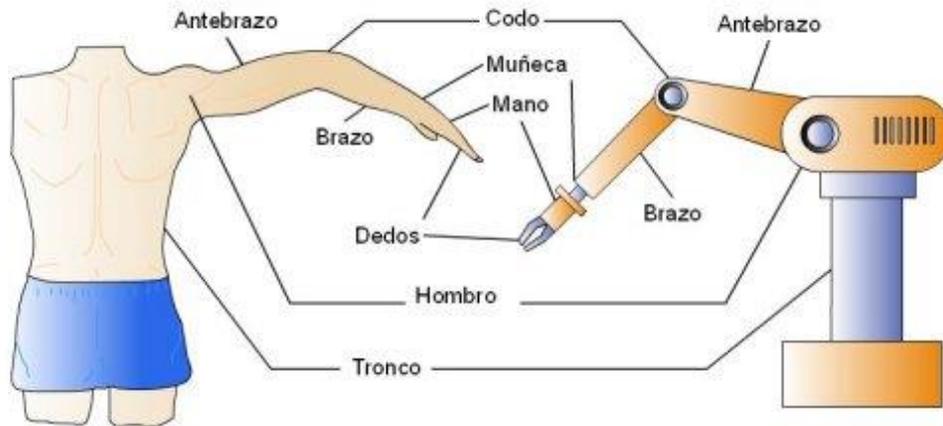


Figura 2: Partes de un robot antropomórfico

Colaborativo

Robot adaptado para trabajar en conjunción con seres humanos alrededor, dotado de las herramientas necesarias para evitar el daño físico al “compañero” humano como el de la Figura 3 que muestra un Robot colaborativo de ABB, dotando a esta nueva generación de robots de un elemento ideal para trabajar en la nueva revolución industrial, denominada Industria 4.0.



Figura 3: Robot colaborativo de ABB

Delta (Paralelo)

Robot con anclaje superior de 6 ejes como el de la Figura 4 que muestra un Robot Delta (paralelo), con capacidad de realizar hasta 300 movimientos por minuto. Son rápidos y precisos en un espacio reducido, ideales para tareas de empaquetado o posicionamiento entre 2 líneas de producción para separar productos en conjunción con un dispositivo de visión artificial que ayude en la selección [6].



Figura 4: Robot Delta (paralelo)

SCARA

Diseño de robot empleado en ciclos cortos y repetitivos, con una altísima precisión.

Se utiliza, generalmente, en “pick & place”. En la Figura 5 se muestra un Robot SCARA.



Figura 5: Robot SCARA

Móviles

➤ Robots AGV:

Son vehículos de guiado automático con una ruta prefijada y con guiado mediante cables, cintas magnéticas o sensores. Pueden detectar obstáculos y detenerse, pero no sortearlos.

➤ Robots AMR:

En el lado opuesto, encontramos los robots móviles autónomos, más versátiles y con la capacidad de sortear los obstáculos que interfieran en su ruta, habilitando la eficiencia y adaptabilidad al medio. En la Figura 6 se puede observar un robot móvil de la marca Robotnik [7,8].



Figura 6: Robot móvil de la marca Robotnik

Robots zoomórficos

Los robots zoomórficos se caracterizan por su interés en imitar las cualidades y movimientos de un ser vivo, con el objetivo de entretener o de sustituir al ser humano en situaciones peligrosas; como es el caso de “BigDog”, destinado a transportar cargas pesadas en ambientes militares. En la Figura 7 se puede apreciar un ejemplo de robot zoomórfico: BigDog.



Figura 7: Ejemplo de robot zoomórfico: BigDog

- **Humanoide**

Y, por otro lado, encontramos a los robots humanoides, centrados en la experimentación, o recientemente, en sustituir al ser humano en tareas repetitivas [9–12].

En la Figura 8 se ve un ejemplo de robot humanoide actual.



Figura 8: Ejemplo de robot humanoide

4.3.4 FRESADO

Las máquinas de fresado llevan acompañando al ser humano desde principios del siglo XIX, pero su poca versatilidad, tosquedad y poca capacidad de automatización; imposibilita su incorporación al sistema de producción industrial más moderno. En la Figura 9 se observa una máquina de fresado del siglo XIX [13].

Es necesario, por tanto, buscar un elemento que posibilite su implantación en un robot articulado y entre así en la atmósfera de la industrial actual, posibilitando emprender el camino para adaptar esta funcionalidad a la industria 4.0 lo más rápidamente posible.

Rebuscando entre el espacio de información al alcance actual acerca de las máquinas-herramientas, se halla la semilla que posibilitará este objetivo: el **electro-husillo**.



Figura 9: Fresado del siglo XIX

4.3.5 ELECTRO-HUSILLO (ELECTROSPINDLE)

El electro-husillo (con otras denominaciones según la fuente: mandril, husillo, electro-mandril; “*electrospindle*” en inglés y “*electromandrino*” en italiano), es un elemento electromecánico, alimentado por un motor trifásico de jaula de ardilla.

El motor trifásico de jaula de ardilla se conforma por un estator, cuyo estator tiene un aislamiento de clase F (aguante de hasta 155°C), y un rotor, unido de forma solidaria al eje de giro del electro-husillo con la pinza portaherramientas, refrigerado por una junta rotativa.

El portaherramientas podrá acoplarse a la pinza de forma manual o automática, mediante el accionamiento neumático o hidráulico de un pistón.

Fundamental será controlar que la pinza del portaherramientas se acople correctamente al cono del portaherramientas y del control de velocidad del eje, para que se adecúe a los límites de los cojinetes y de las fresas. Dicho control se realizará mediante un sensor acoplado al electro-husillo.

Sin embargo, toda pieza mecánica o eléctrica genera calor en funcionamiento, y será necesario la correcta refrigeración, extrayendo el calor mediante un sistema de refrigeración por aire en la parte posterior o mediante un sistema hidráulico [14,15].

Recopilando la información, pueden enumerarse las principales características que componen un electro-husillo [16,17]:

1. Estator
2. Rotor
3. Eje
4. Rodamientos
5. Pinza del portaherramientas
6. Sistema de refrigeración (aire/hidráulico + junta rotativa)
7. Sensores (encoder)
8. Pistón hidráulico o neumático (automático)

Se ha de recordar, por tanto, que las características principales de una máquina eléctrica trifásica para la configuración de motor, siendo el estator donde recae la excitación del devanado inductor, habilitaba la configuración de síncrona y asíncrona, y por ende se encontrarán ambas opciones en el mercado [18,19].

Como recordatorio, la máquina **síncrona** trifásica necesita una excitación en el devanado inductor de **corriente continua** (CC). Por el contrario, la máquina **asíncrona** trifásica necesita una excitación de **corriente alterna** (CA) en el mismo devanado.

Debido a la naturaleza de las máquinas eléctricas, la velocidad del **inducido** (rotor) guarda una relación estrecha entre la frecuencia (f), los pares de polos (p) y el deslizamiento (s), éste último sólo para máquinas asíncronas.

Así, se puede recordar la **velocidad de sincronismo** (n_1), cuyo valor coincide con la velocidad del rotor en la máquina síncrona.

$$n_1 = \frac{60 f_1}{p}$$

Y la velocidad del inducido en la máquina asíncrona guarda esta relación entre la velocidad de sincronismo y el deslizamiento, obteniendo una velocidad algo inferior que en el motor síncrono.

$$n = n_1(1 - s)$$

En la siguiente tabla (Tabla 1) se muestra como los valores de la velocidad no permiten modificar la velocidad del rotor si conectamos el motor directamente a la red eléctrica, ya que el par de polos es fijo de la máquina y la frecuencia viene dada por la red eléctrica.

Tabla 1: Velocidad de sincronismo a 50 Hz

N.º de polos (2p)	Velocidad (n) (r.p.m.)	N.º de polos (2p)	Velocidad (n) (r.p.m.)
2	3000	20	300
4	1500	24	250
6	1000	28	214
8	750	32	188
10	600	36	167
12	500	40	150
14	375	50	120

Por lo tanto, ya que el par de polos no puede ser modificado, será necesario el uso de un **variador de frecuencia**, conectado entre el motor y la alimentación eléctrica, que permita modificar la frecuencia y adquirir una relación lineal de la frecuencia respecto de la velocidad de sincronismo [20].

Este variador de frecuencia necesita de una ‘realimentación’ que le permita conocer la velocidad del rotor actual y poder actuar en consonancia y adquirir la velocidad que se requiera. Para obtener dicha

información, se usa un “*encoder*” rotativo que transduce la velocidad angular del rotor en una señal eléctrica precisa que sirve para indicar al variador de frecuencia la velocidad actual y pueda compararla con la requerida [21–27].

Se exponen, a continuación, las 2 formas habituales de encontrar el electro-husillo en el mercado [28]:

1. Cabezas de fresado [29]
2. Electro-husillo individual

La Figura 10 y la Figura 11 muestran cómo la cabeza de fresado incorpora ya el electro-husillo en la estructura y aumenta su flexibilidad, añadiendo hasta 2 ejes más de giro [30].



Figura 10: Cabeza de fresado 1

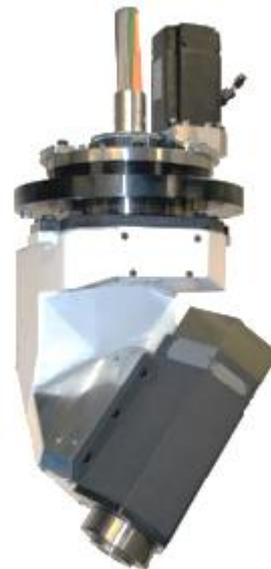


Figura 11: Cabeza de fresado 2

Por el lado contrario, se encuentra el electro-husillo por separado mostrado en la Figura 12 con las partes externas de un electro-husillo, conformado por lo expuesto inicialmente, pero haciendo hincapié en el uso de un cárter acorde a la *UNE 15-219-92*, para poder ser acoplado a la superficie deseada que cumpla con dicha normativa.

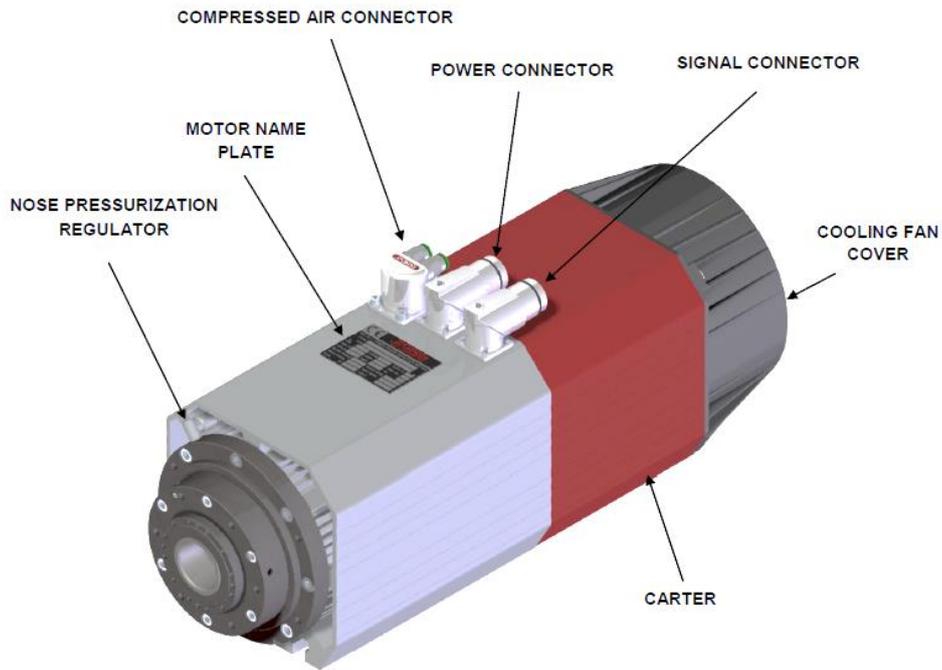


Figura 12: Partes externas de un electro-husillo

Además, en la Figura 13 se muestra la placa del motor, con las especificaciones del mismo reflejadas como se indica en la figura:

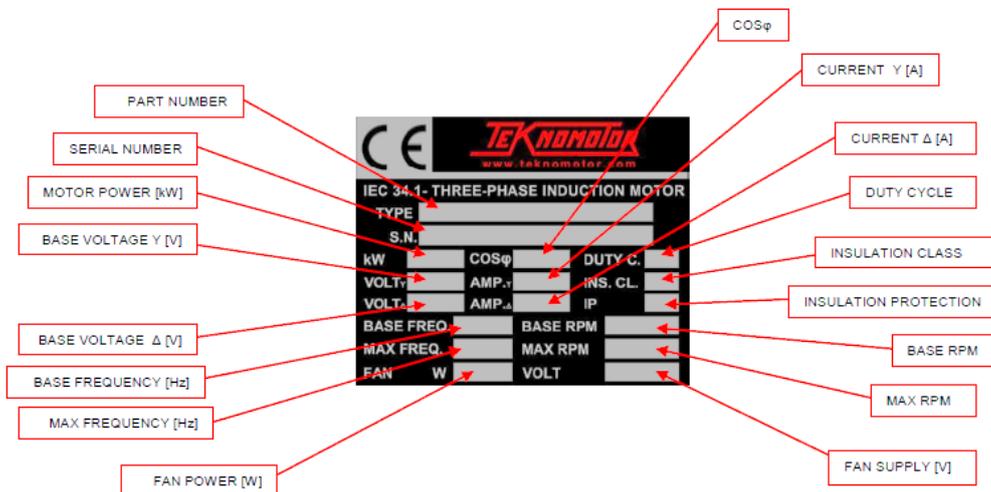


Figura 13: Placa del motor

Finalmente, es necesario remarcar la característica que permitirá elegir el tipo de motor para el proyecto en función de la pinza del **portaherramientas**:

Mientras en el cambio manual (MTC), la boquilla de ajuste se acopla al eje gracias a la tuerca, en el cambio automático (ATC), la tuerca se acopla a un cabezal especial que permite la automatización del sistema.

En ambos casos, es fundamental empezar conectando la boquilla de ajuste (*collet*) a la tuerca, y a su vez el vástago de la fresa a la boquilla como se indica en la figura [31–33]:

En la Figura 14 se observa el acople correcto de la boquilla y la tuerca, por el lado izquierdo; y por la parte derecha, la herramienta a la boquilla.

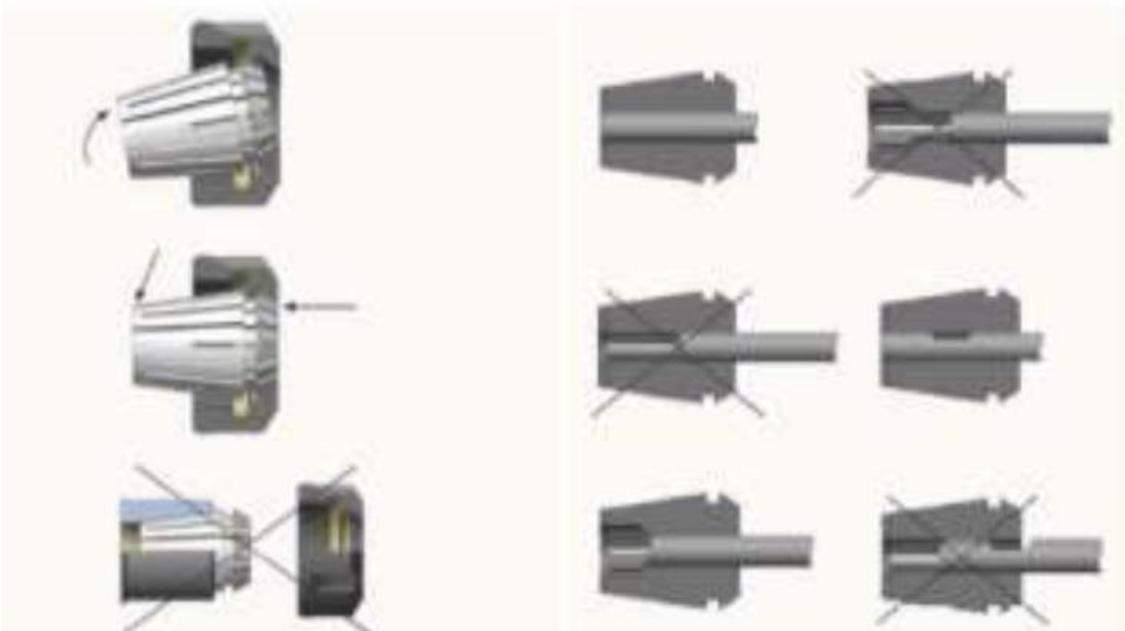


Figura 14: Acople correcto boquilla y tuerca

Existe otro modelo de acople manual, el de Figura 15 denominado: “*quick tool change*”. Éste no dispondrá del ajuste mediante tuerca al eje, pero seguirá sin poderse automatizar [34–37].



Figura 15: Ejemplo de acople “quick tool change”

Un ejemplo de electro-husillo de cambio manual es el: HF NC35 de Teknomotor [38].

En el lado contrario, se encuentran los electro-husillos automáticos (ATC), elementos más complejos, pero más versátiles en la automatización [39–47].

En estos husillos es necesario el uso de un cabezal especial, regido por las normativas ISO, DIN, HSK, entre otros; al que se le acopla la tuerca y la boquilla de ajuste, además del “pull stud” que permite el ajuste perfecto entre el husillo y el portaherramientas, pudiendo ajustarse a una normativa ISO o tener el suyo propio cada marca [48,49].

El desacople del portaherramientas se realiza mediante un pistón hidráulico o neumático.

Para ejemplificar las partes de un ATC se va a utilizar el modelo de Teknomotor ATC71-C mostrado en la Figura 16:

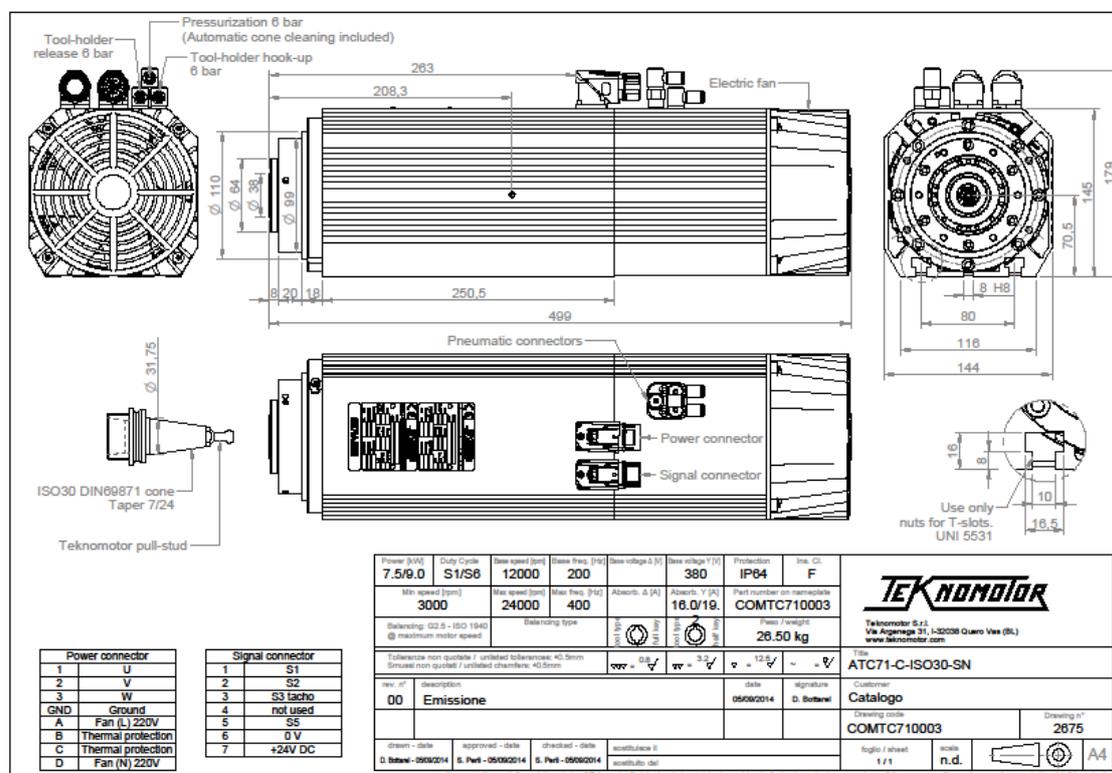


Figura 16: ATC71-C

De izquierda a derecha, y de arriba abajo, encontramos las conexiones eléctricas y neumáticas que permiten el control del electro-husillo. A continuación, se observa la vista lateral con la zona del portaherramientas a la izquierda y el sistema de ventilación a la derecha.

Abajo a la izquierda observamos el portaherramientas usado en este modelo: ISO30 DIN69871 Taper 7/24 y el pull-stud propio de Teknomotor. Y finalizando a la derecha se observa la ranura para encajar las tuercas en T, sistema de sujeción necesario para acoplar el motor a la pieza intermedia entre la brida del robot y el electro-husillo.

BRIDA DEL ROBOT (ENGANCHE DEL MOTOR AL ROBOT)

Debido a la imposibilidad de conectar el electro-husillo al robot directamente, es necesario el uso de una placa intermedia, o bien el uso de una cabeza de fresado.

En cuanto a las placas simple, elaboradas para ser una simple interfaz entre el robot y el husillo, podemos encontrar modelos que se acoplen bien a la herramienta (extremo de la muñeca) del robot: Figura 17 con un acople circular, o un modelo sencillo: Figura 19 con una placa rectangular y pletina larga o la Figura 18 con una placa rectangular y 2 pletinas [50–53].

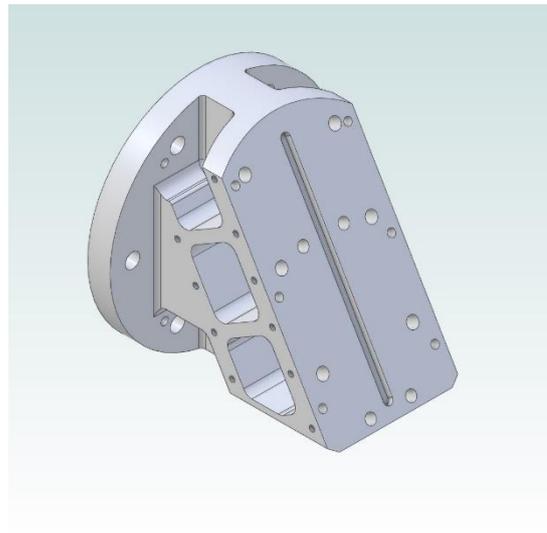


Figura 17: Acople circular

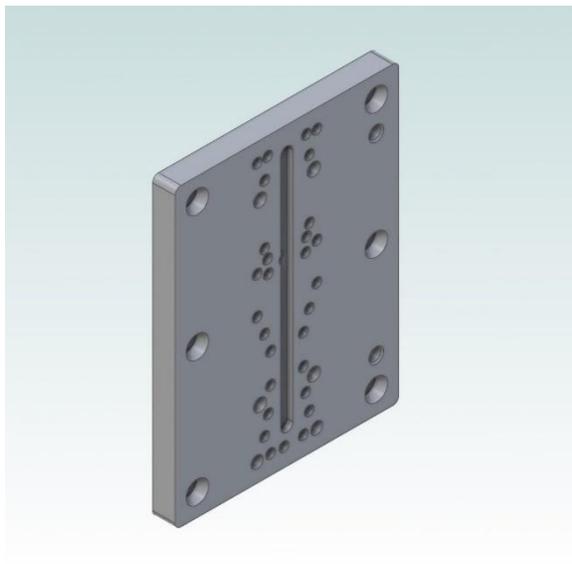


Figura 19: Placa rectangular, pletina larga

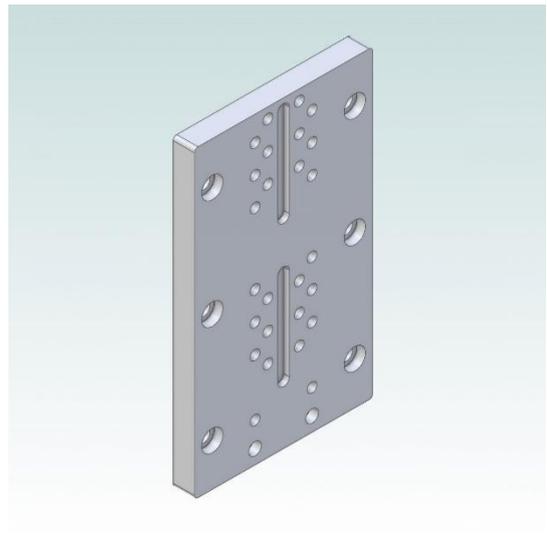


Figura 18: Placa rectangular, 2 pletinas

Como se observa en las imágenes superiores, el electro-husillo necesita un ajuste de 6 tuercas en T M8, con sus 6 tornillos; y una o dos pletinas que ayudan a encuadrarlo al elemento intermedio que se ajusta al robot.

Estos 6 tornillos han de enroscarse con una torsión de 20Nm [54].

4.3.6 PORTAHERRAMIENTAS

Ya se han comentado varios aspectos del portaherramientas, pero debido a su importancia en los electro-husillos **automáticos** (ATC) se va a explicar más en detalle parte de sus características.

Las partes de las que consta un portaherramientas son:

1. Boquilla de ajuste/pinza
2. Tuerca
3. Cabezal del portaherramientas
4. *Pull-stud*

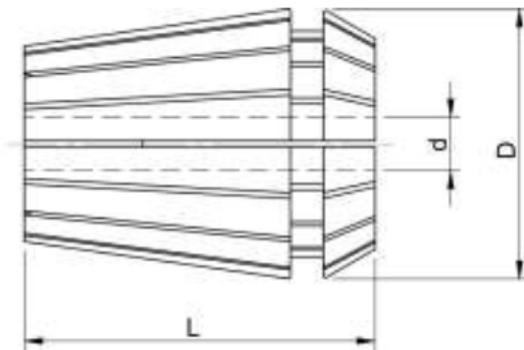
Adicionalmente será necesario el uso de una llave específica para estas tuercas



Figura 20: Boquilla de ajuste

BOQUILLA DE AJUSTE/PINZA

La **boquilla** de ajuste, como se muestra con la Figura 20, es el elemento de unión entre la herramienta (broca, fresa...) y el cabezal del portaherramientas, y están estandarizadas según la **nomenclatura ER** como se observa en la tabla de la Figura 21 donde se muestran las dimensiones exteriores.



SIZE DIMENSIONE DIMENSION	L [mm]	D [mm]
ER11	18.0	11.5
ER16	27.5	17.0
ER20	31.5	21.0
ER25	35.0	26.0
ER32	40.0	33.0

Figura 21: Nomenclatura de las boquillas de ajuste

TUERCA

La tuerca permite ajustar la boquilla al cabezal y cerrar la boquilla para ajustar la herramienta en su interior.

Las tuercas, mostradas en las figuras:

- 1) Figura 23: Tuerca | Modelo ER32
- 2) Figura 22: Tuercas | Modelos ER 11, 16 y 20, comparten nomenclatura con las boquillas.

Así podemos encontrar el modelo ER 16, usado en el electro-husillo: **HF NC35** de Teknomotor, mencionado con anterioridad en los electro-husillos de cambio manual; o ER32 para el **ATC71**.

AVAILABLE TYPES	THREAD DIMENSION	ORDERING CODE	RENDER VIEW
GSX 11 for ER 11	M14 x 0.75 (right)	GHS0101RA	
	M14 x 0.75 (left)	GHS0101LA	
GTSM 16 for ER 16 – M	M19 x 1.0 (right)	GHS0302RA	
	M19 x 1.0 (left)	GHS0302LA	
GTS 20 for ER 20	M25 x 1.5 (right)	GHS0203RA	
	M25 x 1.5 (left)	GHS0203LA	

Figura 22: Tuercas | Modelos ER 11, 16 y 20

GTS 32 for ER 32	M40 x 1.5 (right)	GHS0205RA	
	M40 x 1.5 (left)	GHS0205LA	

Figura 23: Tuerca | Modelo ER32

En la Figura 24 se observa una llave para tuercas ER32.

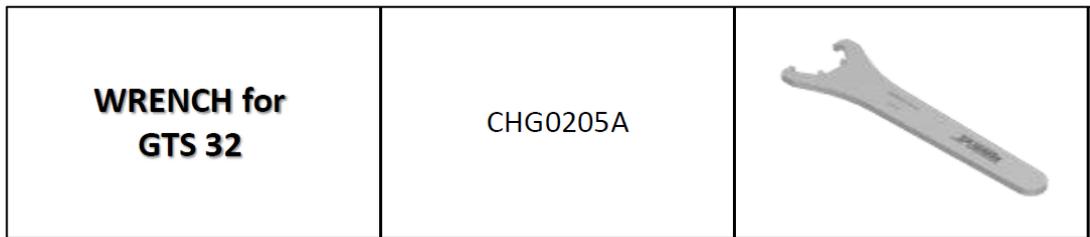


Figura 24: Llave para ER32

CABEZAL DEL PORTAHERRAMIENTAS

El cabezal del portaherramientas permite a los electro-husillos automáticos su gran ventaja sobre los manuales. Éstos, encuadrados en la normativa ISO 30 y HSK 63F, observables en la Figura 25 con cabezales de portaherramientas ISO 30 y HSK 63F de Teknomotor; permiten el cambio de herramienta automático, adquiriendo una gran flexibilidad a la hora de desarrollar un proceso de fresado, taladrado...; en una línea robotizada.

El cabezal según la ISO 30 necesita un “pull-stud” para acoplarse correctamente al electro-husillo.

AVAILABLE TYPES	THREAD DIMENSION	TAPER	RENDER VIEW
ISO 30	M40 x 1.5	ER 32	
HSK 63F	M40 x 1.5	ER 32	
PULL STUD for ISO 30 tool holder	M12	-	

Figura 25: Cabezal portaherramientas ISO 30 y HSK 63F de Teknomotor

Aunque se pueden encontrar modelos de portaherramientas en ángulo, como se muestra en la Figura 26 con portaherramientas para 2 herramientas y 90° [55].

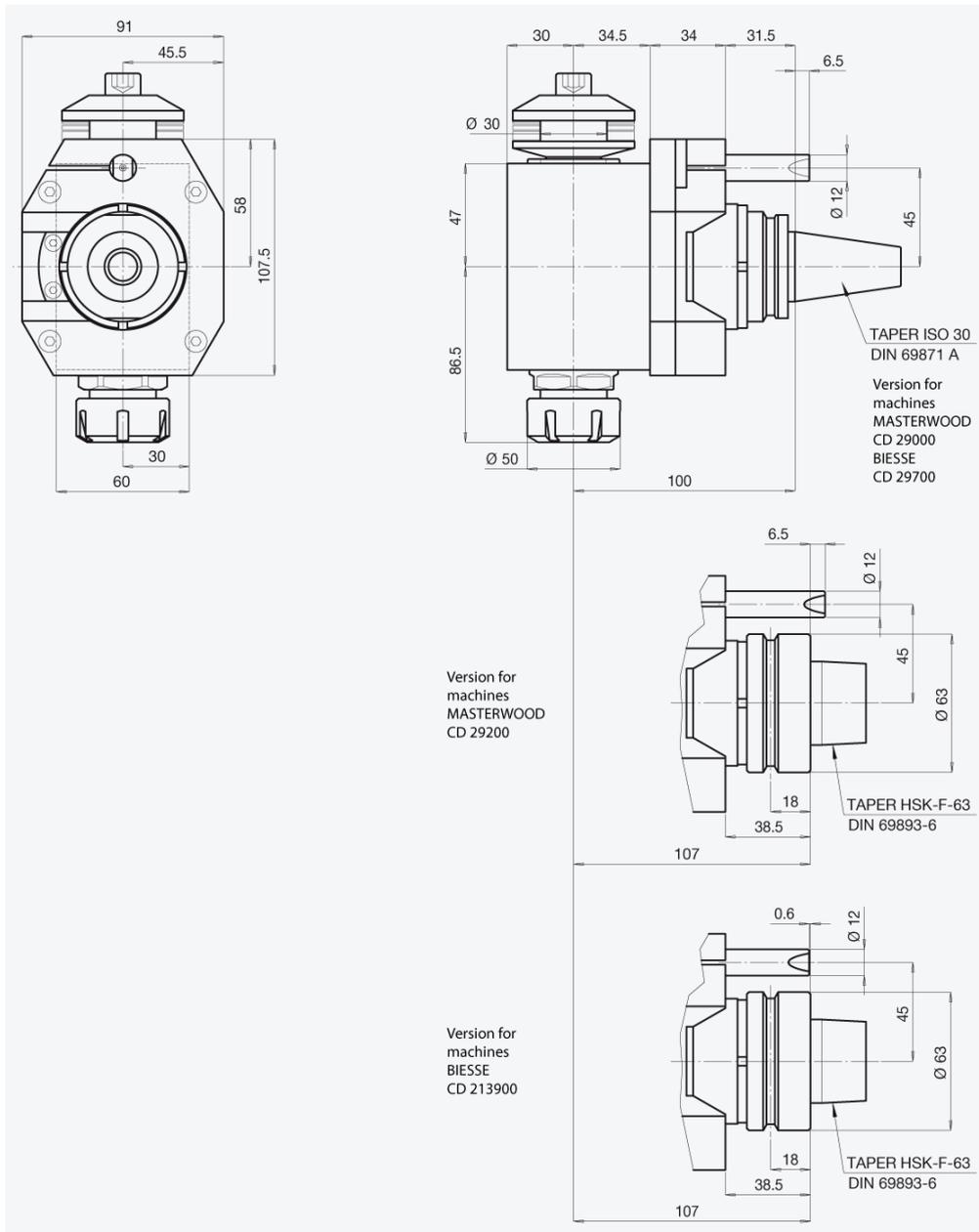


Figura 26: Portaherramientas 90°

TIRANTE O “PULL-STUD”

El *pull-stud*, como el de la Figura 27 con un tirante tipo A acorde a la normativa UNE 15009-94/2; como ya se ha comentado, es un elemento que sirve para acoplar el portaherramientas al electro-husillo y pueden estar designados según normativas DIN, ISO, BT, CAT; o exclusivo de una marca, como la mostrada en la Figura 25 [56].

Para finalizar el apartado de portaherramientas, la Figura 28 y la Figura 29 muestran 2 tablas desarrolladas por ‘Ayma’ con múltiples tipos de portaherramientas, boquillas de ajuste y las llaves para ajustar la tuerca [57].

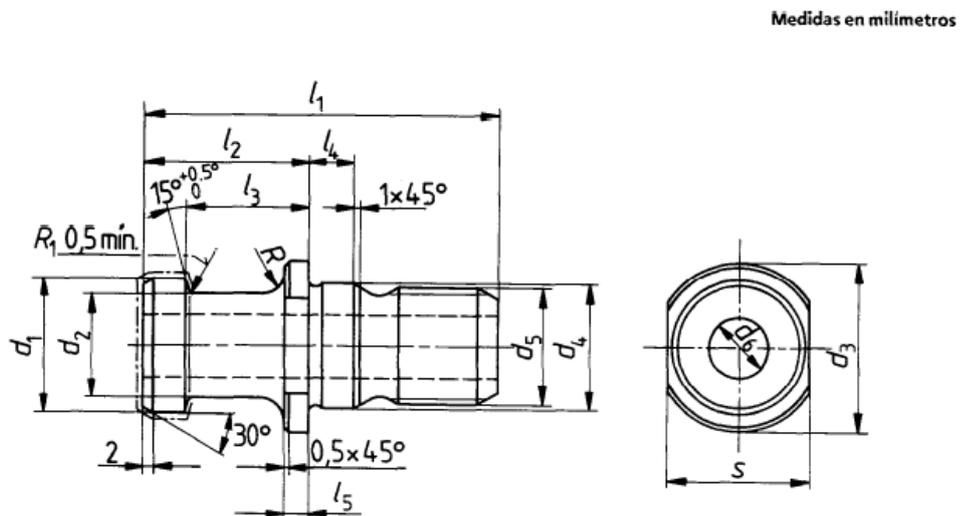


Figura 27: Tirante tipo A acorde a la normativa UNE 15009-94/2

SISTEMAS DE SUJECIÓN

ÍNDICE GENERAL

A5	HSK DIN 69893 
B37	TC DIN 69871 
C69	PORTAHERRAMIENTAS PARA MECANIZADO DE MADERA 
D73	BT MAS 403BT - JIS B 6339 
E107	ISO DIN 2080 
F121	MORSE DIN 228-1 A/B R8 - DIN 6327 

A2

ORBA

Figura 28: Variedad de portaherramientas 1

G139	<p style="text-align: center;">AMARRE CILÍNDRICO</p> 
H161	<p style="text-align: center;">AMARRE VDI - DIN 69880</p> 
I175	<p style="text-align: center;">PINZAS ERC DIN 6499B ISO 15488B</p> 
J211	<p style="text-align: center;">DIN 6388B EOC - ERCD - ETG EDA - CILÍNDRICAS - R8 - CM</p> 
K239	<p style="text-align: center;">PINZAS DIN 6343 - W20 - W25 - 5C CASQUILLOS</p> 
L277	<p style="text-align: center;">ACCESORIOS</p> 

Figura 29: Variedad de portaherramientas 2

4.3.7 ARRANQUE DE VIRUTA

Movimientos arranque de viruta

El arranque de viruta consiste en la mecanización de una pieza desperdiciando una parte del material por arrancado o cortado [58].

Antes de definir los pasos de los que consta este proceso, es importante definir los principales movimientos que se realizan en este proceso:

1. Corte: es el movimiento encargado del arranque de viruta, y se define como la velocidad de corte
2. Avance: es el movimiento encargado de desplazar el punto de corte, y se define con la velocidad de avance
3. Alimentación: se define como el parámetro de profundidad de pasada, y, por tanto, el espesor de material que se desprende.

Pasos arranque viruta

Basados en los dos primeros movimientos, corte y avance, se definen los 3 pasos de los que normalmente consta cualquier proceso de arranque de viruta:

1. Desbaste: Consiste en la eliminación de gran parte del material en poco tiempo, pero es poco preciso respecto del resultado final. Requiere:
 - Velocidad alta de avance
 - Velocidad alta de corte
2. Acabado: Tras el desbaste, es necesario perfilar el material para obtener una superficie lisa, o lo más cercana a la misma. Requiere:
 - Velocidad lenta de avance
 - Velocidad alta de corte
3. Rectificado o superacabado: cuando se requiera, y en función del material, será posible aplicar un tercer paso que alise aún más la superficie, desprendiendo partículas por abrasión. Requiere:
 - Velocidad muy alta de avance
 - Velocidad muy alta de corte

Con este proceso obtenemos resultados de micras, lo que lo conforma como un método para acabados excelentes.

Ya explicados los pasos y los movimientos, se ha de incidir en los tipos de arranque de viruta:

- a) Serrado: consiste en el uso de una hoja de sierra que se mueva hacia adelante y hacia abajo, con el objeto de realizar un corte o dividir la pieza
- b) Limado: es un proceso de perfilado que arranca poca viruta.
- c) Taladrado: consiste en la realización de agujeros con la ayuda de una broca.
- d) Roscado: proceso para realizar roscas.
- e) Torneado: requiere de 2 procesos simultáneos. El primero, una máquina estática donde se acopla la pieza a mecanizar en una pinza, y se encarga de girar la pieza a altas revoluciones. El segundo, ya sea manual o mediante una máquina, incidirá con una herramienta con punta de corte, generalmente de carburo, en la superficie para arrancar el material sobrante.
- f) Fresado: es un procedimiento de corte de material mediante el movimiento rotativo de la herramienta y el avance de la misma sobre el material. La herramienta podrá estar conformada por uno o varios filos.
- g) Brochado: proceso de tallado mediante un movimiento rectilíneo y el uso de una brocha de filos múltiples.
- h) Mortajado: proceso de limado vertical mediante un movimiento rectilíneo alternativo. Es un proceso lento y de bajo rendimiento.

Tipos de fresado

Entre todos los tipos de arranque de viruta, uno destaca por encima del resto: el fresado.

La versatilidad en las herramientas que conforman este grupo posibilita la mecanización desde muchos ángulos:

1) Fresado en escuadra (90°)

En la Figura 30 se muestra el fresado de escuadra, que consiste en el mecanizado simultáneo de una superficie plana y otra en ángulo recto, con el fin de obtener dicho ángulo en la superficie [59].



Figura 30: Fresado de escuadra

2) Planeado

El objetivo del “planeado”, observado en la Figura 31, es alisar una superficie.

Parte de las fresas usadas para escuadrar, son utilizadas en el planeado [60].



Figura 31: Fresado planeado

3) Fresado de perfiles

Para el fresado de perfiles se usan fresas de punta redonda o de plaquetas del mismo tipo como los mostrados en la tabla inferior (Tabla 2). Ejemplos de este fresado se observan las figuras: Figura 32 y Figura 33 [61].



Figura 32: Fresado de perfiles (1)

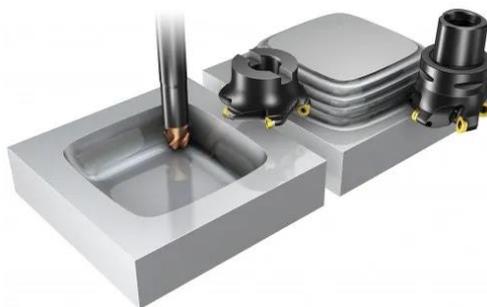
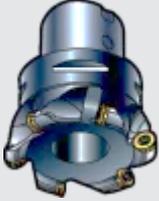


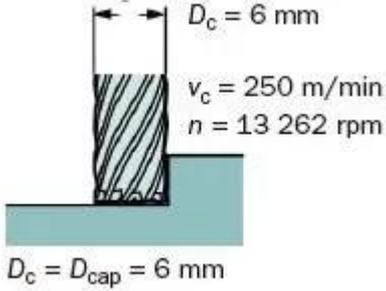
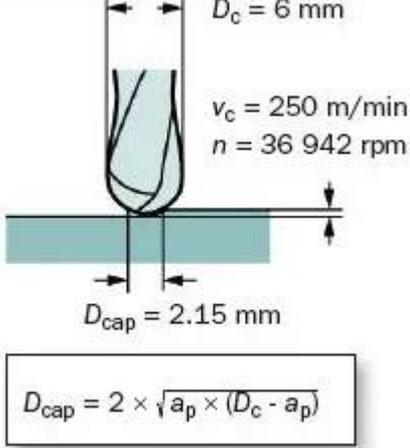
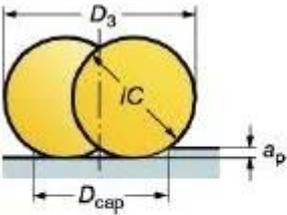
Figura 33: Fresado de perfiles (2)

Tabla 2: Fresado de perfiles

Fresado de Perfiles				
	Plaquitas redondas <i>(Round inserts)</i>	Punta esférica intercambiable <i>(Ball nose indexable)</i>	Punta esférica de cabeza intercambiable <i>(Ball nose exchangeable - head)</i>	Punta esférica enteriza de carburo <i>(Ball nose solid carbide)</i>
Tamaño del husillo/máquina	ISO 40, 50	ISO 40, 50	ISO 30, 40	ISO 30, 40
Requisitos de estabilidad	Altos	Medios	Medios	Bajos
Desbaste	Muy bueno	Bueno	Aceptable	Aceptable
Acabado	Aceptable	Aceptable	Muy bueno	Muy bueno
Profundidad de corte ap	Media	Media	Pequeña	Pequeña
Versatilidad	Muy buena	Muy buena	Muy buena	Muy buena
Productividad	Muy buena	Buena	Buena	Buena

A continuación; se muestra una tabla (Tabla 3) comparativa del diámetro de corte D_c / D_{cap} .

Tabla 3: Diámetro de corte entre las distintas terminaciones

Fresa de ranurar y escuadrar	Fresa de punta esférica
 <p>$D_c = 6 \text{ mm}$ $v_c = 250 \text{ m/min}$ $n = 13\,262 \text{ rpm}$ $D_c = D_{cap} = 6 \text{ mm}$</p>	 <p>$D_c = 6 \text{ mm}$ $v_c = 250 \text{ m/min}$ $n = 36\,942 \text{ rpm}$ $D_{cap} = 2.15 \text{ mm}$</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;"> $D_{cap} = 2 \times \sqrt{a_p \times (D_c - a_p)}$ </div>
Fresa de plaquita redonda	
 <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;"> $D_{cap} = D_3 - iC + \sqrt{iC^2 - (iC - 2 \times a_p)^2}$ </div>	

Fresa inclinada

En fresas de punta redonda, es recomendable inclinar la herramienta entre 10 y 15 grados como se muestra en Figura 34 con la inclinación de una punta redonda, para desplazar la zona del centro de la herramienta, con el fin de evacuar mejor la viruta. (En posición vertical, la velocidad de corte se aproxima a cero en el centro, donde la sección del filo es más crítica)

- a) Mayor velocidad de corte mínima.
- b) Optimización de la vida útil y la formación de la viruta.
- c) Mejor acabado superficial.

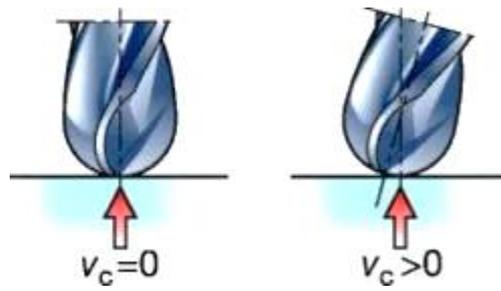


Figura 34: *Inclinación punta redonda*

4) **Fresado de ranuras y tronzado**

Las siguientes imágenes se muestran el fresado de ranuras: Figura 36 y Figura 35 [62].

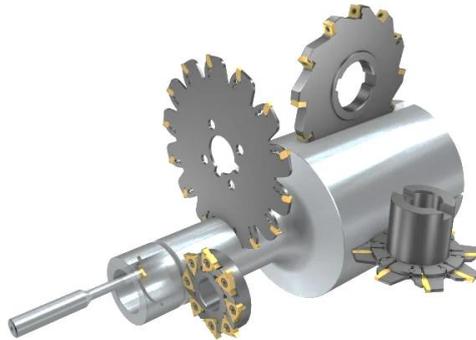


Figura 36: *Fresado de ranuras (1)*

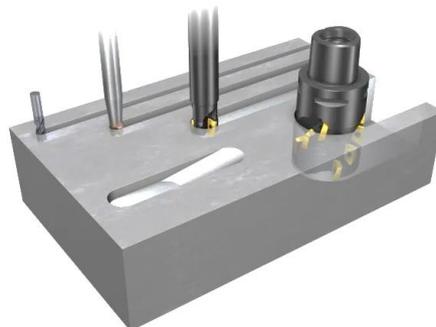


Figura 35: *Fresado de ranuras (2)*

En la siguiente tabla (Tabla 4) se muestran diferentes fresas usadas en el fresado de ranuras.

Tabla 4: Fresado de ranuras

Fresado de Ranuras				
	Fresas de ranurar de metal duro enterizas (<i>Solid carbide end mills</i>)	Fresas de ranurar de escuadra frontal (<i>Shoulder face end mills</i>)	Fresas de filo largo (<i>Long-edge cutters</i>)	Fresa de ranurar de cabeza intercambiable (<i>Exchangeable-head end mills</i>)
Tamaño del husillo/máquina	ISO 30, 40, 50	ISO 40, 50	ISO 40, 50	ISO 30,40, 50
Requisitos de estabilidad	Altos	Normales	Altos	Bajos
Desbaste	Muy bueno	Bueno	Muy bueno	Aceptable
Acabado	Muy bueno	Buenas	Aceptable	Muy bueno
Profundidad de corte (ap)	Grande	Media	Grande	Pequeña
Versatilidad	Muy buena	Buena	Aceptable	Muy buena
Productividad	Muy buena	Buena	Muy buena	Buena

5) Fresado de chaflanes

El objeto del achaflanado es eliminar aquellos ángulos rectos no deseados y obtener un bisel. La Figura 38 muestra el achaflanado de una arista y la Figura 37 el achaflanado de un agujero [63].



Figura 38: Achaflanado de una arista

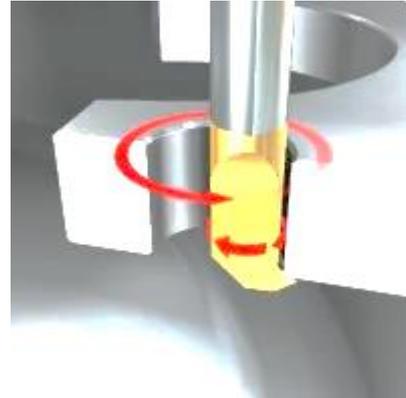


Figura 37: Achaflanado de un agujero

6) Torno-fresado

El torno-fresado se define como el fresado de una superficie curva mientras la pieza gira alrededor de su eje central tal como se muestra en la Figura 39 [64].

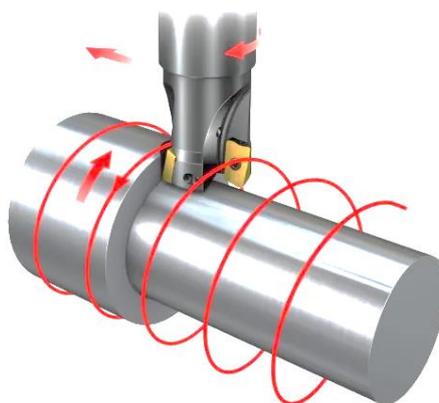


Figura 39: Torno-fresado

7) Mecanizado de engranajes

Proceso mediante el que se obtienen engranajes de alta calidad. La Figura 40 muestra el fresado de los dientes exteriores de 2 engranajes, mientras que la Figura 41 enseña el fresado de muescas interiores.

Sin embargo, en madera, puede no ser la opción recomendada debido a las propiedades físicas de la madera, entre las que se encuentra la capacidad de generar astillas de gran tamaño, desconchones... [65].



Figura 40: Fresado de engranajes (1)

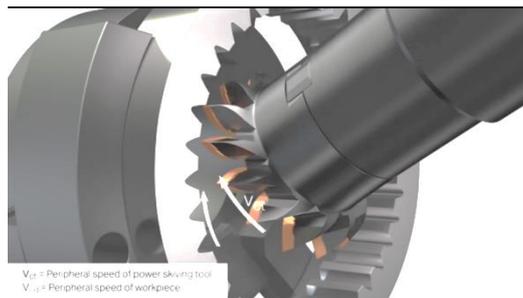


Figura 41: Fresado de engranajes (2)

8) Mecanizado de agujeros y cavidades/formación de cavidades

La Figura 42 muestra el proceso de mecanizado agujeros y cavidades mediante distintos métodos [66].

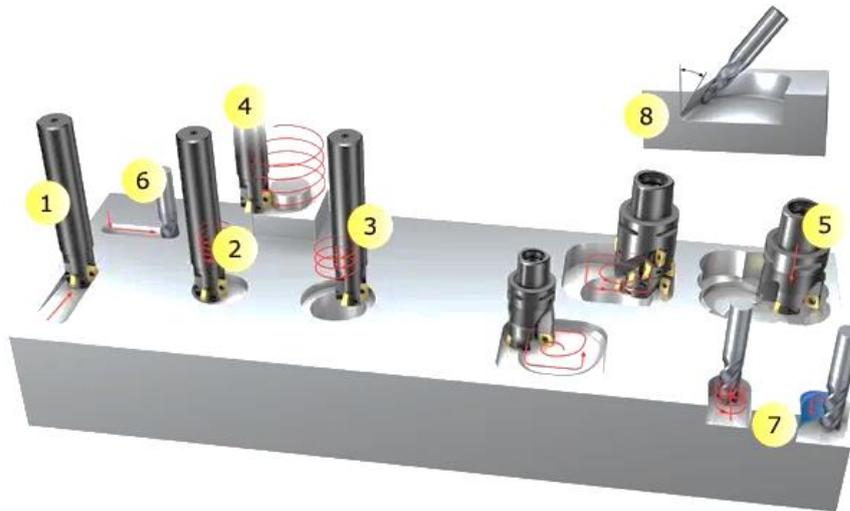


Figura 42: Mecanizado de cavidades

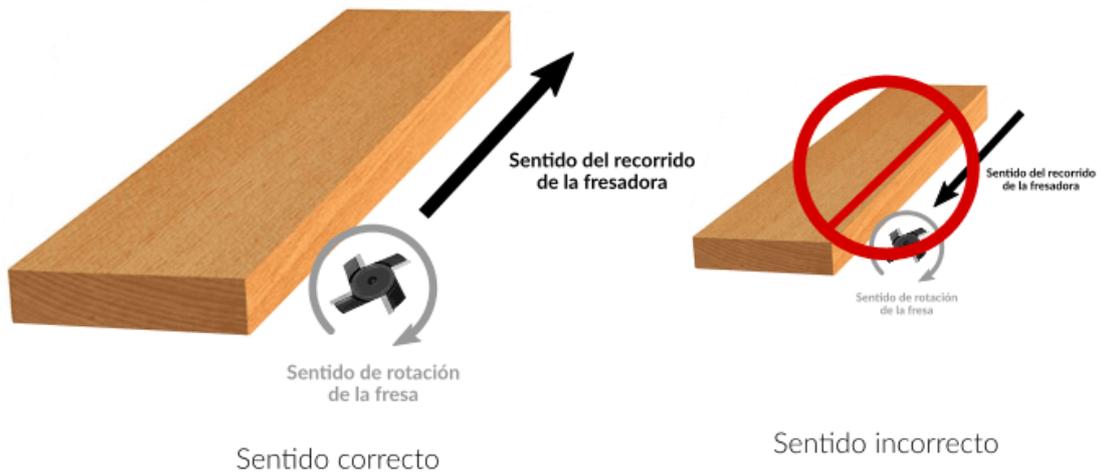
1. Rampa de dos ejes lineal
2. Rampa circular
3. Ampliado de agujero
4. Rampa circular exterior
5. «Plunge»
6. Ininterrumpido
7. Recorte
8. Cavidades/ángulos cerrados

Dirección del fresado

Longitudinal

La fresa siempre debe orientarse de manera que su filo cortante contacte con la madera y no al revés, como se observa en la Figura 43 [67].

USO CORRECTO DE LA FRESADORA



TECNITOOL

Figura 43: Sentido correcto del fresado de madera

Fresado hacia abajo vs. fresado hacia arriba

Para obtener un fresado exitoso (buen rendimiento y el menor desgaste de la herramienta), la formación de la viruta ha de obtenerse espesa al principio y delgada al final. La Figura 45 enseña el sentido correcto de fresado con la cuchilla vertical, y la Figura 44 en un fresado horizontal.

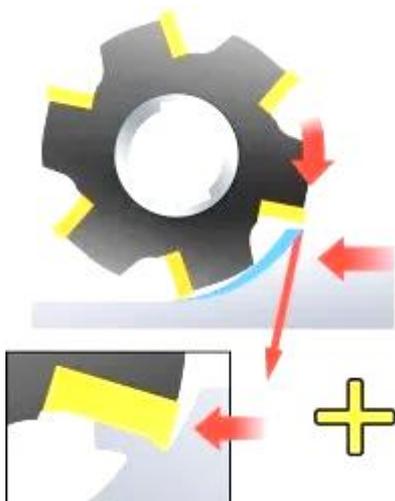


Figura 45: Fresado correcto (1)

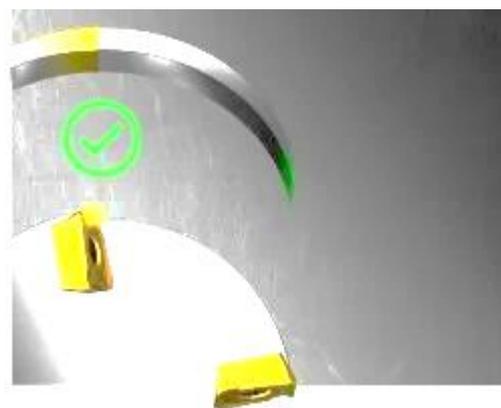


Figura 44: Fresado correcto (2)

Si no se efectúa de esta manera, la carga que soporta la herramienta es muy alta y obteniendo, como vaticina la Figura 47, una viruta con un grosor superior cuando el sentido de giro de la fresa no acompaña el sentido de movimiento de la pieza, o como se muestra en la Figura 46, desvastando prematuramente la plaquita de corte.

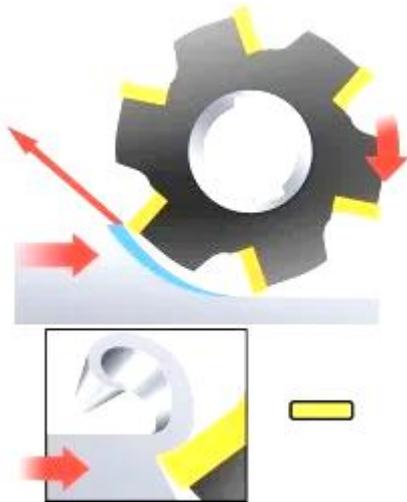


Figura 47: Fresado incorrecto (1)

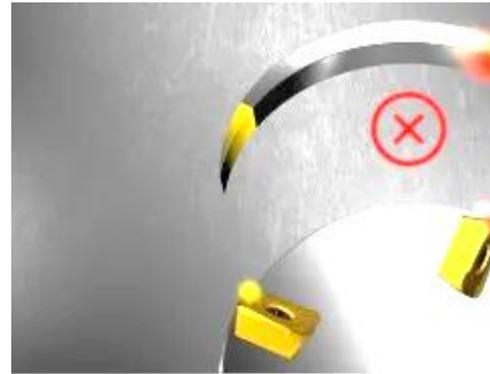


Figura 46: Fresado incorrecto (2)

Entrar en la pieza

Se pueden emplear 2 maneras correctas para entrar en la pieza a fresar con el objetivo de disminuir el desgaste prematuro de la fresa:

1. Reducir el avance

Reducir el avance un 50% hasta que la fresa alcance el empañe completo.

2. Entrada radial en el corte

Consideraciones técnicas y fórmulas

La tabla (Tabla 5) muestra las abreviaturas de las fórmulas, que permiten calcular las diferentes propiedades del fresado, y luego se muestran todas las fórmulas encontradas para estas propiedades. [68].

Tabla 5: Abreviaturas propiedades fresado

<i>Símbolo</i>	<i>Designación/definición</i>	<i>Métrico</i>
<i>ae</i>	Profundidad de corte radial	mm
<i>ap</i>	Profundidad de corte axial	mm
<i>DCap</i>	Diámetro de corte a la profundidad de corte ap	mm
<i>Dm</i>	Diámetro mecanizado (diámetro del componente)	mm
<i>fz</i>	Avance por diente	mm
<i>fn</i>	Avance por revolución	mm/r
<i>n</i>	Velocidad del husillo	rpm
<i>vc</i>	Velocidad de corte	m/min
<i>ve</i>	Velocidad de corte efectiva	mm/min
<i>vf</i>	Velocidad de avance	mm/min
<i>zc</i>	Número de dientes efectivos	unidades
<i>hex</i>	Grosor máximo de la viruta	mm
<i>hm</i>	Grosor medio de la viruta	mm
<i>kc</i>	Fuerza de corte específica	N/mm ²
<i>Pc</i>	Potencia neta	kW
<i>Mc</i>	Par de apriete	Nm

Velocidad de corte, v_c

La velocidad de corte indica la velocidad superficial a la que el filo mecaniza la pieza. Se obtiene con la Fórmula 1: Velocidad de corte.

$$v_c = \frac{\pi \times DC_{ap} \times n}{1000}$$

Fórmula 1: Velocidad de corte

Velocidad del husillo, n

La velocidad del husillo (n), es el número de vueltas por minuto que realiza la herramienta de fresado en el husillo. Se trata de un valor orientativo que se calcula a partir de la velocidad de corte recomendada para la operación mediante la Fórmula 2: Velocidad de giro.

$$n = \frac{v_c \times 1000}{\pi \times DC_{ap}}$$

Fórmula 2: Velocidad de giro

Avance por diente, f_z

Un valor para calcular el avance de mesa. El valor del avance por diente se calcula a partir del valor recomendado para el grosor de viruta máxima. La Figura 48: Avance por diente y se obtiene mediante la Fórmula 3: Avance por diente (1) o la Fórmula 4: Avance por diente (2).

$$f_z = \frac{v_f}{n \times Z_{EFF}}$$

Fórmula 3: Avance por diente (1)

$$f_z = \frac{v_f}{z \cdot n} \text{ (mm/t.)}$$

Fórmula 4: Avance por diente (2)

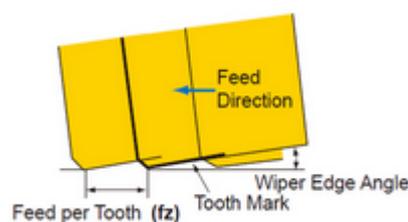


Figura 48: Avance por diente

Avance por revolución, f_n

El avance por revolución es un valor auxiliar que indica cuánto se desplaza la herramienta en una rotación completa. Se usa específicamente para los cálculos de avance y, a menudo, para determinar la capacidad de acabado de una fresa; y obtiene con la Fórmula 5: Avance por revolución.

$$f_n = \frac{v_f}{n}$$

Fórmula 5: Avance por revolución

Velocidad de avance, v_f

La velocidad de avance es la relación entre el avance de la herramienta y la pieza de trabajo. Obtenible mediante la Fórmula 6: Velocidad de avance.

$$v_f = f_n \times n \times Z_{EFF}$$

Fórmula 6: Velocidad de avance

Régimen de arranque de viruta, Q (mm^3/min)

El régimen de arranque de viruta determina el volumen de material eliminado en mm cúbicos por minuto ($\text{mm}^3/\text{minuto}$). Se determina usando los valores de avance, ancho y profundidad de corte, como se indica en la Fórmula 7: Arranque de viruta.

$$Q = \frac{AP \times a_e \times v_f}{1000}$$

Fórmula 7: Arranque de viruta

Fuerza de corte específica, k_{ct}

La fuerza de corte específica es un factor empleado para cálculos de potencia expresado en N/mm^2

Tiempo de mecanizado, Tc (min)

El tiempo de mecanizado se determina mediante la Fórmula 8 y relaciona la longitud de mecanizado (L) con la velocidad de avance (vf), como bien indica la Figura 49, que además proporciona indicaciones para hallar el valor de L como: Longitud de mecanizado (L) = l + DCap; donde DCap es la distancia de corte [69].

Figura 49: Distancia de corte y longitud de mecanizado

$$T_c = \frac{L}{v_f} \text{ (min)}$$

Fórmula 8: Tiempo de mecanizado



Figura 49: Distancia de corte y longitud de mecanizado

Potencia neta, Pc

La potencia neta se calcula para garantizar que la máquina es lo suficientemente resistente para la fresa y la operación. Se usa la Fórmula 9: Potencia neta para obtener su valor.

$$P_c = \frac{a_e \times AP \times v_f \times k_c}{60 \times 10^6}$$

Fórmula 9: Potencia neta

Par de apriete, MC

El par de apriete se obtiene con la Fórmula 10: Par de apriete.

$$M_c = \frac{P_c \times 30 \times 10^3}{\pi \times n}$$

Fórmula 10: Par de apriete

Definiciones para fresas

La Figura 50: Ángulo del filo indica como se calcula ángulo de filo (kr) (en ° grados).

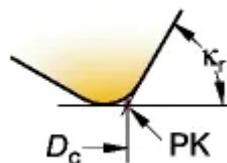


Figura 50: Ángulo del filo

Diámetro de la fresa – D_c (mm)

El diámetro de la fresa o de corte efectivo (D_c o D_{cap}) se mide desde el punto (PK) y determina la profundidad de corte real (a_p), que se usa para calcular la velocidad de corte real. La Figura 51 ejemplifica distintos diámetros de corte para distintos modelos de fresa.

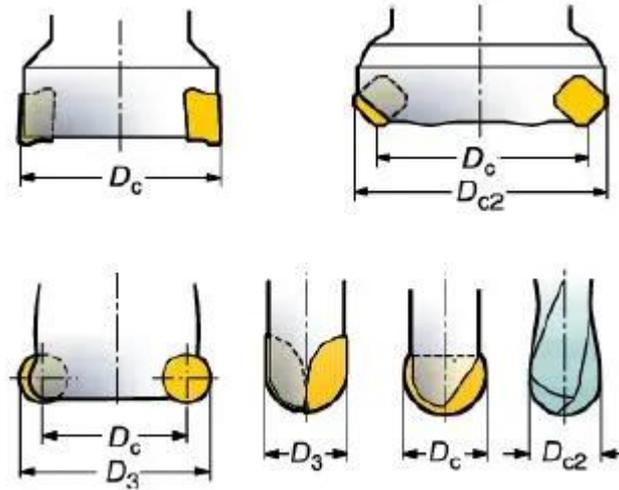


Figura 51: Diámetros de corte de la fresa

Profundidad de corte – a_p (mm)

La profundidad de corte (a_p) máxima, bien ejemplificada en la Figura 52, está limitada principalmente por el tamaño de la fresa o plaquita.

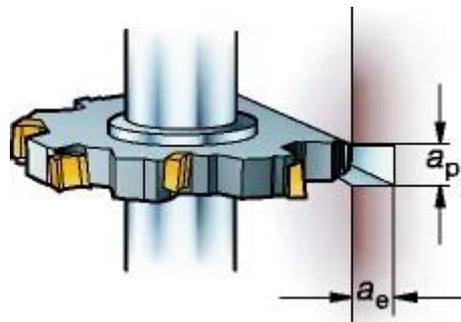


Figura 52: Profundidad de corte

Ancho de corte, a_e (mm)

El ancho radial de la fresa se define con el símbolo a_e .

Número de filos efectivos en la herramienta, z_c

El número de filos efectivos en la herramienta se usa para determinar el avance de mesa (v_f) y la productividad.

El número total de filos de corte en la herramienta, z_n

La Figura 53 muestra la relación entre z_c y z_n .

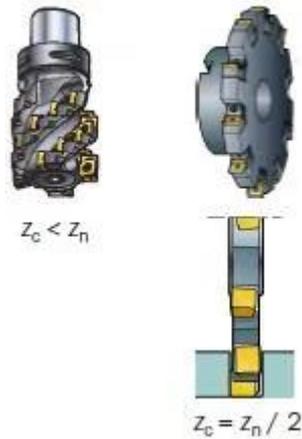


Figura 53: Número de filos efectivos

Distancia entre los filos efectivos, u

La Figura 54 enseña cómo se calcula la distancia entre filos.

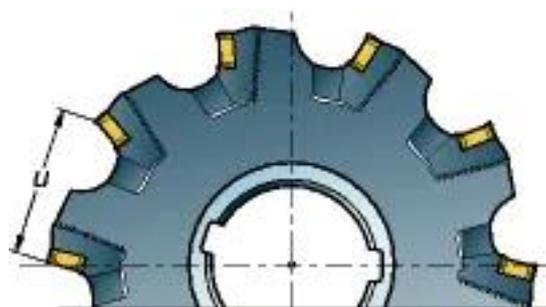


Figura 54: Distancia entre filos

Defectos en el fresado

En el fresado de madera pueden surgir algunos inconvenientes:

- 1) Quemado por fricción
- 2) Arranque de viruta no intencionado (astillado)

4.3.8 FRESAS

Una vez tratado el tema del arranque de viruta, y centrándose en el mecanizado por fresado, hay que entrar en detalles de cómo son las fresas (*end mill*, *router bit*-en inglés-) y como acoplarlas al portaherramientas del electro-husillo.

Las **fresas**, generalmente hechas de acero de alta calidad (HSS) o de carburo (como el carburo de tungsteno), son usadas, en su mayoría, en el mecanizado de piezas de metal o madera [70,71].

Hay 2 grandes grupos entre los modelos de fresas existentes, cabeza de corte fija o reemplazable:

FIJA

Se caracterizan por ser una sola pieza el vástago y la cabeza de corte, y, por lo tanto, del mismo material. Impiden, por tanto, ser utilizadas en materiales con una resistencia alta, como el HRSA.

Existen multitud de fresas de este tipo, en función de la tarea a realizar, pero se pueden entender con los 3 grupos mostrados en la Figura 55, así como los aspectos a tener en cuenta en el diseño según la tabla (Tabla 6) [72]:

Tabla 6: Tabla con las partes de la fresa

D	Diámetro de corte
I	Longitud de corte
S	Diámetro del mango/vástago
L	Longitud total
R	Radio de corte para redondeo
A	Ángulo de corte

La Figura 55 muestra 3 tipos de fresas con guiado en la parte inferior y con una punta/superficie de corte “**no reemplazable**”, refiriéndome a que es parte de la misma fresa. Por otro lado, se encuentran las fresas con la punta de corte “**intercambiable**” como se indica en la Figura 56.

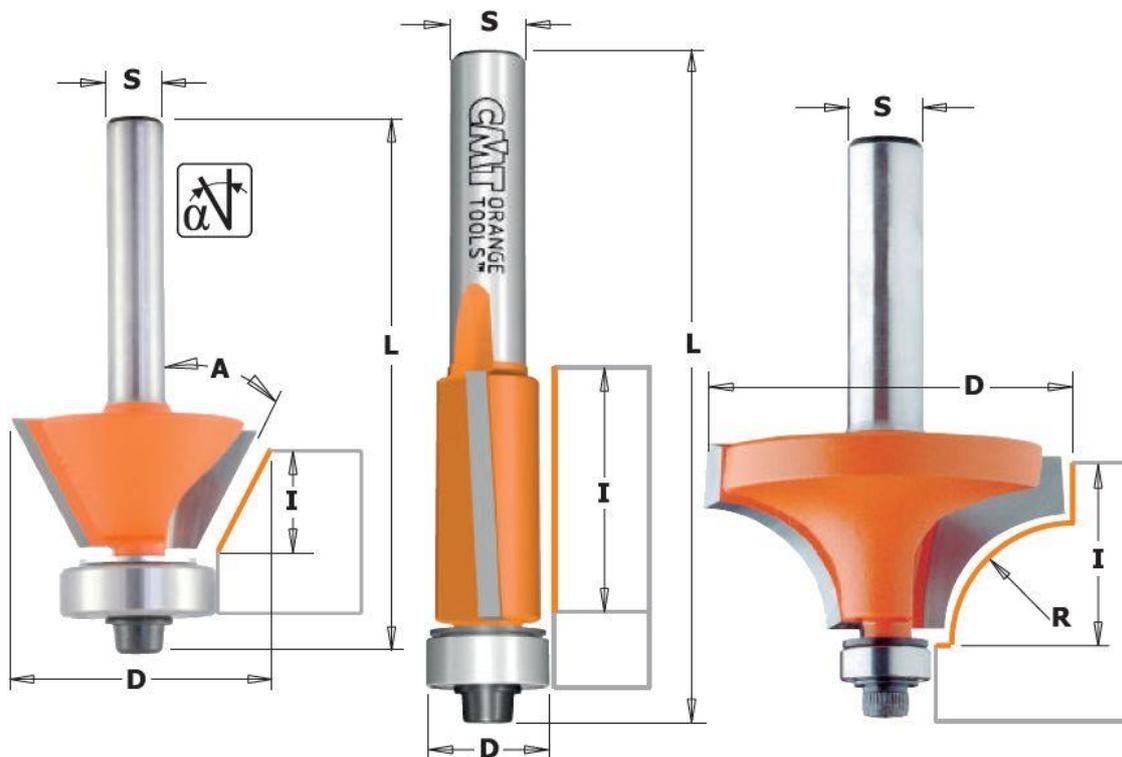


Figura 55: Partes fresa

MODULAR

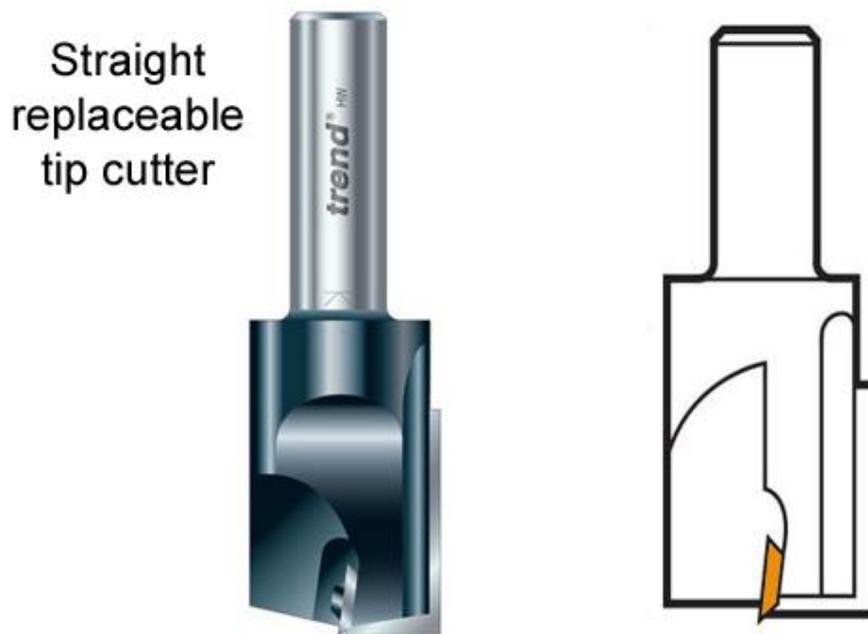


Figura 56: Punta de corte intercambiable

Ya explicadas las partes de una fresa, ahora es necesario exponer el **tipo** de fresa y el **canal** que produce en el material. Las figuras: Figura 57 y Figura 58 muestran un amplio abanico de ejemplo según la forma de la fresa [73].

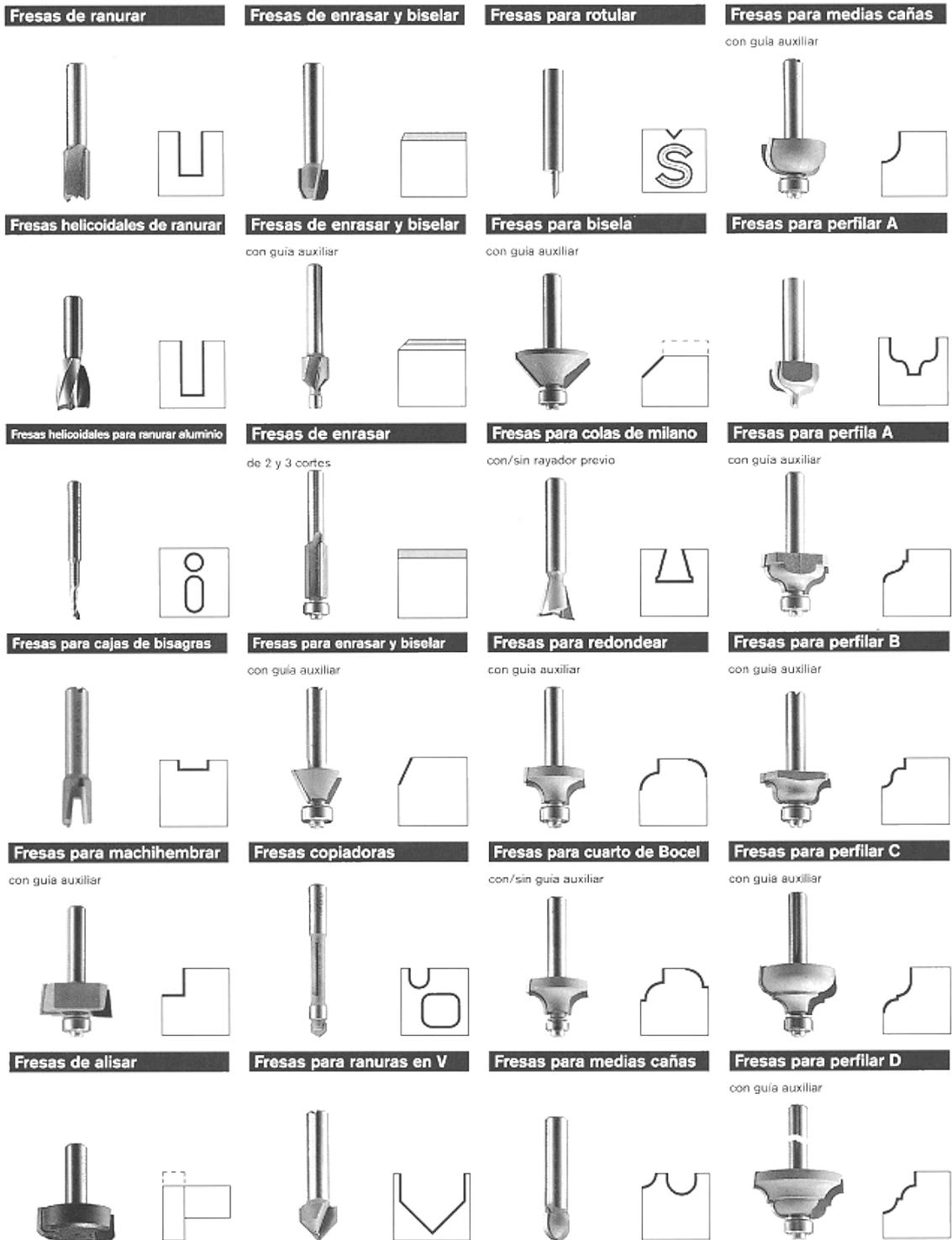


Figura 57: Tipos de fresas (1)

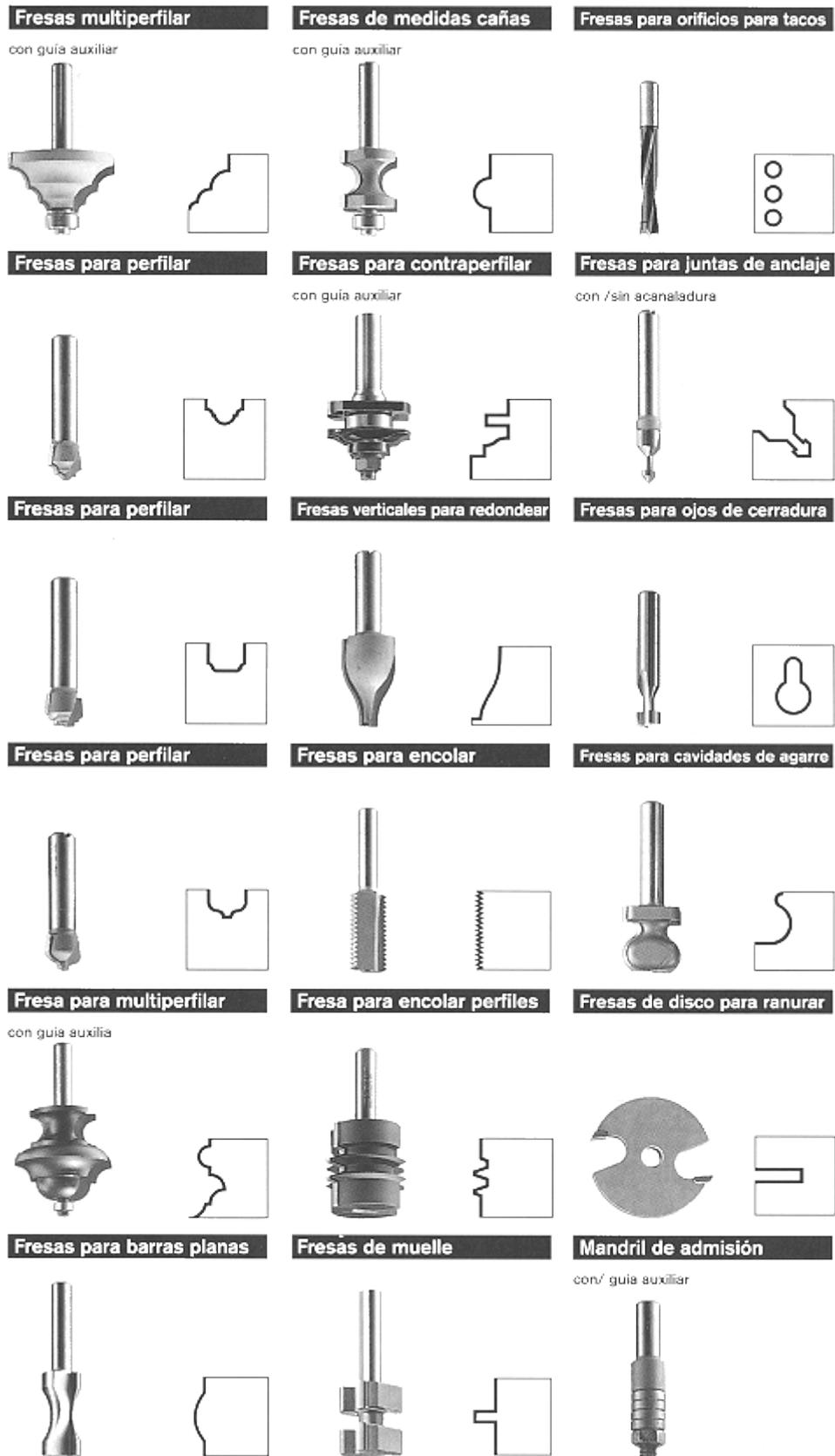
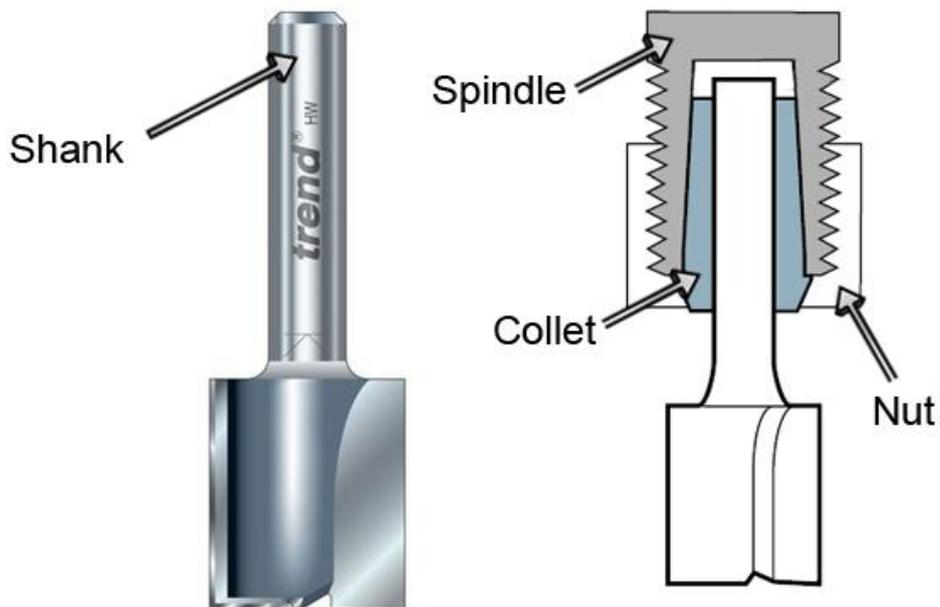


Figura 58: Tipos de fresas (2)

A continuación, en la Figura 59 se observa cómo se ajusta una fresa a la boquilla de ajuste [74].

Figura 59: Acople fresa a la boquilla de ajuste



Por último, dentro de las características importantes, ha de mencionarse la máxima velocidad de uso, en función del ancho de corte como lo indica la siguiente tabla (Tabla 7) [75].

$$1'' \text{ (pulgada)} = 25.4 \text{ mm}$$

Tabla 7: Ancho de corte y máxima velocidad en RPM

Ancho de corte	Máxima velocidad (RPM)
Hasta 1''	24,000
1 ¼'' a 2''	18,000
2 ¼'' a 2 ½''	16,000
3'' a 3 ½''	12,000

4.3.9 SEGURIDAD

VALLADO

Para disminuir el riesgo debido al movimiento del robot, es indispensable configurar un vallado de seguridad:

- Anclado firmemente al suelo
- De fabricación sólida
- Que no se pueda anular con facilidad (fijados mediante elementos que necesiten herramientas, como es el tornillo cautivo)
- Que permita el acceso indispensable para reparaciones/mantenimiento

La siguiente Figura 60 muestra una tabla con dimensiones para los paneles de seguridad.

Altura del vallado	Dimensiones del panel, de centro del poste a centro del poste (AxDt)*													
	250	300	400	500	600	700	750	800	900	1000	1250	1500	1750	2000
1200	160x1050	210x1050	310x1050	410x1050	510x1050	610x1050	660x1050	710x1050	810x1050	910x1050	1160x1050	1410x1050	1660x1050	1990x1050
1400	160x1250	210x1250	310x1250	410x1250	510x1250	610x1250	660x1250	710x1250	810x1250	910x1250	1160x1250	1410x1250	1660x1250	1990x1250
1600	160x1450	210x1450	310x1450	410x1450	510x1450	610x1450	660x1450	710x1450	810x1450	910x1450	1160x1450	1410x1450	1660x1450	1990x1450
1800	160x1650	210x1650	310x1650	410x1650	510x1650	610x1650	660x1650	710x1650	810x1650	910x1650	1160x1650	1410x1650	1660x1650	1990x1650
2000	160x1850	210x1850	310x1850	410x1850	510x1850	610x1850	660x1850	710x1850	810x1850	910x1850	1160x1850	1410x1850	1660x1850	1990x1850
2200	160x2050	210x2050	310x2050	410x2050	510x2050	610x2050	660x2050	710x2050	810x2050	910x2050	1160x2050	1410x2050	1660x2050	1990x2050
2400	160x2250	210x2250	310x2250	410x2250	510x2250	610x2250	660x2250	710x2250	810x2250	910x2250	1160x2250	1410x2250	1660x2250	1990x2250
2700	160x2550	210x2550	310x2550	410x2550	510x2550	610x2550	660x2550	710x2550	810x2550	910x2550	1160x2550	1410x2550	1660x2550	1990x2550

Figura 60: Tabla dimensiones panel de seguridad

En siguiente lugar, remarcar la Figura 61 que muestra un panel de seguridad con una distancia al suelo de 150 mm [76–78].

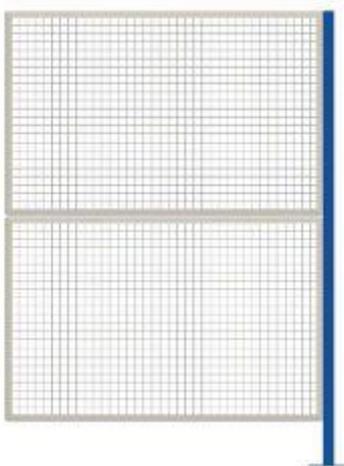


Figura 61: Panel de seguridad con distancia al suelo de 150 mm

CORTINAS FOTOELÉCTRICAS DE SEGURIDAD

Las cortinas fotoeléctricas, como las indicadas en la Figura 62, permiten implementar una zona de seguridad de forma fiable y económica [79,80].



Figura 62: Cortina de seguridad

ALFOMBRA DE SEGURIDAD

La Figura 63 muestra una alfombra de seguridad industrial, sensible a la presión, y diseñada para detectar la presencia de personas o máquinas en una superficie delimitada [81].

2 características a tener en cuenta antes de usar una de éstas son:

- 1) Protección IP-65
- 2) Temperatura de trabajo entre +5°C y + 60°C

Si el ambiente de trabajo no cumple estas condiciones, no podrán ser usadas.



Figura 63: Alfombra de seguridad

4.3.10 AUTÓMATA PROGRAMABLE-CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC)

El control del robot se establece a través del PLC (*“Programmable Logic Controller”*), como el de la Figura 64 dividido en módulos acoplados al principal. A diferencia de otros dispositivos electrónicos, como es el caso de los ordenadores tradicionales, el PLC está diseñado para manejar múltiples señales de entrada y salida en condiciones muy desfavorables de temperatura, ruido eléctrico, vibración, impactos.... [82,83]



Figura 64: PLC

4.3.11 BOTONERA

La botonera de activación y seguridad estará compuesta por pulsadores industriales, Figura 66, y setas de emergencia, Figura 65, de fácil activación [84,85].



Figura 65: Seta de emergencia



Figura 66: Botón industrial

4.4 NORMATIVA Y LEGISLACIÓN

A continuación, se expone la normativa referente a distintos elementos nombrados y/o utilizados durante la elaboración del proyecto [86,87].

Referentes a la implementación de robots industriales y automática:

4.4.1 *UNE-EN ISO 10218-1 (ISO 10218-1:2011) - Robots y dispositivos robóticos.*

Requisitos de seguridad para robots industriales. Parte 1: Robots.

Esta norma trata la identificación de peligros, evaluación de riesgos, medidas de protección, señalización, entre otros aspectos similares.

**En poco tiempo entrará en vigor PREN ISO 10218-1, y sustituirá esta norma. (ISO/DIS 10218-1:2021) **

4.4.2 *UNE-EN ISO 10218-2 (ISO 10218-2:2011) - Robots y dispositivos robóticos.*

Requisitos de seguridad para robots industriales. Parte 2: Sistemas robot e integración.

Esta norma trata los temas de la *UNE-EN ISO 10218-1* desde el punto de vista de la integración del robot con el entorno y las personas que lo manipulan.

4.4.3 *UNE-EN 61131-1 – Autómatas programables*

Parte 1: Información general.

Esta norma trata los temas relacionados con un autómata programable (PLC) y las características de cada una de sus funciones.

4.4.4 *ISO/TR 13309:1995 – “Manipulating industrial robots”*

“Informative guide on test equipment and metrology methods of operation for robot performance evaluation in accordance with ISO 9283”

4.4.5 *ISO 9283:1998 – “Manipulating industrial robots”*

“Performance criteria and related test methods”

4.4.6 *ISO 9409-1:2004 – “Manipulating industrial robots”*

“Mechanical interfaces — Part 1: Plates”

4.4.7 *ISO 9409-2:2002 – “Manipulating industrial robots”*

“Mechanical interfaces — Part 2: Shafts”

4.4.8 *ISO 9787:2013 – “Robots and robotic devices”*

“Coordinate systems and motion nomenclatures”

4.4.9 *UNE-EN ISO 13482:2014 (ISO 13482:2014) - Robots y dispositivos robóticos.*

Requisitos de seguridad para robots no industriales. Robots de asistencia personal no médicos

4.4.10 *ISO 14539:2000 - Manipulating industrial robots*

“Object handling with grasp-type grippers”

“Vocabulary and presentation of characteristics”

Referentes al husillo y accesorios asociados:

4.4.11 *UNE 15-009-94 – Mangos de herramientas de conicidad 7/24 para cambio automático de herramientas.*

Parte 1: CONOS NUMÉROS 40, 45, 50. Medidas y tolerancias de conicidad.

Establece las medidas para los conos número 40, 45 y 50.

4.4.12 *UNE 15-009-94 – Mangos de herramientas de conicidad 7/24 para cambio automático de herramientas.*

Parte 2: TIRANTES PARA CONOS NUMÉROS 40, 45, 50. Medidas y características mecánicas.

Establece las medidas para los tirantes para conos número 40, 45 y 50.

4.4.13 *UNE 15-219-92 – Elementos modulares para la construcción de máquinas herramientas.*

Paletas. Parte 1: Paletas porta-piezas de medida nominal hasta 800mm.

4.4.14 *UNE 15-219-92 – Elementos modulares para la construcción de máquinas herramientas.*

Paletas. Parte 2: Paletas porta-piezas de medida nominal superior a 800mm.

4.4.15 *UNE-EN ISO 15641 (ISO 15641:2001) – Fresas para mecanizado a alta velocidad*

Requisitos de seguridad.

4.4.16 *UNE-EN ISO 4414:2011 (ISO 4414:2010) - Transmisiones neumáticas.*

Reglas generales y requisitos de seguridad para los sistemas y sus componentes.

Referente a la protección IP:

4.4.17 *UNE-EN IEC 60034-5:2020 – Máquinas eléctricas rotativas.*

Parte 5: Grados de protección proporcionados por el diseño integral de las máquinas eléctricas rotativas (código IP). Clasificación. (Ratificada por la Asociación Española de Normalización en julio de 2020.)

Referente a la máquina eléctrica:

4.4.18 *ISO 1940-1:2003 – “Mechanical vibration”*

“Balance quality requirements for rotors in a constant (rigid) state — Part 1: Specification and verification of balance tolerances”

Referentes a la seguridad:

4.4.19 *UNE 108-142-88 – Rejas fijas.*

CARACTERÍSTICAS Y ENSAYO DE CALIFICACIÓN.

4.4.20 *UNE-EN ISO 14120 (ISO 14120:2015) – Seguridad de las máquinas*

Resguardo

Requisitos generales para el diseño y construcción de resguardos fijos y móviles.

4.4.21 *UNE-EN ISO 12100:2012 (ISO 12100:2010) - Seguridad de las máquinas.*

Principios generales para el diseño. Evaluación del riesgo y reducción del riesgo.

4.4.22 *UNE-EN ISO 14119:2014 (ISO 14119:2013) – Seguridad de las máquinas.*

Dispositivos de enclavamiento asociados a resguardos. Principios para el diseño y la selección.

4.4.23 *UNE-EN ISO 13857:2020 (ISO 13857:2019) - Seguridad de las máquinas.*

Distancias de seguridad para impedir que se alcancen zonas peligrosas con los miembros superiores e inferiores.

4.4.24 *UNE-EN ISO 13849-1:2016 (ISO 13849-1:2015) - Seguridad de las máquinas.*

Partes de los sistemas de mando relativas a la seguridad. Parte 1: Principios generales para el diseño.

4.4.25 *UNE-EN ISO 13849-2:2013 (ISO 13849-2:2012) - Seguridad de las máquinas.*

Partes de los sistemas de mando relativas a la seguridad. Parte 2: Validación.

Normativas para la mejora del proyecto en áreas de implementación de seguridad:

4.4.26 *UNE-EN ISO 11354-1 (ISO 11354-1:2011) – Tecnologías avanzadas de automatización y sus aplicaciones.*

Requisitos para establecer la interoperabilidad entre procesos de fabricación en las empresas.

Parte 1: Marco para interoperabilidad en las empresas.

4.4.27 *UNE 15300-5 – Máquinas herramienta.*

Código de verificación de máquinas-herramienta.

Parte 5: Determinación de la emisión de ruido.

4.4.28 *UNE-EN IEC 62046:2018 – Seguridad de las máquinas.*

Aplicación del equipo de protección para detectar la presencia de personas (Ratificada por la Asociación Española de Normalización en agosto de 2018).

4.4.29 *UNE-EN 60947-5-2 – Aparataje de baja tensión.*

Parte 5-2: Aparatos y elementos de conmutación para circuitos de mando. Detectores de proximidad

4.4.30 *UNE-EN 60204-1 – Seguridad de las máquinas*

Equipo eléctrico de las máquinas. Parte 1: Requisitos generales.

5 INTRODUCCIÓN, MODELAJE Y VALIDACIÓN (SOFTWARE)

5.1 ROBOTSTUDIO 2021.4 Y OTROS SIMULADORES

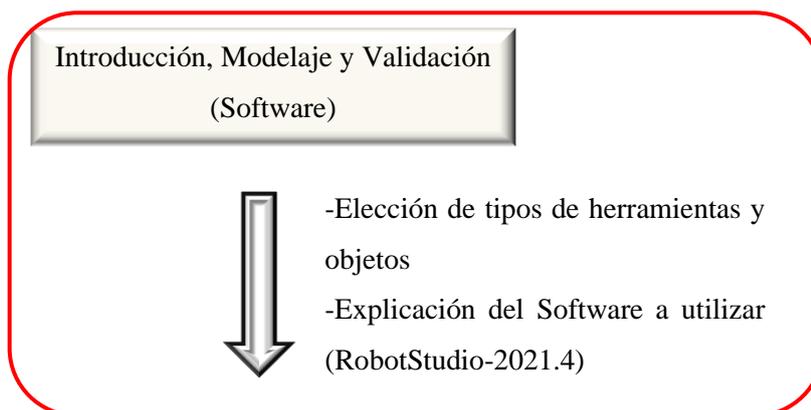
El avance rápido en la tecnología y los altos costes de adquisición de un robot, impiden la adquisición de uno para su testeo en planta a medida que se va avanzando en el desarrollo.

Es por eso, que se han desarrollado simuladores precisos que permiten la comprobación anticipada del desarrollo en planta, posibilitando la corrección de fallos y evitando parar la producción una vez terminada la instalación. Ayuda, por tanto, a reducir costes y agilizar el desarrollo.

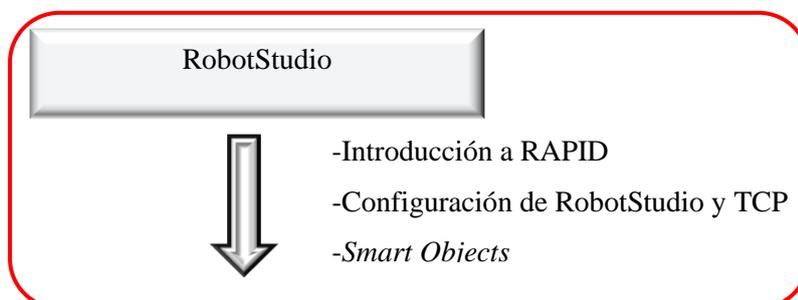
Encontramos varios ejemplos de simuladores: RoboDK, SprutCAM, drag&bot, RobotStudio...

Se ha decidido optar por el uso de RobotStudio, un potente programa que se basa en ABB VirtualController, una copia real del programa que se usa en planta; y que permite la simulación realista de los productos de ABB, altamente versátiles y con una innovación constante.

La versión a utilizar será la 2021.4 (21.2.9526.0) y la versión de RobotWare 6.12.03.



5.1.1 INTRODUCCIÓN A RAPID



RAPID (Robotics Application Programming Interactive Dialogue) es el lenguaje de programación utilizado por ABB en sus productos: RobotStudio, controladores IRC5, FlexPendant.[88]

COMANDOS:

Const: datos con un valor fijo. No se puede reasignar un nuevo valor.

Var: Datos que pueden cambiar su valor durante la ejecución del programa.

Pers: Si se varía su valor durante la ejecución del programa, también cambia su valor de inicialización.

A estos 3 tipos de comandos, se les pueden asignar valores “atómicos” o “registros”.

a) Atómico: guarda un SOLO valor

- Bool: valores lógicos (verdadero/falso)
- String: guarda cadenas de caracteres-máx 80-entrecomillado
- Num: valor numérico (entero o real)

b) Registro: permite guardar más de un dato de forma ordenada

- Speeddata: permite especificar la velocidad de movimiento de los ejes. Si se usan los datos internos V5, V10, etc... pueden usarse para definir una variable con datos predefinidos sin necesidad de declarar el valor de cada parámetro.

Test: la función SWITCH. Se ejecutan diferentes instrucciones en función del valor de un dato o expresión. La Figura 67 muestra el formato de Test.

```
TEST reg1
CASE 1,2,3:
    routine1;
CASE 4:
    routine2;
DEFAULT:
    TPWrite "Illegal choice";
    Stop;
ENDTEST
```

Figura 67: Formato Test

GOTO: salta a otra instrucción

Break: Interrumpe la ejecución del programa

Clear: Asigna un valor “0” a una variable numérica o persistente

IOEnable: Activa una E/S

IODisable: Desactiva una E/S

Func: Permite crear una función como se indica en la Figura 68.

```
FUNC <tipo valor dato> (Lista de parámetros)
    <Lista de declaraciones de datos>;
    <Lista de instrucciones>;
    RETURN dato;
    ERROR <lista instrucciones>;
ENDFUNC
```

Figura 68: Imagen función

MoveL: Mueve el robot a lo largo de una trayectoria rectilínea, teniendo en cuenta el TCP

MoveJ: Mueve el robot rápidamente de un punto a sin seguir una línea recta.

MoveC: Mueve el robot en una trayectoria circular. Se programa según indica la Figura 69.

```
MoveC ([\Conc] CirPoint ToPoint [\ID] Speed [\V] | [\T] Zone [\Z][\Inpos] Tool
[\WObj] [\Corr])
```

Figura 69: Comando MoveC

MoveLDO: Mueve el robot linealmente y establece una salida digital (podemos usarlo de la misma manera para MoveCDO y MoveJDO). La Figura 70 indica las partes de dicho comando.

```
MoveLDO (ToPoint [\ID] Speed [\T] Zone Tool [\WObj] Signal Value)
```

Figura 70: Comando MoveLDO

WaitDI: Espera hasta que se activa una señal digital de entrada y se usa como indica la Figura 71.

```
WaitDI (Signal Value [\MaxTime] [\TimeFlag])
```

Figura 71: Comando WaitDI

WaitTime: Espera una determinada cantidad de tiempo

SetDO: Cambia el valor de una señal digital de salida y se usa como indica la Figura 72.

```
SetDO [ \SDelay ]|[ \Sync ] Signal Value
```

Figura 72: Comando SetDO

Reset: Estable una señal de salida a cero

La velocidad en RobotStudio está medida en mm/s y grados/s

5.1.2 TCP Y ZONA DE TRAYECTORIA

Fundamental es comprensión correcta del TCP (*Tool Centre Point*). Dicho punto, como está mostrado en la Figura 73, es el extremo del robot y al que se van a referenciar todos los puntos de posiciones del robot.

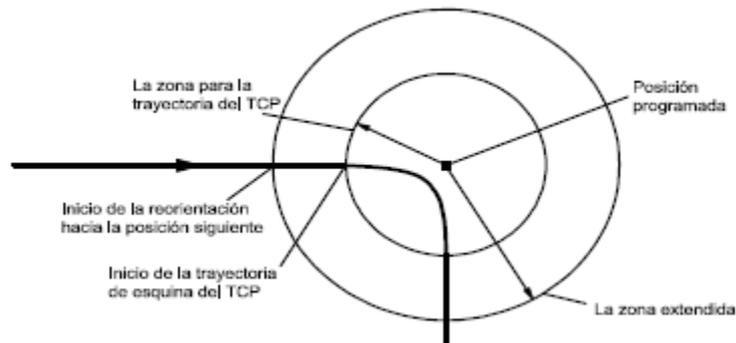


Figura 73: TCP

Cuando se establezca una trayectoria entre 2 puntos, se podrá especificar la característica “fine” (*zonedata*-comando tipo registro), que indicará al programa que es necesario llegar hasta el punto EXACTO que se ha establecido, para evitar que realice una curva (alrededor del punto) no deseada en la trayectoria entre ese punto y el siguiente.

5.1.3 SMART OBJECTS/COMPONENTES INTELIGENTES

Los “*Componentes inteligentes*” permiten configurar objetos que interactúan con el robot. Así, podemos configurar sensores, movimiento lineal de un objeto...; utilizar puertas lógicas, biestables...; que permitan su comunicación con el PLC y a su vez con el Robot.

Este es el elemento imprescindible para poder configurar el cambio de herramientas con el portaherramientas, detectar un objeto y realizar la trayectoria de fresado... y mucho más.

En definitiva, la implementación de “*Componentes inteligentes*” es esencial para la correcta simulación del entorno y conectividad para la automatización.

A continuación, se enumeran los principales “*Componentes inteligentes*” usados:

1. *Source*: La Figura 74 muestra el símbolo "source", elemento que permite crear una copia de un modelo en cualquier parte del espacio tridimensional.

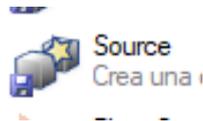


Figura 74: símbolo "source"

2. *Queue*: La Figura 75 muestra el símbolo de cola, que permite la creación de una cola tipo FIFO (*first input, first output*- el primer objeto que entra en la cola, es el primero que se puede sacar).

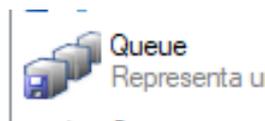


Figura 75: Símbolo de cola

3. *LinearMover*: La Figura 76 muestra el símbolo para simular el movimiento lineal en un objeto.

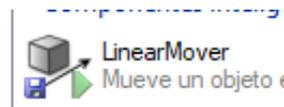


Figura 76: Símbolo para mover linealmente.

4. *PlaneSensor*: La Figura 77 muestra el símbolo del sensor, que permite establecer un sensor para detectar un objeto que corte el plano.



Figura 77: Símbolo sensor

5. *CollisionSensor*: La Figura 78 muestra el símbolo para simular los sensores de colisión, permitiendo la detección entre 2 objetos y establecer una salida digital cuando ocurra.

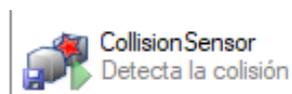


Figura 78: Símbolo para sensores de colisión.

6. *Attacher*: Permite simular la “conexión” entre 2 objetos, como ocurre con una pinza y un objeto y se indica con el símbolo de la Figura 79.



Figura 79: Símbolo de agarrar

7. *Detacher*: Permite simular la “desconexión” entre 2 objetos y se indica con el símbolo de la Figura 80.



Figura 80: Símbolo soltar

8. *LogicSRLatch*: Permite implementar un Biestable o *Flip-Flop* asíncrono y se indica con el símbolo de la Figura 81.

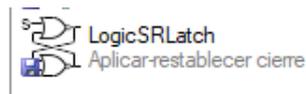
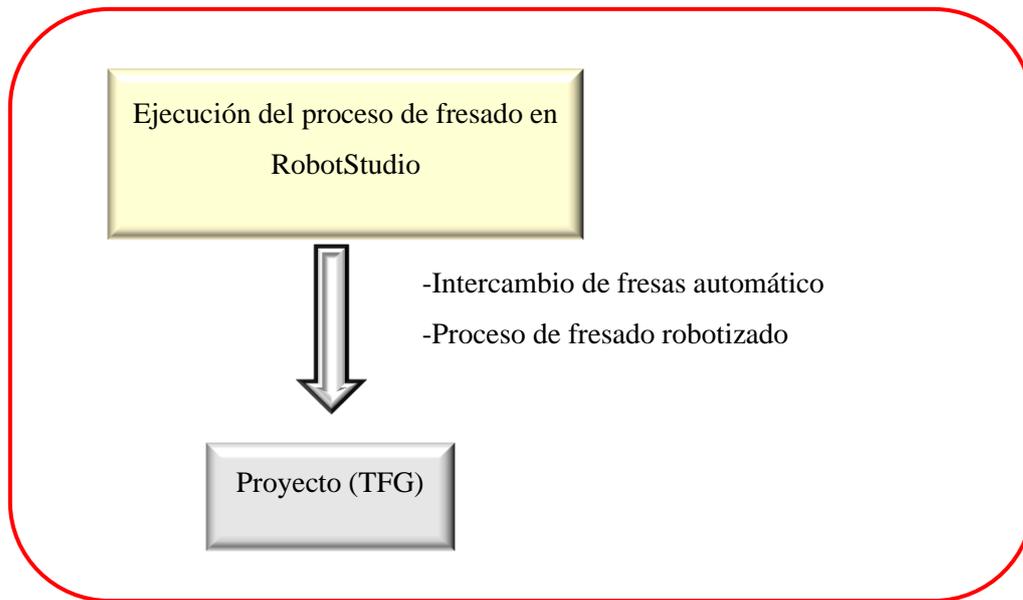


Figura 81: Símbolo de puerta lógica

5.2 HERRAMIENTAS



5.2.1 ELECCIÓN DE LAS HERRAMIENTAS Y PLANOS

Es imprescindible mostrar las especificaciones de las herramientas a usar, así como los planos, de las piezas realizadas con el programa de diseño CAD 3D de conveniencia, correctamente acotados.

5.2.1.1 ROBOT (MODELO)

Existen una extensa variedad de modelos de robots industriales de distintas marcas ABB, KUKA, FANUC, entre otros. Sin embargo, RobotStudio es una herramienta de ABB destinada a sus productos, por lo que hay que decidir entre los distintos modelos disponibles de ABB. [89–91].

Disponemos de distintos tipos de robot según la función que necesitemos realizar, acordes a la clasificación disponible en ABB:

1. Articulado (Antropomórfico)
2. Colaborativo
3. Destinado a pintura
4. Delta (Paralelo)
5. SCARA
6. Cartesiano

Para la función de fresado en madera ha de elegirse un robot que permita flexibilidad y alcance, por lo que se elegirá un modelo de la primera categoría: *articulado*.

Una vez escogido el tipo de robot a usar, hemos de seleccionar el modelo que mejor se adecúe a nuestro propósito.

En este caso se ha optado por usar el modelo IRB 6660, debido a que se ha diseñado en específico para este tipo de aplicaciones, como es el fresado, acabado, pulido, corte y serrado.

Como robot de apoyo para mover las piezas entre las cintas de entrada, salida y la mesa de fresado se ha escogido el modelo IRB 7600 y el posicionador IRBT7004 [92–95].

CONFIGURACIÓN

Sin embargo, hay que especificar en qué configuración se va a usar el robot, pues se disponen de 3 configuraciones distintas, como se muestra en la Figura 82 [96]:

1 Description

1.1.2 The Robot

Recorte rectangular

1.1.2 The Robot

General

The IRB 6660 is available in three versions.

Robot Type	Handling capacity (kg)	Reach (m)
IRB 6660	130 kg	3.1 m
IRB 6660	100 kg	3.3 m
IRB 6660	205 kg	1.9 m

Manipulator weight

Robot type	Weight
IRB 6660-130/3.1	1910 kg
IRB 6660-100/3.3	1950 kg
IRB 6660-205/1.9	1730 kg

Figura 82: Distintas configuraciones del IRB 6660

Los dos primeros modelos están centrados en un rendimiento óptimo y mantenimiento escaso en aplicaciones que sirvan para **alimentar prensas** (*Press Tending*), ya que es una aplicación repetitiva y sencilla.

El tercero está centrado en aplicaciones de Pre-Mecanizado, entre las que se encuentra la de “Fresado”; por lo que será la opción escogida para este proyecto: **IRB 6660-205/1.9** (pag.64 de las especificaciones del producto, **opción: 435-83**) [97].

A continuación, se muestra la Figura 83 con un robot cuya configuración es de 6 ejes. Dicho modelo especifica el **brazo y tamaño** en la configuración **130/3.1** y **100/3.3**, pero cuya referencia para el sistema de ejes es similar en los 3 casos.

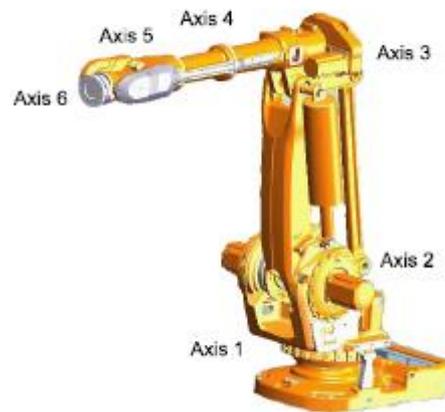


Figura 83: Configuración de los 6 ejes

En la Figura 84 se observan una relación de tamaño entre los modelos **100/3.3** y **205/1.9**.

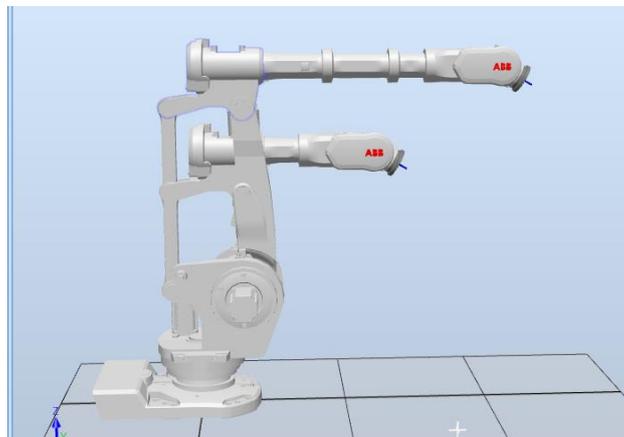


Figura 84: Diferencia entre los modelos 100/3.3 y 205/1.9

DIMENSIONES Y ÁREA MÁXIMA DE FUNCIONAMIENTO

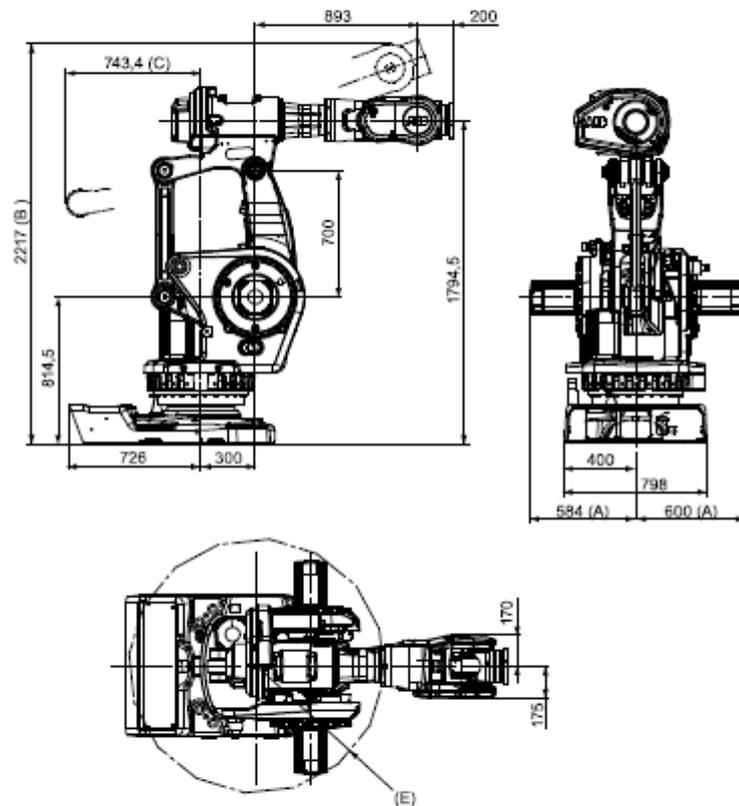
Ahora es necesario especificar las dimensiones correctas del robot que nos permitirán conocer el rango de funcionamiento máximo. El esquema de la Figura 85 muestra un plano con las dimensiones del modelo IRB 6660-205/1.9.

(Nota) Existe una errata en el dibujo proporcionado por ABB en las especificaciones: la posición (E) se refiere a la posición (D) en la tabla: Radio del eje 3 del robot y de la horquilla elevadora; debido a que, en las otras 2 configuraciones, el brazo del robot es distinto y se especifica un punto de **paro mecánico**.

1 Descripción

1.1.2 El robot Continuación

Dimensiones IRB 6660-205/1.9



xx1000000523

Pos	Descripción
A	Anchura de horquilla elevadora 750 mm
B	Área de trabajo máxima
C	Área de trabajo máxima
D	R710, Radio para el motor del eje 3 R750, Soporte derecho para horquilla elevadora

Figura 85: Modelo IRB 6660-205/1.9

La Figura 86 muestra una tabla con el rango de funcionamiento de cada uno de los ejes del robot.

1.7 Movimiento del robot

1.7.1 Introducción

Tipo de movimiento

Eje	Tipo de movimiento	Área de movimiento	
		IRB 6660-130/3.1 e IRB 6660-100/3.3	IRB 6660-205/1.9
1	Movimiento de rotación	+180° a -180°.	+180° a -180°.
2	Movimiento del brazo	De +85° a -42°.	De +85° a -42°.
3	Movimiento del brazo	De +120° a -20°	De +120° a -20°
4	Movimiento de la muñeca	De +300° a -300°	De +300° a -300°
5	Movimiento de doblado	De +120° a -120°.	De +120° a -120°.
6	Movimiento de giro	De +360° a -360° de forma predeterminada Máx. ± 150 revoluciones ^a	De +360° a -360° de forma predeterminada Máx. ± 96 revoluciones ^a

a. El área de trabajo predeterminada para el eje 6 puede ampliarse mediante el cambio de valores de parámetros en el software. La opción 610-1 "Independent axis" puede utilizarse para restablecer el cuentarrevoluciones tras el giro del eje (sin necesidad de "rebobinar" el eje).

Figura 86: Grado funcionamiento de los ejes

La Figura 87 indica la velocidad máxima de los ejes.

1 Descripción

1.7.3 Velocidad

1.7.3 Velocidad

Velocidades máximas de ejes

Tipo de robot	Eje 1	Eje 2	Eje 3	Eje 4	Eje 5	Eje 6
IRB 6660-130/3.1	110°/s	130°/s	130°/s	150°/s	120°/s	240°/s
IRB 6660-100/3.3	110°/s	130°/s	123°/s	150°/s	120°/s	240°/s
IRB 6660-205/1.9	130°/s	130°/s	130°/s	150°/s	120°/s	190°/s

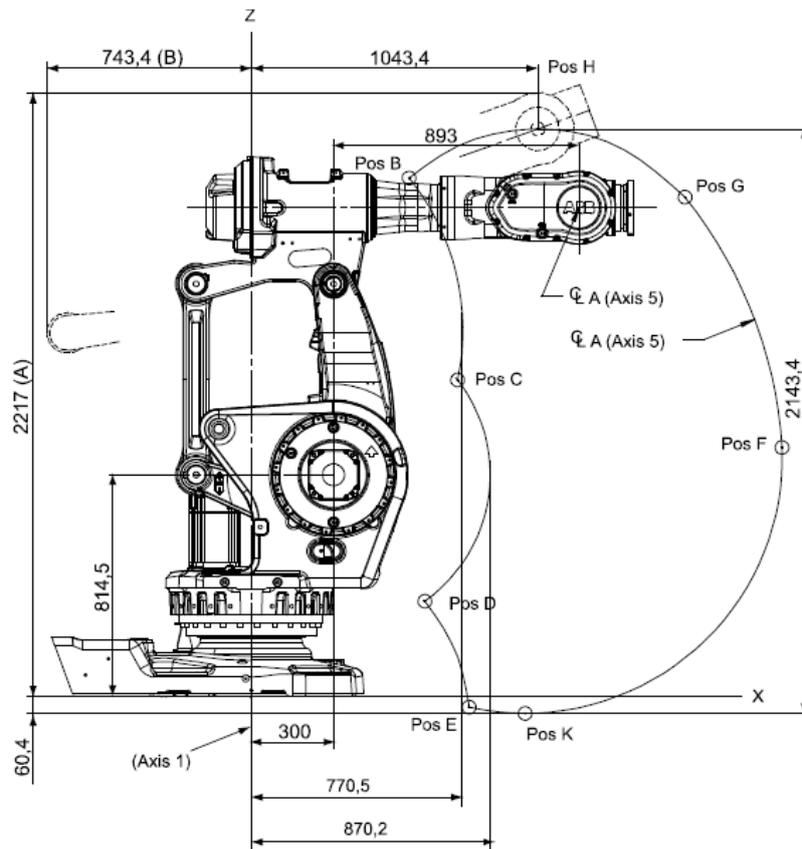
Existe una función de supervisión que evita sobrecalentamientos en aplicaciones que requieren movimientos fuertes y frecuentes.

Resolución de eje

De 0,001° a 0,005°.

Figura 87: Velocidad máxima de los ejes

Y las siguientes imágenes indican, por un lado, la Figura 88 el **área máxima** de trabajo, la Figura 89 una tabla informativa de las posiciones A-G, y la Figura 90 una tabla informativa de las posiciones H-K; siendo la posición A la referencia base.



xx1000000663

Nota	Descripción
(A)	Área de trabajo máxima
(B)	Área de trabajo máxima

Figura 88: Área máxima de trabajo

Es necesario entonces, conocer los parámetros de los ejes a los que hacen referencia las tablas anteriormente mencionadas y mostradas

El área de funcionamiento viene delimitada por los parámetros X, Y, ángulo del eje 2 y 3, mostrados en la Figura 83.

Las posiciones corresponden al centro de la muñeca

Nº pos. consulte la figura anterior	Posición X (mm)	Posición Z (mm)	Ángulo del eje 2 (grados)	Ángulo del eje 3 (grados)
A	1193	1794,5	0	0
B	575	1903,2	-42	-20
C	751,5	1162,7	-42	28
D	632,2	351,1	50	120
E	793,3	-37,9	85	120
F	1932,4	914,8	85	15
G	1579,6	1833	50	-20

Continúa en la página siguiente

58

Especificaciones del producto - IRB 6660
3HAC028207-005 Revisión: X

Figura 89: Tabla posiciones A-G

1 Descripción

1.7.1 Introducción

Continuación

Nº pos. consulte la figura anterior	Posición X (mm)	Posición Z (mm)	Ángulo del eje 2 (grados)	Ángulo del eje 3 (grados)
H	1043,4	2083,2	0	-20
K	997,3	-60,4	85	107,4

Figura 90: Tabla posiciones H-K

ELEMENTOS DE PROTECCIÓN

Debido a las características propias de este modelo, éste incorpora unos elementos de protección obligatorios para evitar que se deteriore rápidamente en el transcurso de su vida útil debido a entornos ‘hostiles’ (aerosoles, lubricantes, **virutas**, polvo...):

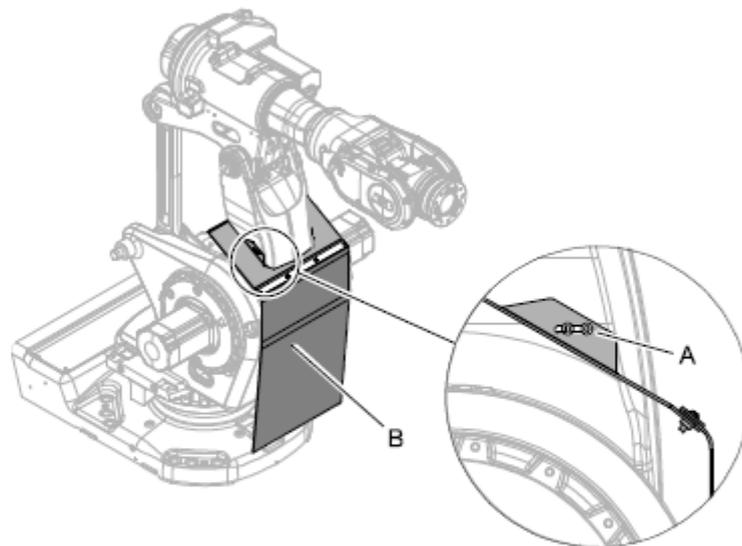
1. Una placa de protección contra elementos derivados del fresado, desbarbado o serrado, por ejemplo; como los son las virutas de madera, que pueden afectar al correcto funcionamiento de nuestra herramienta/máquina de trabajo (Figura 91)
2. Pintura **epoxy bicomponente** sobre una imprimación contra la corrosión.
3. Tratamiento antioxidante en partes cruciales del robot:
 - a. Tratamiento de **níquel** en la brida de la herramienta (“*flange*”)
 - b. Antioxidante en los tronillos, arandelas y superficies no pintadas/mecanizadas
4. Protección IP67 en todo el robot acorde a la normativa IEC 60529 desde la base hasta la muñeca.

1 Descripción

1.1.2 El robot

Continuación

Protección contra viruta, IRB 6660-205/1.9



xxx10000000000

Tipo	Descripción
Protección contra viruta (B)	La protección impide la acumulación de viruta de distintas aplicaciones sobre el robot, por ejemplo de eliminación de rebabas, serrado y fresado, y garantiza su funcionalidad y sus movimientos. Obligatorio en el IRB 6660-205/1.9. Consulte la figura anterior. No disponible para el IRB 6660-130/3.1

Figura 91: Protección contra viruta (serrín)

CARGA MÁXIMA DE FUNCIONAMIENTO

Conociendo ya la máxima carga útil que el brazo del robot es capaz de levantar, 205 kg, es necesario conocer cuáles son los límites de **fuerza** y **par**, indicados en la tabla inferior (Tabla 8), del robot respecto del sistema base de coordenadas como se indica en la Figura 92. Así, montando el robot en el suelo, ABB proporciona los siguientes valores para el modelo **205/1.9**:

Tabla 8: Tabla fuerza y par

Fuerza	Carga de resistencia (en funcionamiento)	Carga máxima (paro de emergencia)
Fuerza xy	± 7.9 kN (IRB 6660 - 205/1.9)	± 14.9 kN (IRB 6660 - 205/1.9)
Fuerza z	18.0 ± 4.4 kN (IRB 6660 - 205/1.9)	18.0 ± 7.7 kN (IRB 6660 - 205/1.9)
Par xy	± 19.6 kNm (IRB 6660 - 205/1.9)	± 32.4 kNm (IRB 6660 - 205/1.9)
Par z	± 7.1 kNm (IRB 6660 - 205/1.9)	± 7.1 kNm (IRB 6660 - 205/1.9)

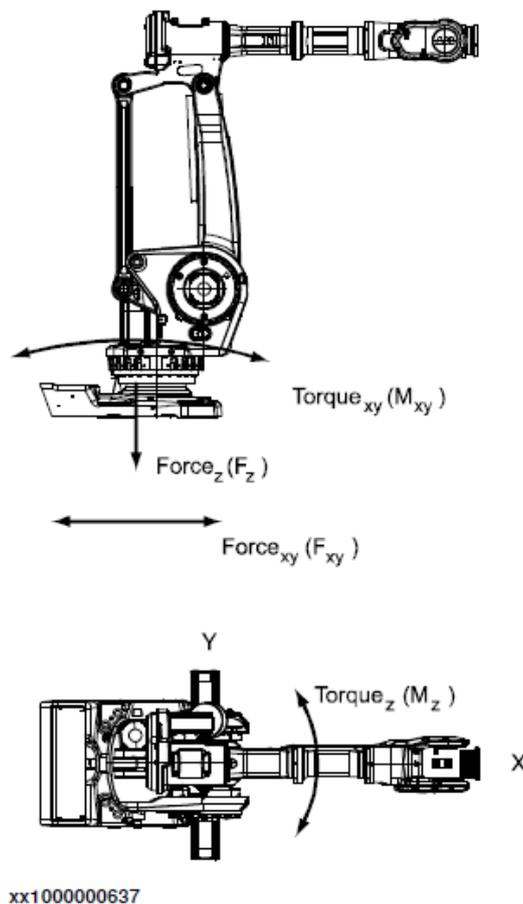


Figura 92: Par motor y fuerza

Sin embargo, en este caso particular, la carga que va a soportar el robot, en el extremo de la herramienta, es bastante inferior a 205 Kg. Por lo tanto, es más útil conocer la máxima **distancia** de alcance del robot bajo las diversas cargas posibles y el momento de **inerencia** sobre los **ejes 5 y 6**. La Figura 93 muestra el diagrama de carga normal.

1.5.2 Diagramas de carga
Continuación

IRB 6660-205/1.9

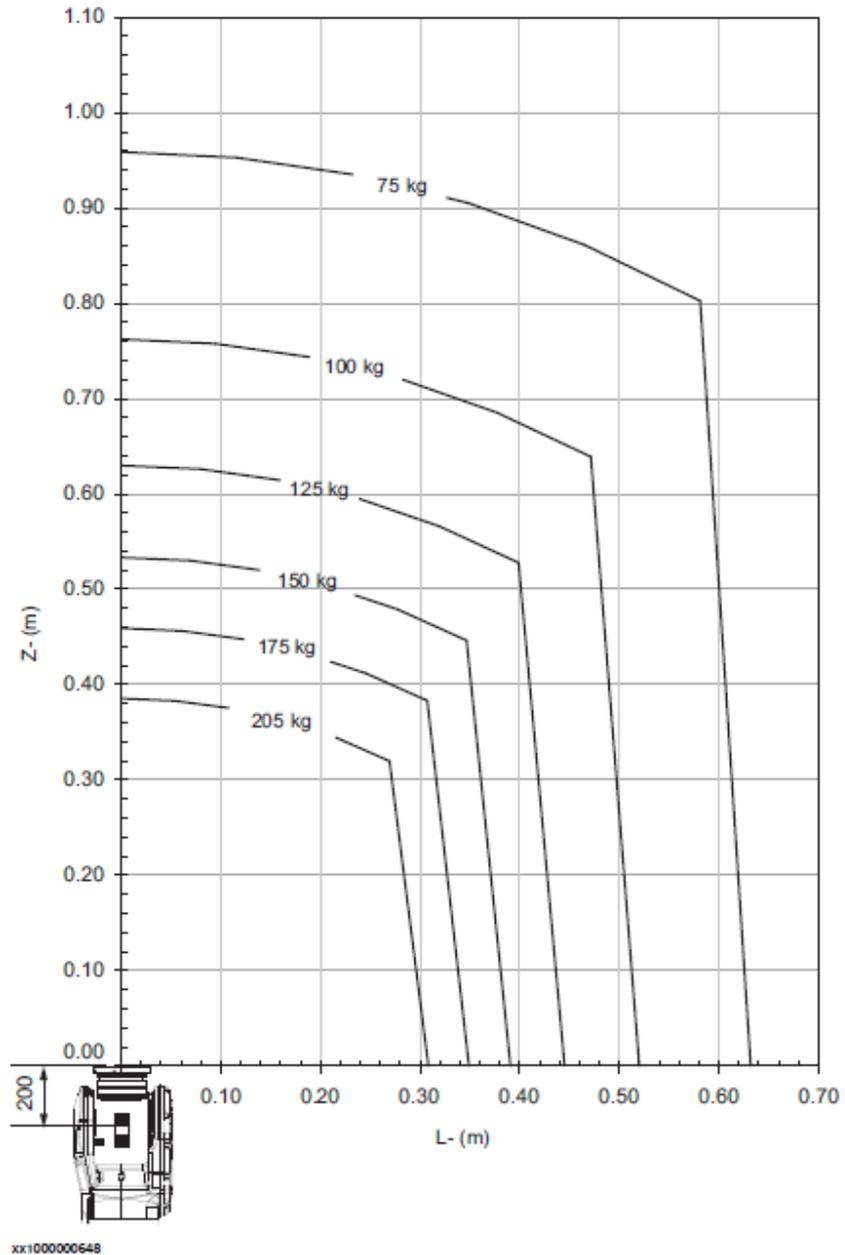


Figura 93: Diagrama de carga

El diagrama de la Figura 94 muestra datos con 10° de inclinación de la “muñeca”.

IRB 6660-205/1.9 “muñeca vertical” ($\pm 10^\circ$)

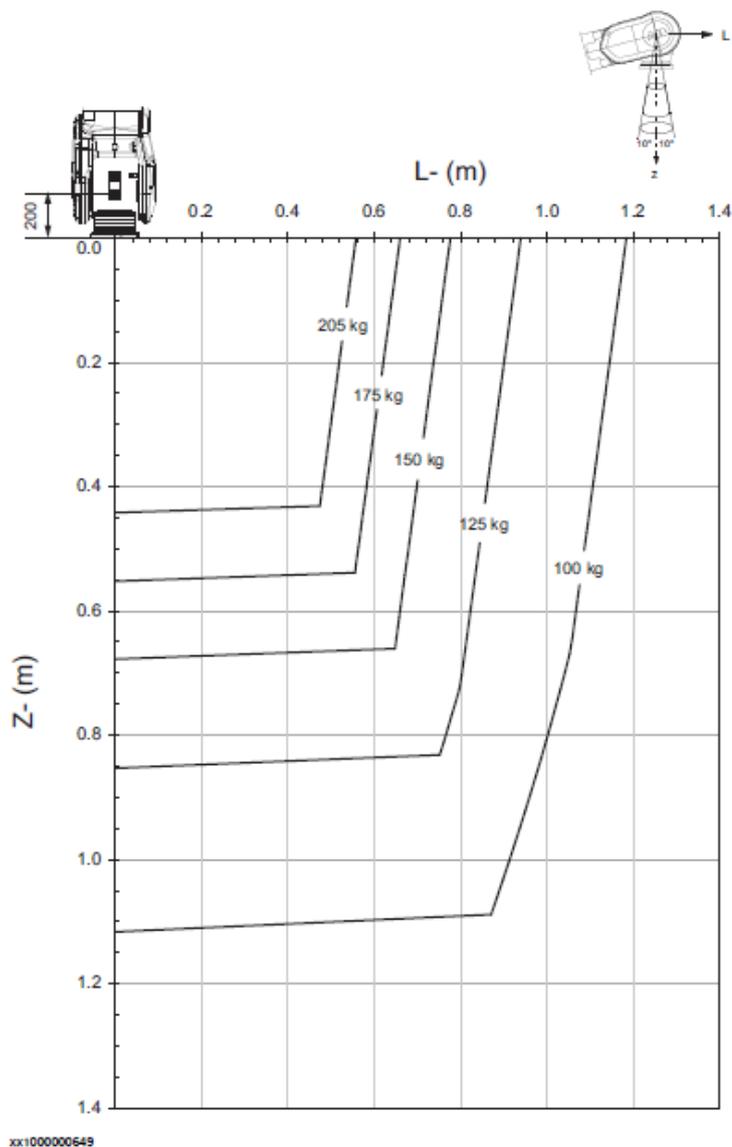


Figura 94: Diagrama con 10° de inclinación de la “muñeca”

La siguiente tabla (Tabla 9) muestra los valores máximos con 10° de inclinación.

Tabla 9: Tabla con valores máximos a 10°

	Sin carga adicional en el brazo	Con una carga de 15kg en el brazo
Carga máxima	205 kg	205 kg
Z _{máx}	0,442 m	0,442 m
L _{máx}	0,582 m	0,574 m

El momento de inercia varía en función de la posición del eje 5, por lo que se especifican valores máximos para 2 posiciones de referencia: **movimiento completo** y **limitado** (Tabla 10).

Tabla 10: Tabla unidades

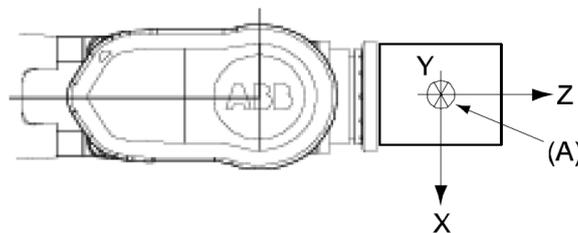
Masa	kg
Centro de gravedad (Z y L)	Metros (m)
Momento de inercia (J_{0x} , J_{0y} , J_{0z})	$kg \cdot m^2$

Donde $L = \sqrt{(X^2 + Y^2)}$

Movimiento completo del eje 5

Tabla 11: Tabla momento inercia (movimiento completo eje 5)

Eje	Máximo momento de inercia
5	$J_{a5} = \text{Carga} \times ((Z + 0,200)^2 + L^2) + \text{máx} (J_{0x}, J_{0y}) \leq 250 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$
6	$J_{a6} = \text{Carga} \times L^2 + J_{0z} \leq 185 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$



xx1000000667

Figura 95: Esquema movimiento completo

Datos a tener en cuenta:

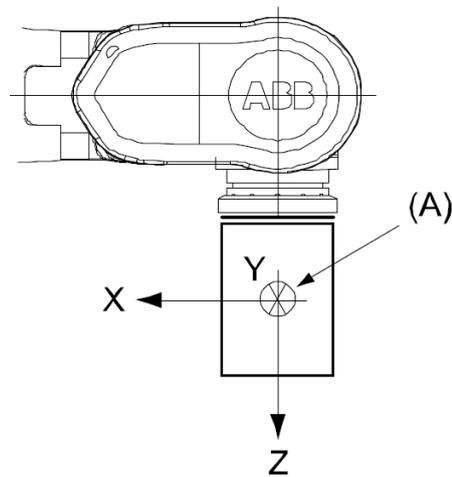
J_{0x} , J_{0y} , J_{0z} : Momento máx. de inercia alrededor de los ejes X, Y y Z

A: Centro de gravedad.

Eje 5 limitado, línea central hacia abajo

Tabla 12: Tabla momento inercia (movimiento limitado eje 5)

Eje	Máximo momento de inercia
5	$Ja5 = \text{Carga} \times ((Z + 0,200)^2 + L2) + \text{máx} (Jox, Joy) \leq 275 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$
6	$Ja6 = \text{Carga} \times L2 + JoZ \leq 250 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$



xx100000668

Figura 96: Esquema movimiento limitado

Datos a tener en cuenta:

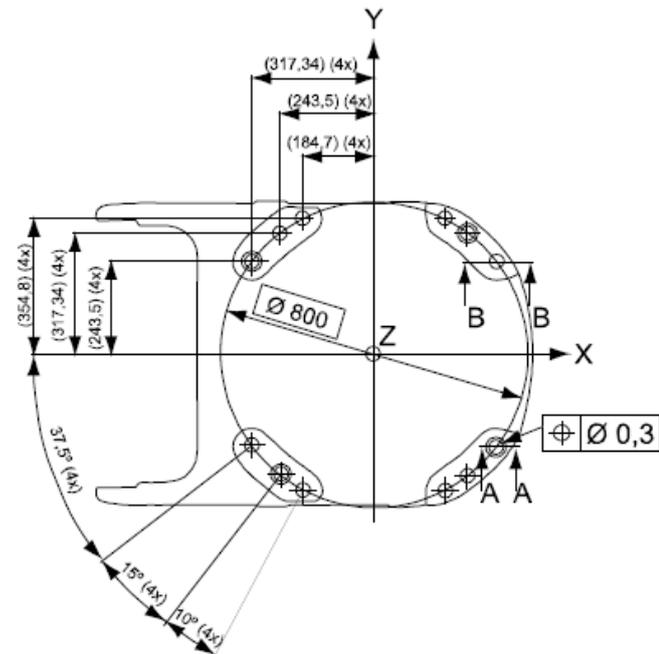
Jox, Joy, Joz: Momento máx. de inercia alrededor de los ejes X, Y y Z

A: Centro de gravedad.

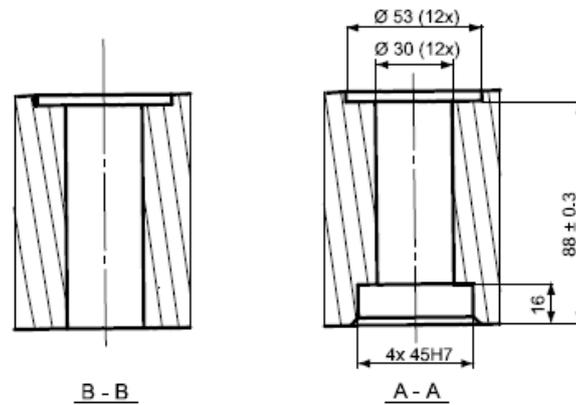
ANCLAJE AL SUELO

Base del robot

Orificios de fijación de la base del robot



xx1000000638



xx1000000639

Figura 98: Orificios fijación de la base del robot

Tornillos recomendados para anclar el manipulador a la base	M24 x 140 8.8 con arandela plana de 4 mm
Valor de par	725 Nm

Figura 97: Tornillos para la base

“Sólo deben utilizarse dos manguitos de guía. Los orificios correspondientes de la placa de la base deben ser circulares y ovalados según las dos figuras que aparecen a continuación.” cit. Manual IRB 6600. (p.25)

Placa de la base

1 Descripción

1.3.3 Montaje del manipulador

Continuación

Diagrama de la placa de la base

En la figura que aparece a continuación aparece la opción de placa de la base (dimensiones en mm).

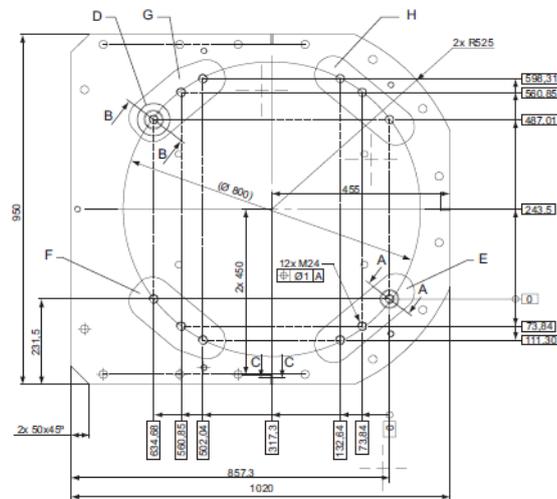


Figura 99: Diagrama placa de la base

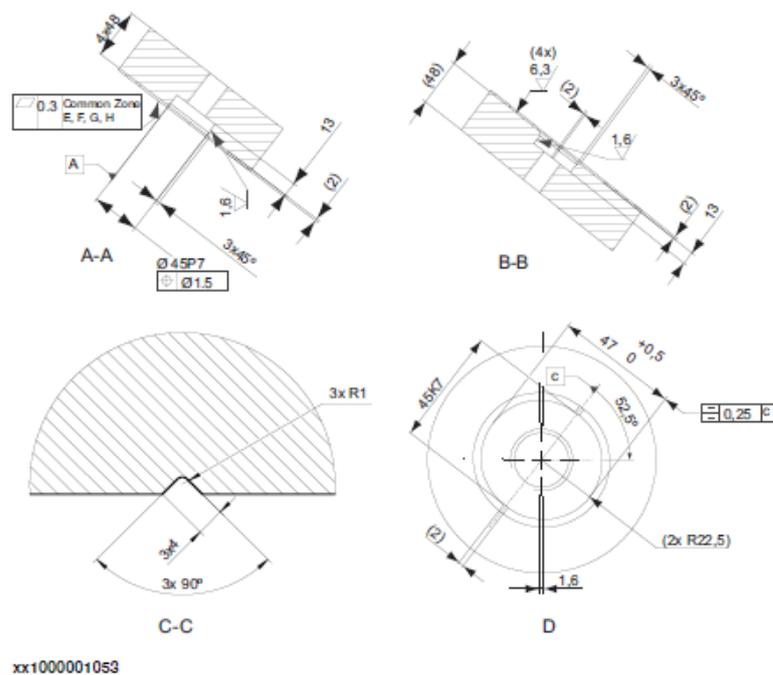


Figura 100: Diagrama de la placa de la base (2)

E, F, G, H	Zona de tolerancia común (exactitud en el conjunto de la base, de una superficie de contacto a la otra)
------------	---

Figura 102: Tolerancias placa de la base

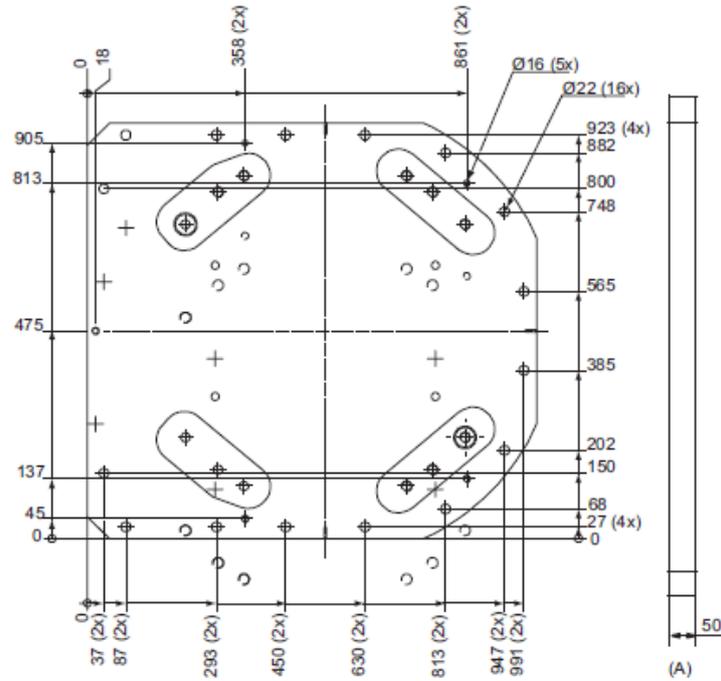


Figura 101: Diagrama de la placa de la base (3)

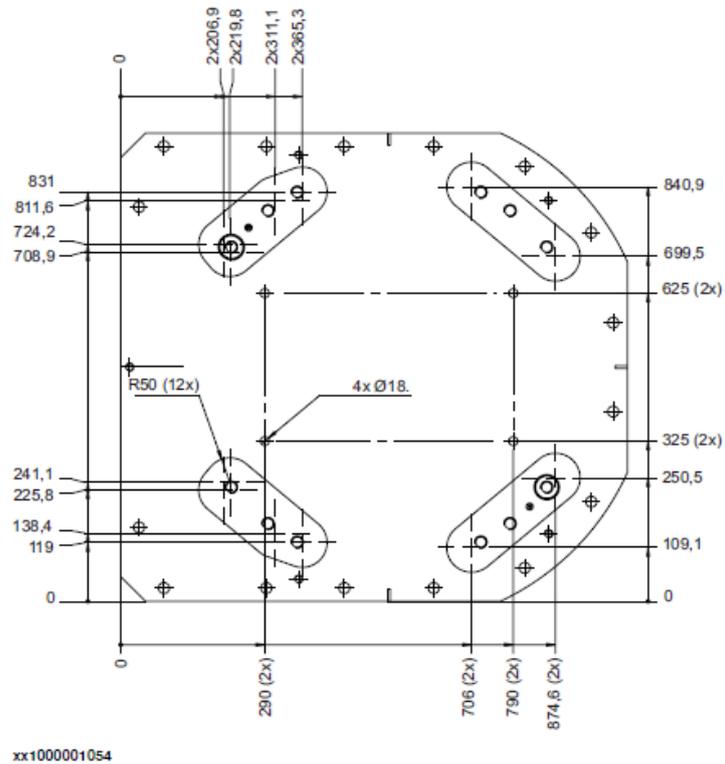


Figura 103: Diagrama de la placa de la base (4)

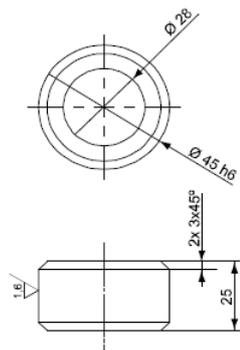
Pos	Descripción
A	Color: RAL 9005 Grosor: 80-100 μm

Figura 104: Especificaciones de la posición A

1 Descripción

1.3.3 Montaje del manipulador

Continuación



xx1000001055

Pos	Descripción
A	Manguito de guía protegido contra la corrosión

Figura 105: Manguito guía

Brida del robot

Para terminar con las especificaciones más genéricas del robot, la Figura 106 indica la brida del robot, aspecto importante a mencionar, pues es donde irá enganchada la herramienta que se usará para fresar. Se observan los datos acotados sobre distintos planos que aportan la información necesaria para poder desarrollar una pieza que se acople perfectamente al robot y a la herramienta que se use. La Figura 107 y la tabla de la Figura 108, aportan información extra acerca de la brida [98–100].

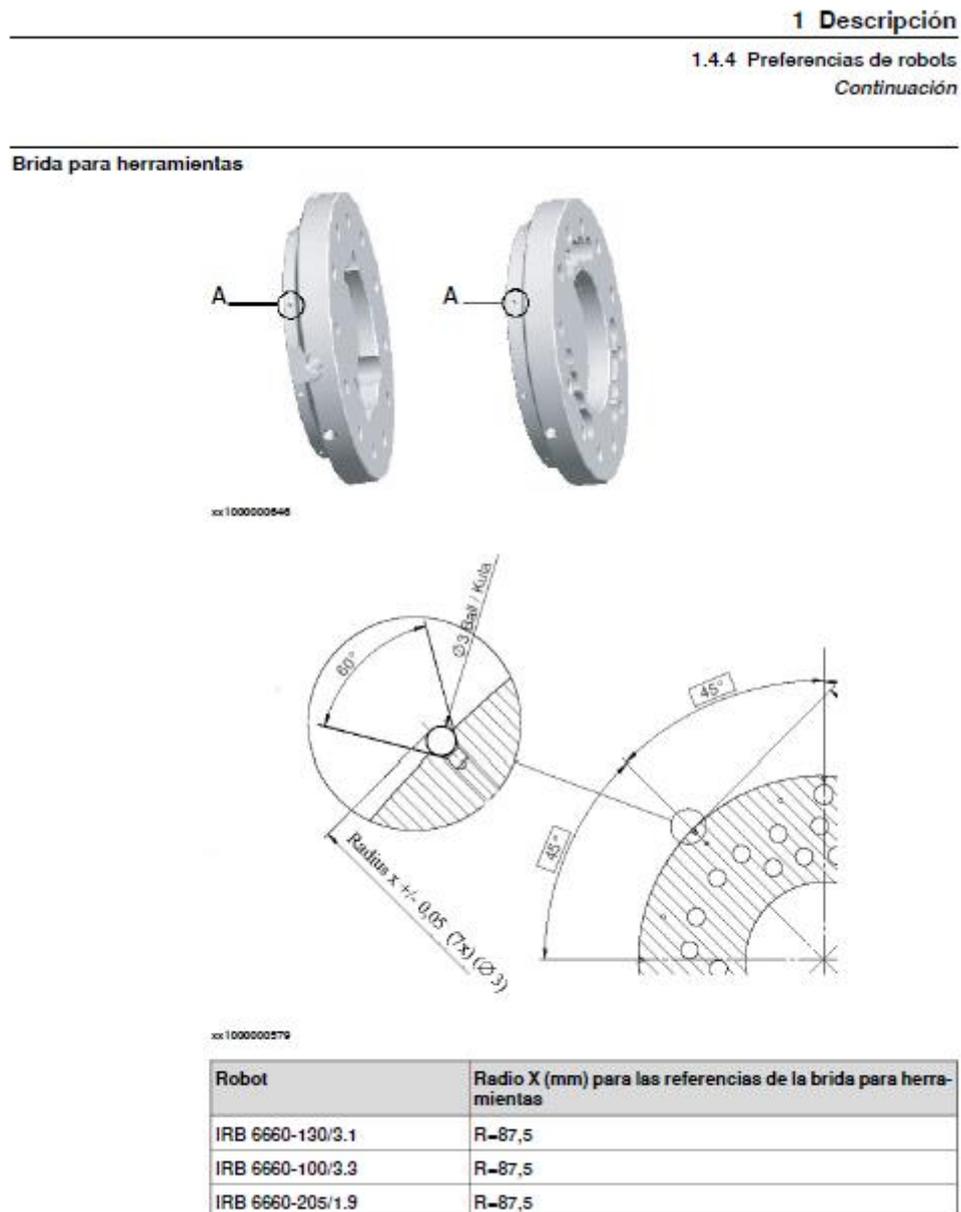
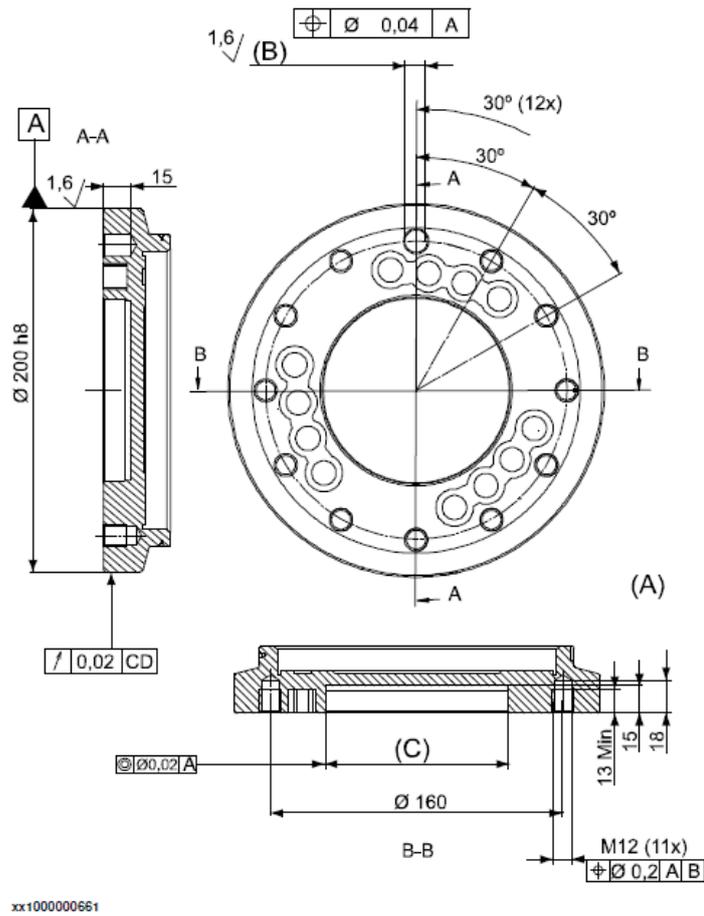


Figura 106: Referencias de la brida

Brida para herramientas del robot



Continúa en la página siguiente

Figura 107: Especificaciones de la brida

1.6.2 Montaje de una carga lateral

Continuación

Pos	Descripción
A	La longitud de rosca mínima para los tornillos en los orificios M12 es de 9 mm.
B	Ø 12 H7 profundidad 15
C	Ø 100 H7 profundidad 8 min

Para la sujeción de la brida para pinza a la brida para herramientas del robot, es necesario utilizar todos los orificios para pernos y 6 pernos de calidad 12.9 (consulte la Figura anterior).

Figura 108: Tabla con las especificaciones A, B y C

5.2.1.2 HERRAMIENTAS PARA FRESADO

ELECTRO-HUSILLO(CARACTERÍSTICAS)

En el apartado 4.3.5 Electro-husillo (electrospindle) se expuso el modelo ATC71 de Teknomotor, un electro-husillo automático, y será el escogido para ejemplificar el fresado mediante el uso de un robot en este proyecto.

En este caso, se quiere usar un modelo real para el proyecto, por lo que será necesario usar el modelo 3D digital del motor. De la misma fuente que se ha obtenido el plano del husillo de la Figura 16, se ha obtenido el archivo STP del electro-husillo [43].

En el caso de usar un programa que no soporte los archivos STEP directamente, puede ser que los admitan mediante la opción de importar, como es el caso de **AutoCAD**, aunque tratará el objeto como una referencia a bloque y no como un sólido 3D.

Comando IMPORTAR → STEP, STP

La Figura 109 muestra una vista isométrica del electro-husillo ATC71.

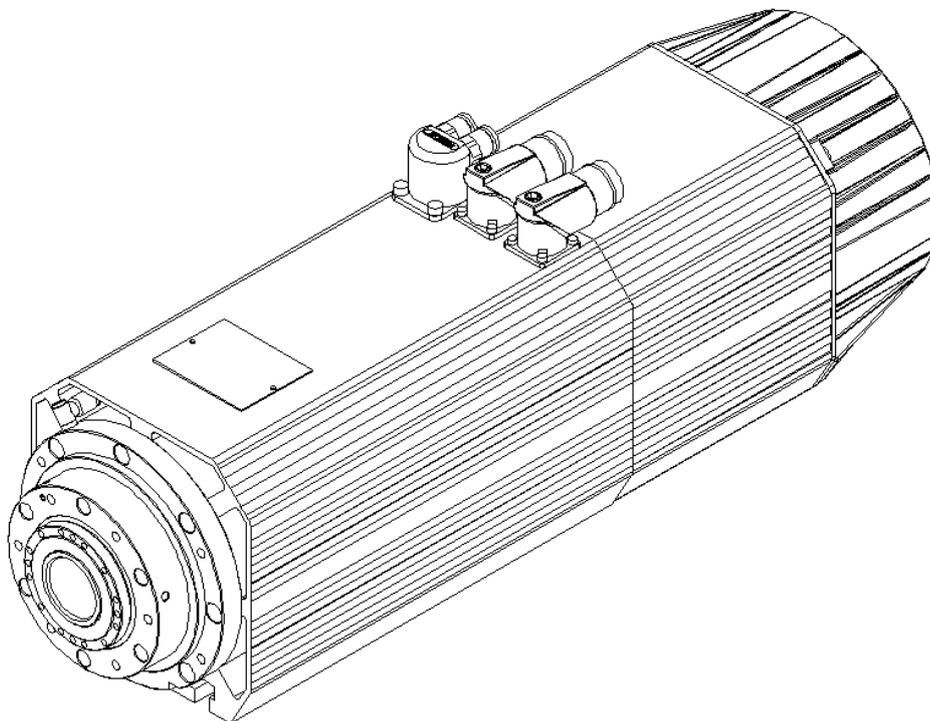


Figura 109: Vista isométrica electro-husillo ATC71

Las especificaciones de funcionamiento se indican en la Figura 110.

Power supply	48V DC MAX
Current	0.6A MAX
Contact breaking time	<1 ms
Contact resistance	<50 mΩ
Insulation voltage	2kV

Figura 110: Especificaciones técnicas de funcionamiento ATC71

La Figura 111 indica las propiedades de los cables de funcionamiento.

SIGNAL CONNECTOR WIRING TABLE					CABLE LENGTHS AVAILABLE [m]	
SIGNAL CONNECTOR PIN	COLOR WIRE	CABLE TYPE	SIGNAL CONNECTOR CABLE		2	5
1	Green	3x(2x0.14) + 2x0.50 SHIELDED GREEN CABLE			10	15
2	Yellow				20	
3	Grey					
4	Blue					
5	Pink					
6	White (0V)					
7	Brown (+24V DC)					
8	Red					
Frame connector	Cable shield					

POWER CONNECTOR WIRING TABLE					CABLE LENGTHS AVAILABLE [m]	
POWER CONNECTOR PIN	N° WIRE	CABLE TYPE	POWER CONNECTOR CABLE		2	5
↓ 2	Yellow / Green	4G2.5 + 2x(2x1) SHIELDED ORANGE CABLE			10	15
1	U				20	
2	V					
3	W					
Frame connector	Cable shield					
A	5					
B	6					
C	7					
D	8					

Figura 111: Propiedades de los cables de funcionamiento

La Figura 112 indica las especificaciones de los sensores inductivos.

8.14.1. TECHNICAL CHARACTERISTICS OF THE INDUCTIVE SENSORS

Type proximity PNP normally-open (NO)	
Supply voltage	10-30V DC typically 24V DC
Maximum load	100 mA
Power consumption with no load	<10 mA
Nominal detection distance	0.8mm
Max switching frequency	3000Hz
Degree of protection	IP67

Figura 112: Especificaciones de los sensores inductivos

La Figura 113 indica los estados del husillo en función de los sensores S1, S2 y S5.

STATE	S1	S5	S2	ACTION
Collet open	OFF	OFF	ON	The tool-holder is released.
Collet closed but tool-holder absent	OFF	ON	OFF	The tool-holder is not engaged correctly. It is not allowed machining. The electrospindle cannot run.
Tool-holder blocked correctly	ON	ON	OFF	It is allowed machining.

Figura 113: Estados del husillo en función de los sensores S1, S2 y S5

La Figura 114 muestra el esquema de los sensores en el conector.

6.7.2. LAYOUT OF SIGNAL CONNECTOR

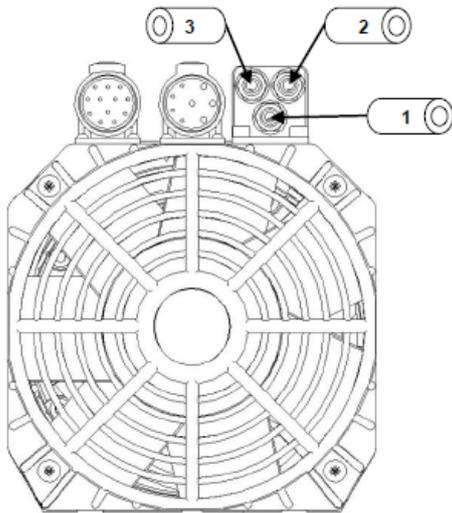
PIN	DESCRIPTION
1	S1 – tool-holder attached correctly
2	S2 – collet open
3	S3 – tachometer
4	S4 – tool-holder attached correctly
5	S5 – piston upper position
6	0V
7	+24V DC



Figura 114: Esquema de los sensores en el conector

La Figura 115 muestra el diagrama del conector neumático.

6.4.2. PNEUMATIC CONNECTION DIAGRAM



1	Pressurization inlet – 6 bar (87 PSI) (automatic cone clearing included)
2	Tool holder hook-up inlet 6 bar (87 PSI)
3	Tool holder release inlet 6 bar (87 PSI)
4	Factory air suppli inlet > 6 bar (87 PSI)
5	Compressed air filter/drying: 5µm
6	Compressed air filter/drying: 0.1µm
7	Pressure regulator – 6 bar (87 PSI)
8	Pressur switch
9	5/2 monostable solenoid valve
10	Internal cone clearing valve
11	Nose pressurization flow regulator
A	Cone clearing air outlet
B	Nose pressurization air outlet

Figura 115: Diagrama del conector neumático

La Figura 116 muestra esquema neumático del pistón.

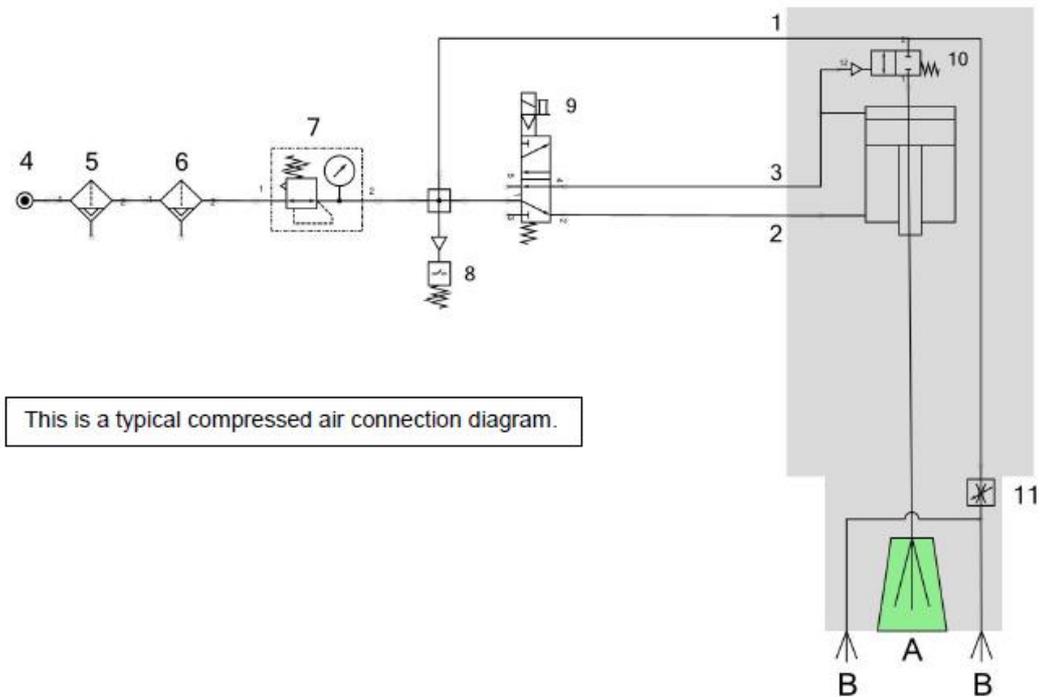


Figura 116: Esquema neumático del pistón

La Figura 117 muestra esquema del conector de corriente.

6.7.1. LAYOUT OF POWER CONNECTOR

PIN	DESCRIPTION
1	U motor phase
2	V motor phase
3	W motor phase
w	Ground PE
A	Fan (L) 220V
B	Thermal protection
C	Thermal protection
D	Fan (N) 220V



Figura 117: Esquema del conector de corriente

La Figura 118 muestra el esquema de limpieza del orificio del portaherramientas.

Frequency: **DAILY**

Before using the electrospindle, ensure that the conical surface of the tool-holders and the conical surface of the electrospindle shaft are thoroughly clean, with no particles of dust, grease, cooling liquid, oil etc.

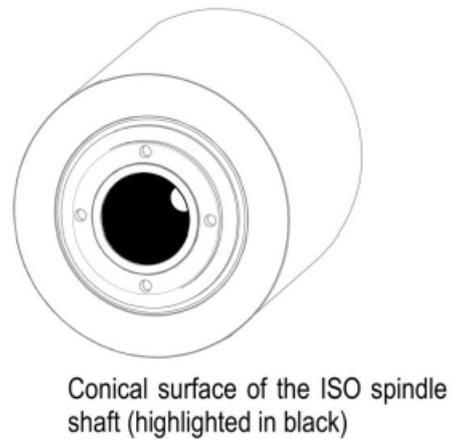


Figura 118: Esquema de limpieza del orificio del portaherramientas

La Figura 119 muestra el esquema de los sensores.

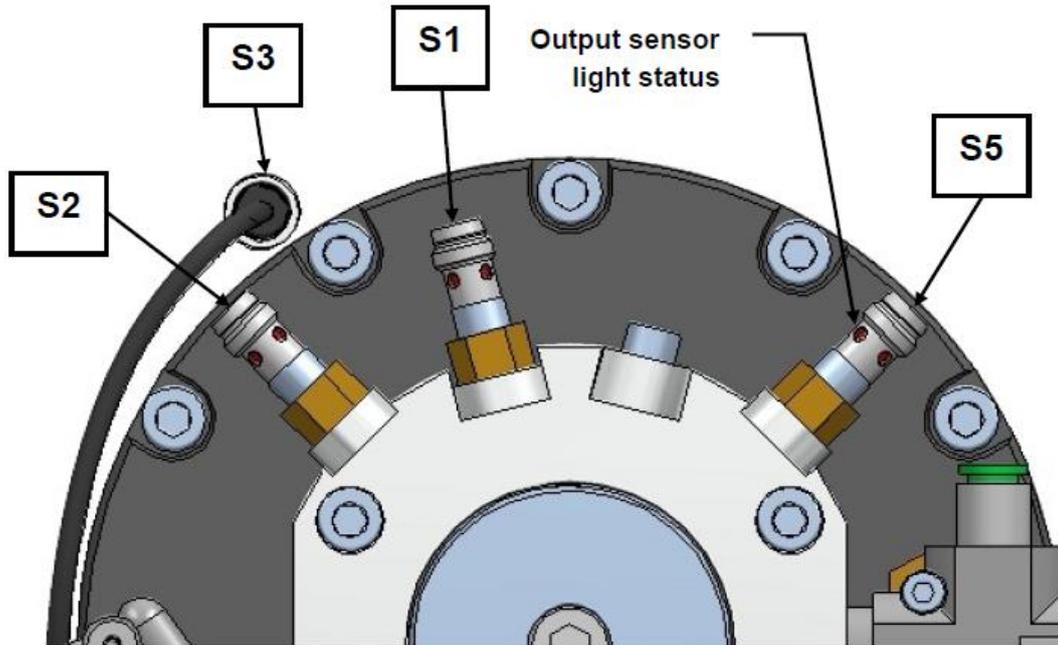


Fig. 6 Sensors layout

Figura 119: Esquemas de los sensores

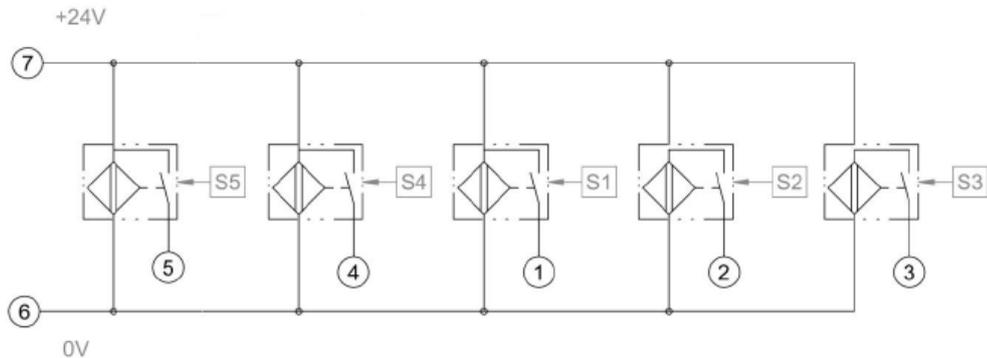
La Figura 120 muestra una tabla con información acerca de los sensores.

SENSOR	INFORMATION
S1	Tool-holder cone attached correctly
S2	Collet open
S3	Tacho – shaft stopped
S5	Piston at upper position
Thermal alarm	Engine overheated – stop the electrospindle

All the sensors are equipped with output light that turns on when the sensor output turns on. So it is easy to see the functioning of the sensors.

Figura 120: Información de los sensores

La Figura 121 muestra el esquema eléctrico de los sensores.



The sensors are PNP NO (normally open).

Figura 121: Esquema eléctrico de los sensores

La Figura 122 muestra una comparativa de los 3 modelos del ATC71.

1.4 – AUTOMATIC TOOL CHANGER (ATC71) POWER vs SPEED TABLE

FREQUENCY [Hz] Speed [rpm]	200 12000		300 18000		400 24000	
type	Power [kW]		Power [kW]		Power [kW]	
	S1	S6	S1	S6	S1	S6
ATC71-A-ISO30 (SN/LN)	3.8	4.6	3.8	4.6	3.8	4.6
ATC71-B-ISO30 (SN/LN) / HSK F63 (LN)	5.5	6.6	5.5	6.6	5.5	6.6
ATC71-C-ISO30 (SN/LN) / HSK F63 (LN)	7.5	9.0	7.5	9.0	7.5	9.0

Figura 122: Comparativa de los 3 modelos del ATC71

La Figura 123 muestra las especificaciones del estator y del rotor.

TECHNICAL FEATURES TABLE	STATOR		ROTOR		SHAPE	COOLING	ELECTRIC PROTECTION
	TYPE	INSULATION	TYPE	BALANCING GRADE			
Rectangular motors	Asynchronous, 3 phases	F class	Squirrel cage	2.5 (ISO 1940)	Closed, from extruded aluminum profile	Shaft driven fan cooling.	IP 50 (IP 60 on request)

Figura 123: Especificaciones del estator y del rotor.

La Figura 124 muestra información acerca del dispositivo de enclavamiento y expulsión del portaherramientas.

8.5. TOOL-HOLDER LOCKING AND EXPULSION DEVICE

The blocking and expulsion of the tool-holder is carried out by the movement of a pneumatic piston, it is activated by compressed air.

The tool-holder is mechanically blocked with elastic springs.

Electrospindle model	Axial force on the tool-holder	Expulsion of the tool-holder cone
ISO 30	3200N \pm 10%	0.5 – 1.5 mm

Figura 124: Dispositivo de enclavamiento y expulsión del portaherramientas

La Figura 125 muestra la salida digital del sensor 3 con los valores de tensión correspondientes a cada estado.

8.14.4. SENSOR S3 OUTPUT

The output of sensor S3 provides information about the speed of the electrospindle. Sensor S3 works by providing two pulse output per revolution of the shaft. See the diagram below.

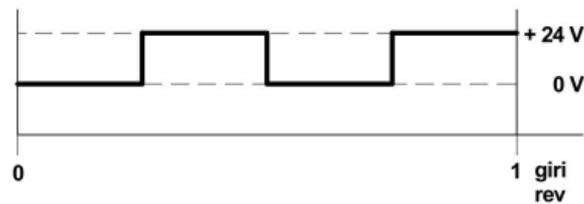
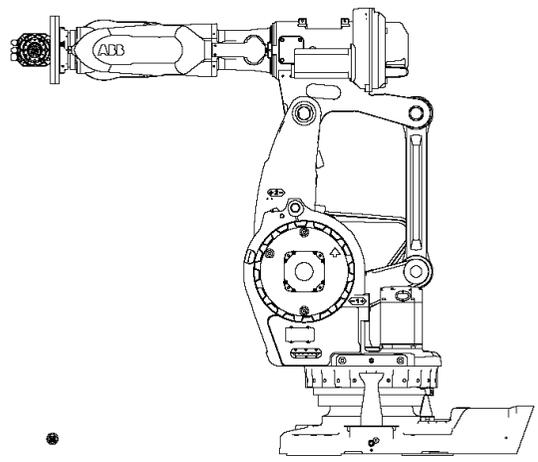
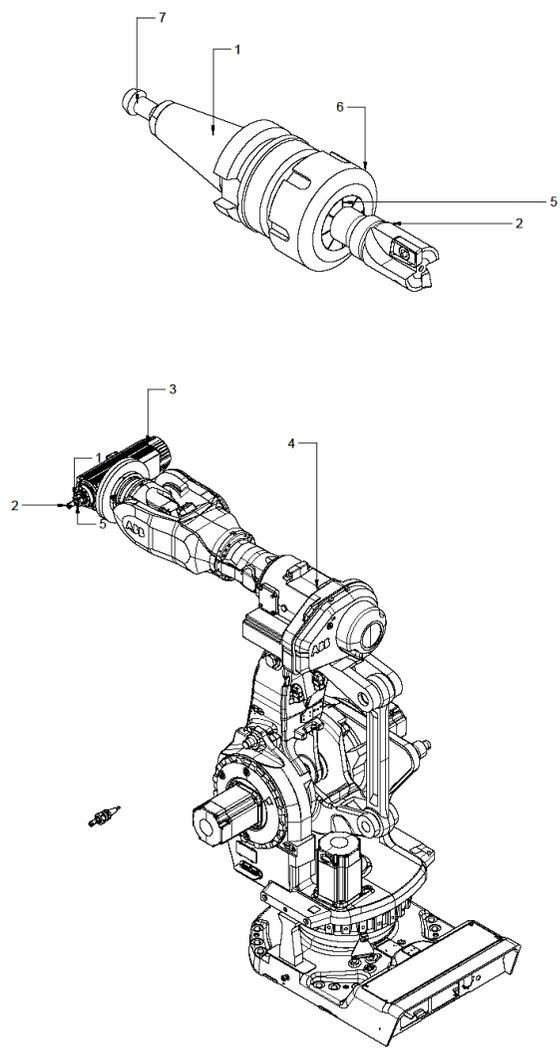


Figura 125: Salida del sensor 3

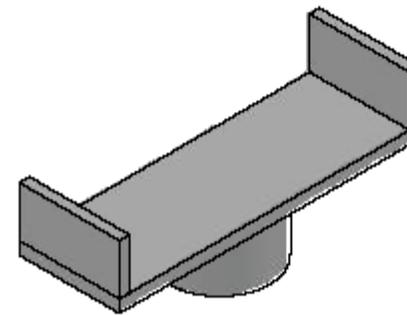
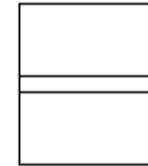
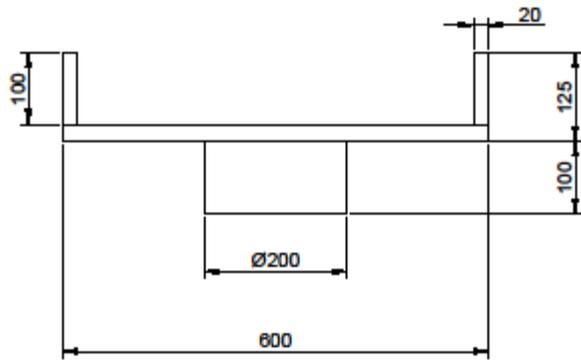
ELEMENTOS DE FRESADO-PLANOS

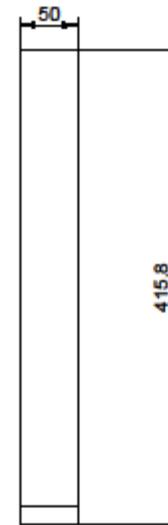
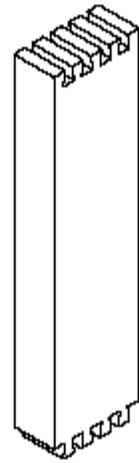
A
B
C
D
E
F
G
H

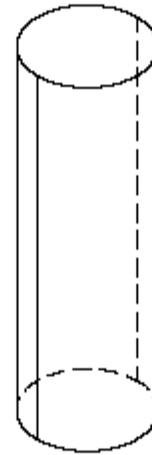
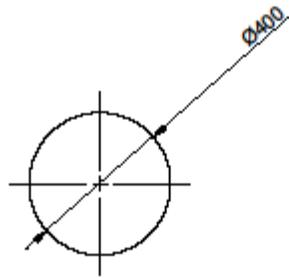
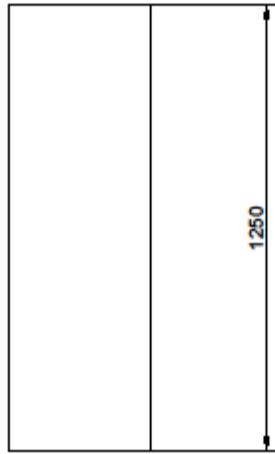


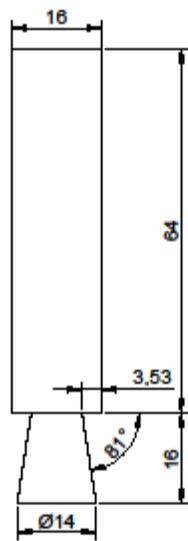
Fresado						
Referencia	Cantidad	Nombre	Dimensiones	Material	Proveedor 1	Proveedor 2
1	2	ISO 30			LYNDEX-NIKKEN	DAMENCNC
2	1	Fresa 1			TRIVERS	
3	1	ATC71			TEKNOMOTOR	
4	1	IRB 6660			ABB	
5	1	ER 32			LYNDEX-NIKKEN	Maritool
6	1	ER32			LYNDEX-NIKKEN	
7	1	Tirante			TEKNOMOTOR	DAMENCNC

Desig/Ref	Quantity	Title/Name, Designation, material, dimension etc	Article No./Reference
Designed by XXX	Checked by XXX	Approved by - date XXX - 00/00/00	Filename XXX
XXX			Date 00/00/00
X			Scale 1/10
			Edition 0
			Sheet 1/1









5.2.2 SOFTWARE

Para la realización del presente trabajo se han utilizado, a parte de un editor de texto:

1. *RobotStudio*

Herramienta principal para la representación del robot en un entorno tridimensional y de automatización del proceso deseado a realizar con el robot.

2. *AutoCAD*

Herramienta de diseño 3D que permite, como su nombre indica, la realización de elementos en un entorno tridimensional y su posterior exportación en distintos formatos y planos acotados según distintas normativas.

3. *Inventor*

Herramienta de diseño 3D, con funciones similares a AutoCAD, y con la posibilidad de simular el comportamiento físico de los objetos diseñados. En este proyecto, Inventor está destinado a intentar resolver la problemática del momento de inercia en piezas complejas y con distintos materiales.

4. *Matlab*

Herramienta de diseño 3D, con funciones similares a AutoCAD, y con la posibilidad de simular el comportamiento físico de los objetos diseñados. En este proyecto, Inventor está destinado a intentar resolver la problemática del momento de inercia en piezas complejas y con distintos materiales.

5. *Zotero (Bibliografía)*

Herramienta utilizada para facilitar la implementación de la bibliografía y posterior consulta de múltiples páginas en formato HTML gracias a su función para almacenar dicha información de forma sencilla.

5.3 ANÁLISIS Y RESULTADOS

5.3.1 CENTRO DE GRAVEDAD Y MOMENTO DE INERCIA

Para poder establecer las herramientas en RobotStudio correctamente, se va a calcular el centro de gravedad (CGD) y el momento de inercia, de la manera más aproximada que se pueda, si se determina que es factible.

A continuación, se va a exponer como se va a intentar resolver esta problemática mediante el uso de RobotStudio (CDG), AutoCAD (CDG) e Inventor (momento de inercia).

5.3.1.1 CÁLCULO DEL CENTRO DE GRAVEDAD CON ROBOTSTUDIO

Para el cálculo del centro de gravedad de un conjunto de elementos que conforman la herramienta de trabajo, puede hallarse dentro de RobotStudio sin ser necesario usar otros programas. Para ello, será fundamental que los “cuerpos” de los elementos que conformen la herramienta estén en una misma “pieza” (como se observa en el recuadro de la izquierda).

La Figura 126 muestra información para obtener el CDG en RobotStudio.

A continuación, se clic en el botón “Selección de pieza” (el primer recuadro de la parte superior) y el botón de “Ajustar a gravedad” (el segundo recuadro de la parte superior).

Finalmente, se selecciona el objeto (“pieza”) y el resultado se puede observar en la parte inferior de la pantalla.

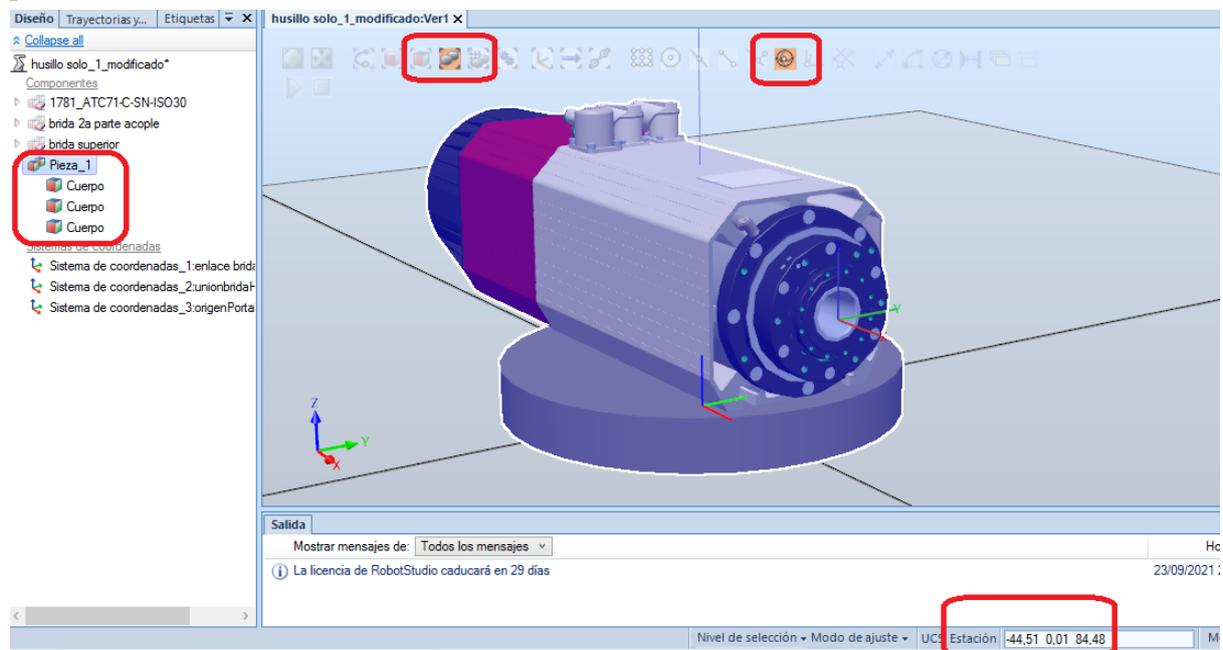


Figura 126: Elementos mirar el centro de gravedad en RS

5.3.1.2 CÁLCULO DEL CENTRO DE GRAVEDAD CON AUTOCAD

Para hallar el centro de gravedad (CDG) en un archivo STEP, es necesario convertirlo en un sólido 3D. Para ello, es necesario usar la herramienta “Descomponer” en AutoCAD, tantas veces sea necesario en cada elemento que siga como “Referencia a bloque”.

Este mismo procedimiento sirve para convertir un archivo STEP en SAT u otro formato, ya que será necesario más adelante.

Se busca hallar el centro de gravedad referenciado al centro del enlace de la brida.

PASAR STEP A SÓLIDO 3D

Se va a mostrar un ejemplo de los pasos a seguir con el archivo STEP del portaherramientas que viene completo. La Figura 127 muestra el estado inicial con referencia a bloque: 1 elemento.

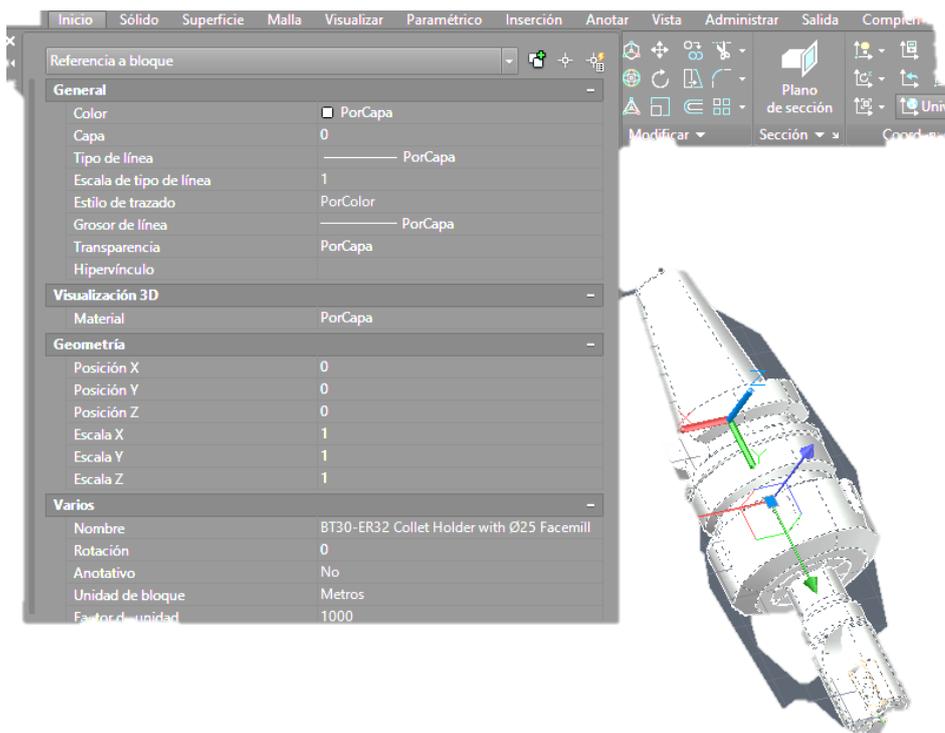


Figura 127: Referencia a bloque. 1 elemento

La Figura 128 muestra como descomponer la pieza, que es el paso siguiente.

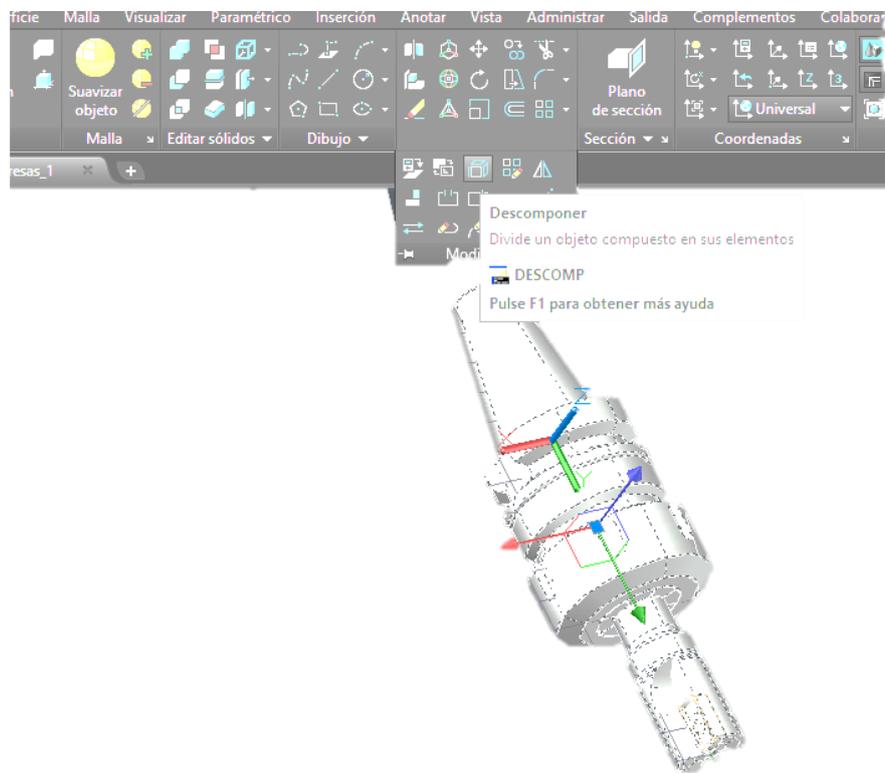


Figura 128: Usar Descomponer

Y se obtienen 4 referencias como muestra la Figura 129.

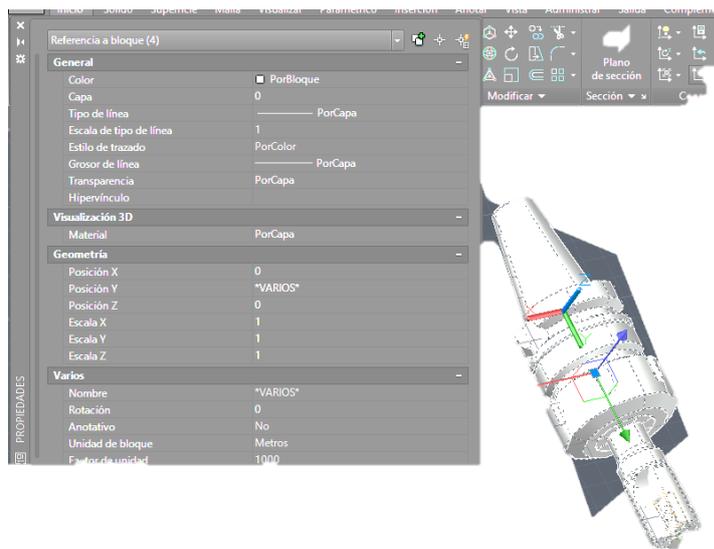


Figura 129: División de la pieza en elementos más sencillos. Referencia a bloque: 4 elementos

Se descompone por segunda vez, y la Figura 130 muestra ya 8 elementos: 3 sólidos y 5 referencias a bloque.

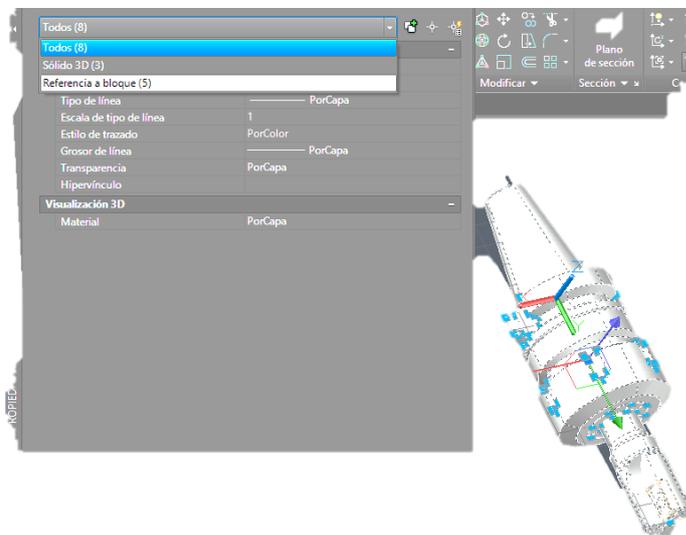


Figura 130: 8 elementos: 3 sólidos y 5 referencias a bloque

Se obtienen varios sólidos, pero la fresa sigue sin descomponerse en sólido. Se aplica “Descomponer de nuevo”.

Ahora se descomponen el vástago de la fresa y las puntas de corte, ya que siguen como referencia a bloque como lo indica la Figura 131.

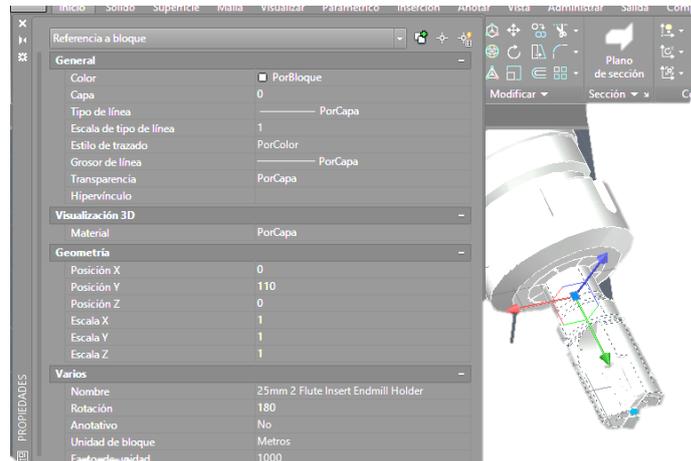


Figura 131: Referencia a bloque de la fresa

La Figura 132 muestra las plaquitas de la fresa.

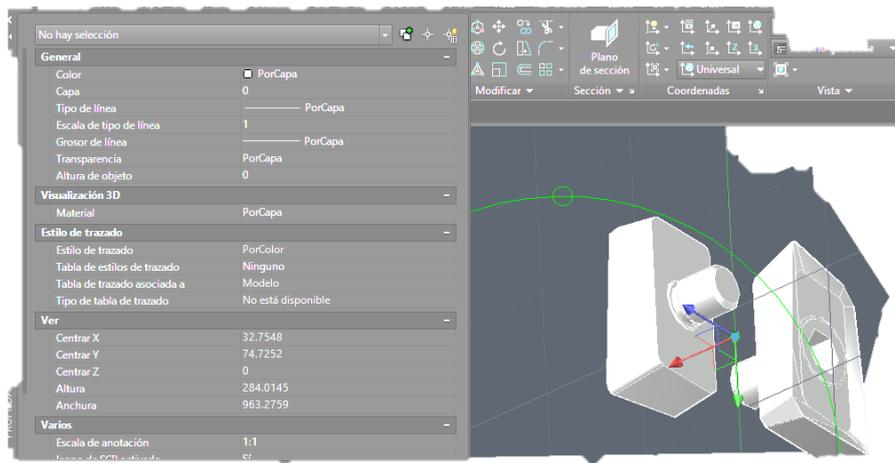


Figura 132: Plaquetas de la fresa

Ya convertido todo en sólidos 3D, se puede calcular el centro de gravedad o exportarlo en otro formato. La Figura 133 muestra que se han obtenido los 4 sólidos de forma satisfactoria.

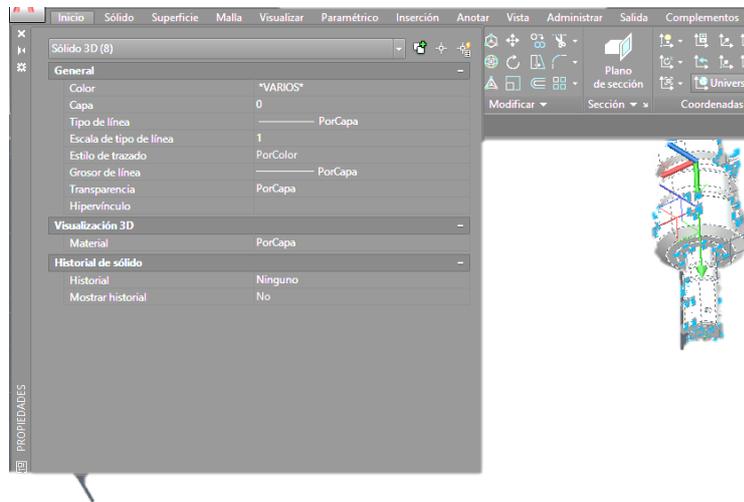


Figura 133: 8 sólidos 3D

HUSILLO Y BRIDA

Para obtener las propiedades físicas de un objeto, se usa el comando PROPFIS. La Figura 134 muestra el husillo en AutoCAD.

COMANDO→PROPFIS

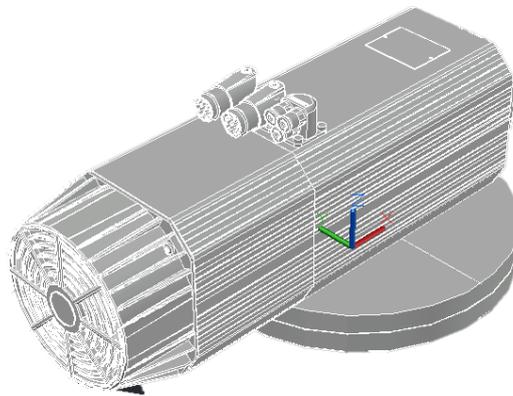


Figura 134: Imagen del husillo en AutoCAD

Mientras que la Figura 135 contiene las propiedades del husillo obtenidas con AutoCAD.

Masa:	9709840.7693
Volumen:	9709840.7693
Cuadro delimitador:	X: -327.9550 -- 171.0000
	Y: -150.0000 -- 150.0000
	Z: 0.0000 -- 217.0000
Centro de gravedad:	X: -44.5151
	Y: 0.0058
	Z: 84.4798
Momentos de inercia:	X: 1.2077E+11
	Y: 2.4646E+11
	Z: 1.7547E+11
Productos de inercia:	XY: 27036507.4032
	YZ: -13749904.7718
	ZX: 48517912398.9965
Radios de giro:	X: 111.5254
	Y: 159.3196
	Z: 134.4303
Momentos principales y direcciones X-Y-Z alrededor del centro de gravedad:	
	I: 50114886534.0016 a lo largo de [0.9937 -0.0002 -0.1124]
	J: 1.5792E+11 a lo largo de [-0.0018 0.9998 -0.0183]
	K: 1.5759E+11 a lo largo de [0.1124 0.0184 0.9935]

Figura 135: Propiedades del husillo obtenidas con AutoCAD

PORTAHERRAMIENTAS CON FRESA 1

La Figura 136 muestra el portaherramientas en AutoCAD.

COMANDO → PROPFIS

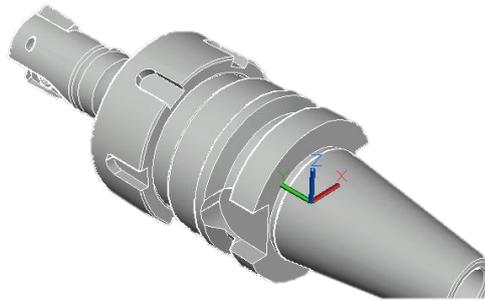


Figura 136: Imagen del portaherramientas con la fresa

La Figura 137 indica las propiedades del portaherramientas con la fresa obtenidas con AutoCAD.

Masa:	114683.5163
Volumen:	114683.5163
Cuadro delimitador:	X: -25.0018 -- 25.0018
	Y: -50.4000 -- 111.3233
	Z: -25.0000 -- 25.0000
Centro de gravedad:	X: 0.0000
	Y: 29.2188
	Z: 0.0000
Momentos de inercia:	X: 230700969.8934
	Y: 25491141.5201
	Z: 229794788.3544
Productos de inercia:	XY: 0.4335
	YZ: -9.4731
	ZX: 63516.5462
Radios de giro:	X: 44.8512
	Y: 14.9088
	Z: 44.7630
Momentos principales y direcciones X-Y-Z alrededor del centro de gravedad:	
	I: 132795673.4867 a lo largo de [0.9976 0.0000 0.0696]
	J: 25491141.5201 a lo largo de [0.0000 1.0000 0.0000]
	K: 131880631.1990 a lo largo de [-0.0696 0.0000 0.9976]

Figura 137: Propiedades del portaherramientas con la fresa obtenidas con AutoCAD

Podría parecer que AutoCAD ya proporciona el momento de inercia, sin embargo, no tiene en cuenta la densidad de cada material, pues establece una densidad de 1 por defecto y no se puede cambiar. Para ello, se va a usar Inventor, ya que permite establecer una densidad o el peso de un objeto y aproximar su momento de Inercia.

5.3.1.3 CÁLCULO DEL MOMENTO DE INERCIA CON INVENTOR

Ahora que se ha planteado el uso de Inventor para solventar este problema, la siguiente coyuntura es determinar el material del que están hechas cada una de las herramientas.

En las especificaciones del husillo viene especificada su masa, pero en el resto no viene especificado nada; por lo que se va a buscar información acerca de los materiales idóneos para su fabricación.

A continuación, usando la herramienta de Inventor, se obtendrán los valores de centro de gravedad, momentos máxicos de inercia, tanto respecto del centro de gravedad como de la referencia que se estime oportuna por el usuario para el uso que se vaya a usar y los momentos de inercia respecto del centro de gravedad.

Los momentos principales de inercia se definen como los autovalores o valores propios del tensor de inercia. Por lo tanto, usando la función eig de MATLAB y un sencillo programa donde se vayan cambiando los valores de los momentos máxicos de inercia, y por comparación con los valores de los momentos principales de inercia respecto al centro de gravedad, se obtienen los momentos principales de inercia respecto de la referencia global determinada por el usuario.

El porqué de comparar los datos obtenidos en MATLAB con los de Inventor viene dado porque el orden de los datos en MATLAB no se corresponde con los valores I1, I2 e I3 respectivamente. Por lo que, al comparar estos datos con los proporcionados por Inventor, se asocia el valor más alto con el correspondiente en Inventor para saber a qué momento principal de Inercia corresponde ese valor y se repite el proceso para los otros 2 casos.

“Las cantidades I_{xx} , I_{yy} e I_{zz} se conocen como los *momentos principales de inercia*. Matemáticamente son los autovalores del tensor de inercia” [101–103].

Matlab

```
clc
```

```
format longEng
```

```
%precisión alta
```

```
Ixx=2266.454
```

```
Ixy=-0.001
```

```
Ixz=0.518
```

```
Iyy=307.321
```

```
Iyz=0.001
```

```
Izz=2253.335
```

```
I=[Ixx -Ixy -Ixz; -Ixy Iyy -Iyz; -Ixz -Iyz Izz]
```

```
Ieig=eig(I) %% Valores propios
```

MATERIALES

Dependiendo de la función que cada elemento ha de cumplir en el husillo, el portaherramientas y la fresa; el material del que está fabricado necesita cumplir distintas características de dureza, tensión, etc.

Entre los distintos materiales se encuentran: acero de alto carbono, acero rápido, acero de alta tensión, carburos, etc.

Para los distintos aceros, se usan distintas aleaciones de carbono, silicio, níquel, cromo, tungsteno, molibdeno, manganeso, fósforo, cobalto, vanadio... [38,39,47,104–153]

BILL OF MATERIALS (BOM)

Los datos correspondientes a los materiales se van a organizar en una tabla (Tabla 13) llamada “bill of materials” que contienen datos cruciales de las herramientas, como materiales y densidad; así como proveedores para algunas herramientas.

Tabla 13: "Bill Of Materials" (BOM)-Lista de materiales

Objeto	Material	DIN(W.-Nr.)	ASTM	Otra	Densidad (g/cm ³)	Masa (kg)	Proveedor 1	Preveedor2
Cono portaherramientas	Nickel Chrome Molybdenum Alloy		B366	hastelloy c276	8,64	0,5348	LYNDEX-NIKKEN	DAMENCNC
Tuerca	stainless steel (aisi 304)	1,4301 and 1,4307	ASTM A240/A240M	X5CrNi189	8	0,1299	LYNDEX-NIKKEN	
Pinza de ajuste	High Tensile Chromium Molybdenum Alloy-AISI 4140	1,7223-1,7225		41CrMo4	8,03	0,1315	LYNDEX-NIKKEN	Maritool
Tirante	acero de cementacion-16mncr5	1,7131	B 473	16MnCr5	8,08	0,0360	Teknomotor	DAMENCNC
Plaquitas	High-Speed Steel/Tugsten carbide				14,95	0,0066	Sandvik	
Electrohusillo	-	-			-	24,6300	Teknomotor	
Fresa 1 (vástago)					8,16	0,1550		
Placa brida	-	-	-	-	8,64	12,2145		
Fresa milano (carburo de tungsteno)		-	-	-	14,95	0,2175		

CON UN SOLO MATERIAL (PIEZA)

Para calcular el momento de inercia mediante la opción de “un” material, se calcula el peso de cada elemento por separado; y se usa la suma de esos valores para calcular un valor de “densidad uniforme”, obteniendo un error respecto a los valores reales. Por lo que se buscará un método más aceptable después.

Portaherramientas con fresa 1

Se selecciona la opción de “*properties*”, como se indica en la Figura 138, para visualizar la ventana de propiedades.

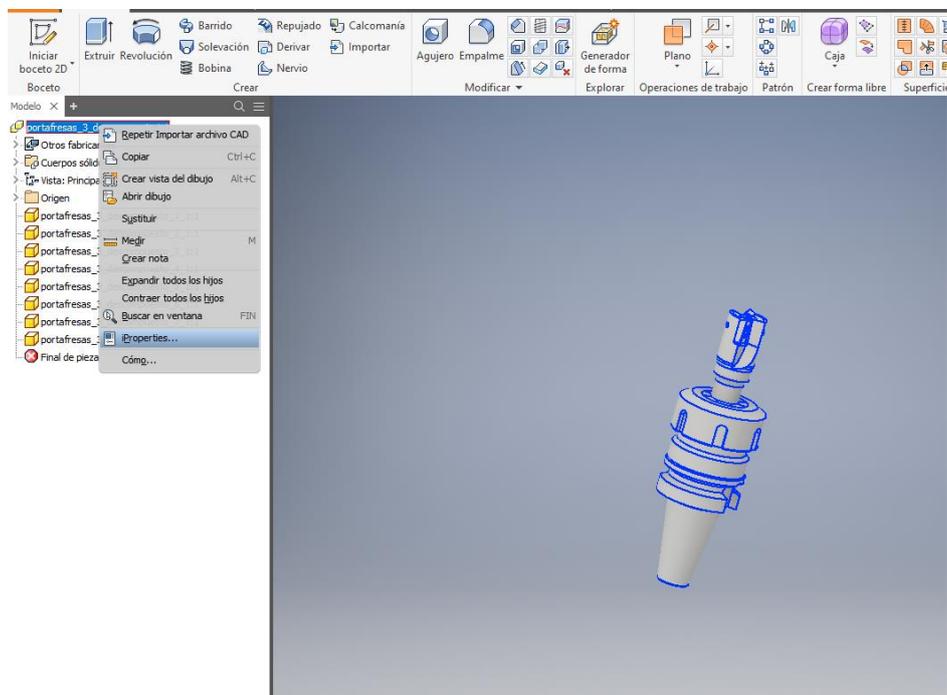


Figura 138: Propiedades en Inventor

La Figura 139 muestra la ventana de “Propiedades físicas”, y se observan todos los valores obtenibles con Inventor.

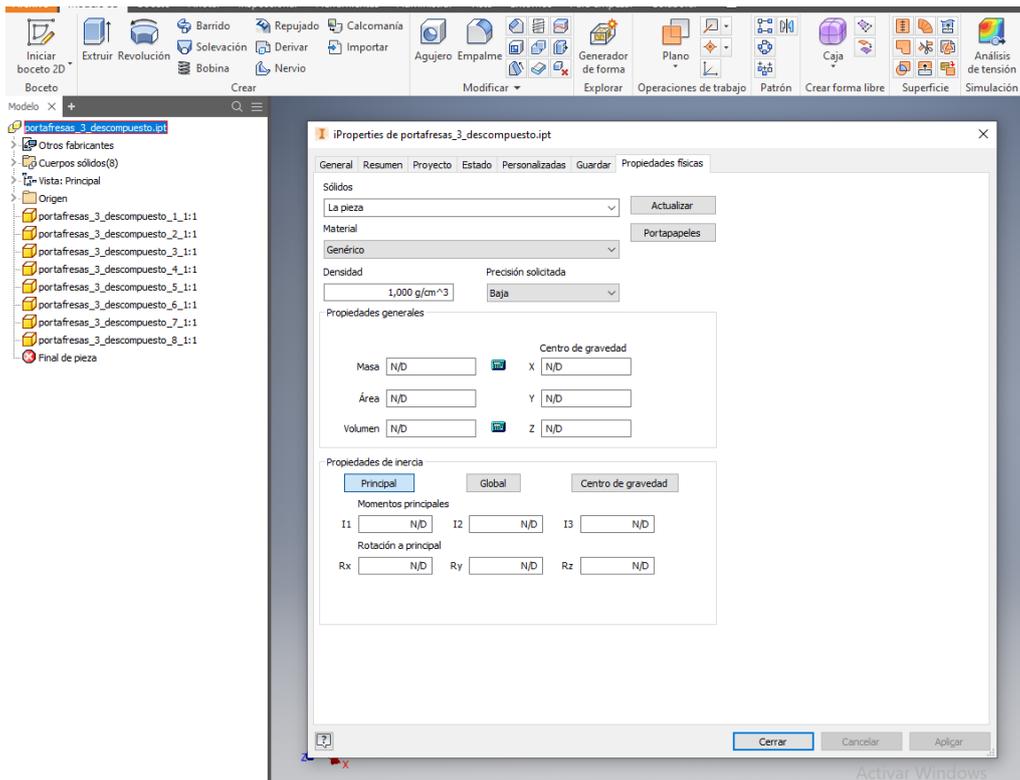


Figura 139: Propiedades en Inventor (2), antes de actualizar el valor de la densidad

Al dar en “Actualizar” después de cambiar el material, se observan las propiedades físicas, como se venía buscando. La Figura 140 muestra los datos después de actualizar el valor de la densidad.

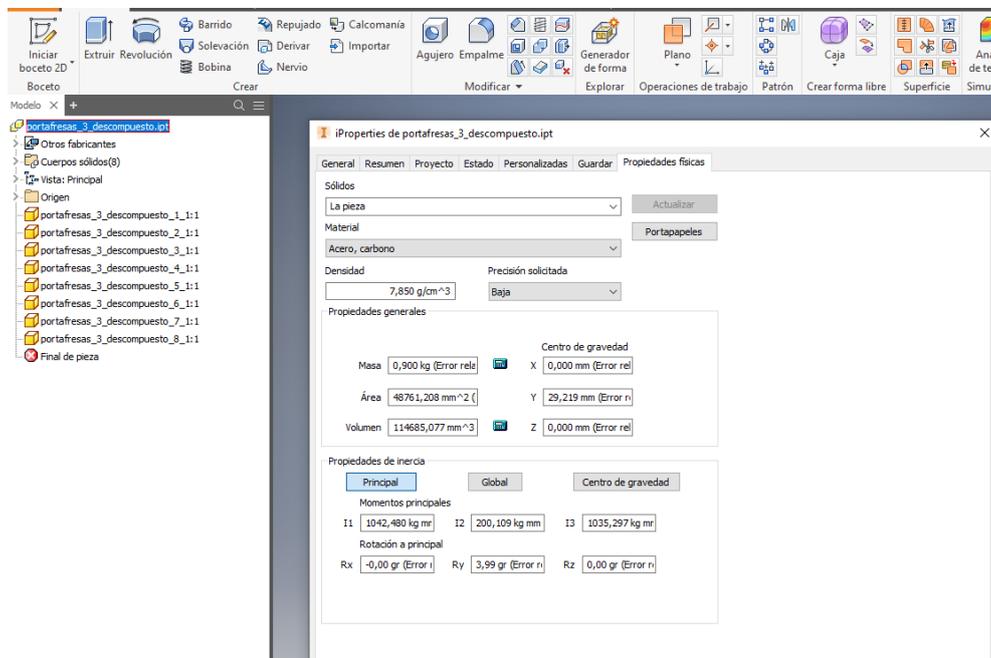


Figura 140: Propiedades en Inventor (3), después de actualizar el valor de la densidad

Al dar en “Portapapeles” se pueden obtener todas las propiedades y pegarlas en un documento de texto, como se muestra en la Figura 141.

Propiedades físicas de portafresas_3_descompuesto	
Propiedades generales:	
Material:	{Acero, carbono}
Densidad:	7,850 g/cm ³
Masa:	0,900 kg (Error relativo = 0,001242%)
Área:	48762,022 mm ² (Error relativo = 0,000729%)
Volumen:	114683,732 mm ³ (Error relativo = 0,001242%)
Centro de gravedad:	
X:	0,000 mm (Error relativo = 0,001242%)
Y:	29,219 mm (Error relativo = 0,001242%)
Z:	-0,000 mm (Error relativo = 0,001242%)
Momentos máxicos de inercia con respecto al centro de gravedad (Cálculo realizado mediante integral negativa)	
Ixx	1042,421 kg mm ² (Error relativo = 0,001242%)
Iyx Iyy	-0,001 kg mm ² (Error relativo = 0,001242%) 200,106 kg mm ² (Error relativo = 0,001242%)
Izx Izy Izz	0,499 kg mm ² (Error relativo = 0,001242%) 0,001 kg mm ² (Error relativo = 0,001242%) 1035,308 kg mm ² (Error relativo = 0,001242%)
Momentos máxicos de inercia con respecto a global (Cálculo realizado mediante integral negativa)	
Ixx	1811,021 kg mm ² (Error relativo = 0,001242%)
Iyx Iyy	-0,001 kg mm ² (Error relativo = 0,001242%) 200,106 kg mm ² (Error relativo = 0,001242%)
Izx Izy Izz	0,499 kg mm ² (Error relativo = 0,001242%) 0,001 kg mm ² (Error relativo = 0,001242%) 1803,907 kg mm ² (Error relativo = 0,001242%)
Momentos principales de inercia con respecto al centro de gravedad	
I1:	1042,456 kg mm ² (Error relativo = 0,001242%)
I2:	200,106 kg mm ² (Error relativo = 0,001242%)
I3:	1035,273 kg mm ² (Error relativo = 0,001242%)
Rotación de global a principal	
Rx:	0,00 gr (Error relativo = 0,001242%)
Ry:	3,99 gr (Error relativo = 0,001242%)
Rz:	0,00 gr (Error relativo = 0,001242%)

Figura 141: Lista de las propiedades de Inventor

CON VARIOS MATERIALES (ENSAMBLAJE)

Establezco un elemento y su material por separado, y los asocio mediante un ensamblaje con materiales distintos.

Importando desde STEP y modificando cada elemento, como se indica en la Figura 142; con la opción de “edición”→”iProperties”→”Propiedades físicas”, ya se puede especificar el peso, la densidad o un material de la lista (que está asociado a una densidad).

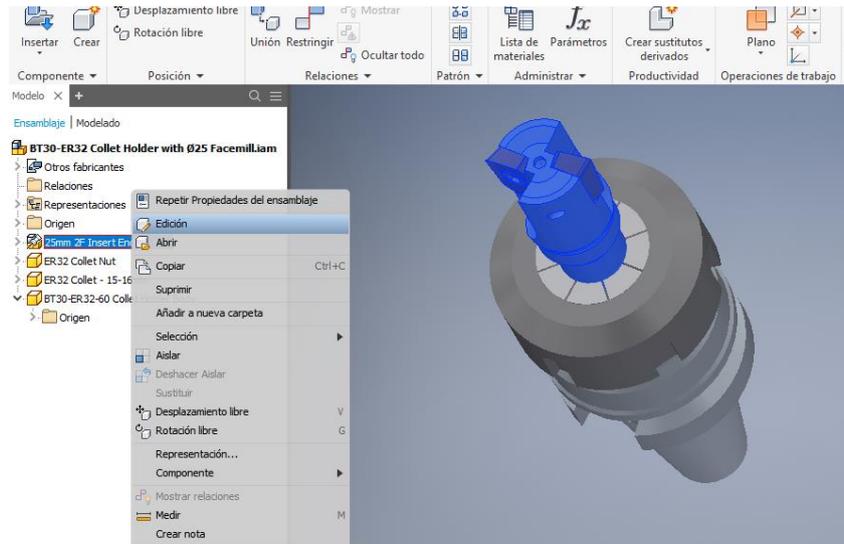


Figura 142: Selección un componente dentro de una pieza compuesta

En la Figura 143 se observa cómo se puede modificar un elemento de todo el ensamblaje para darle propiedades específicas.

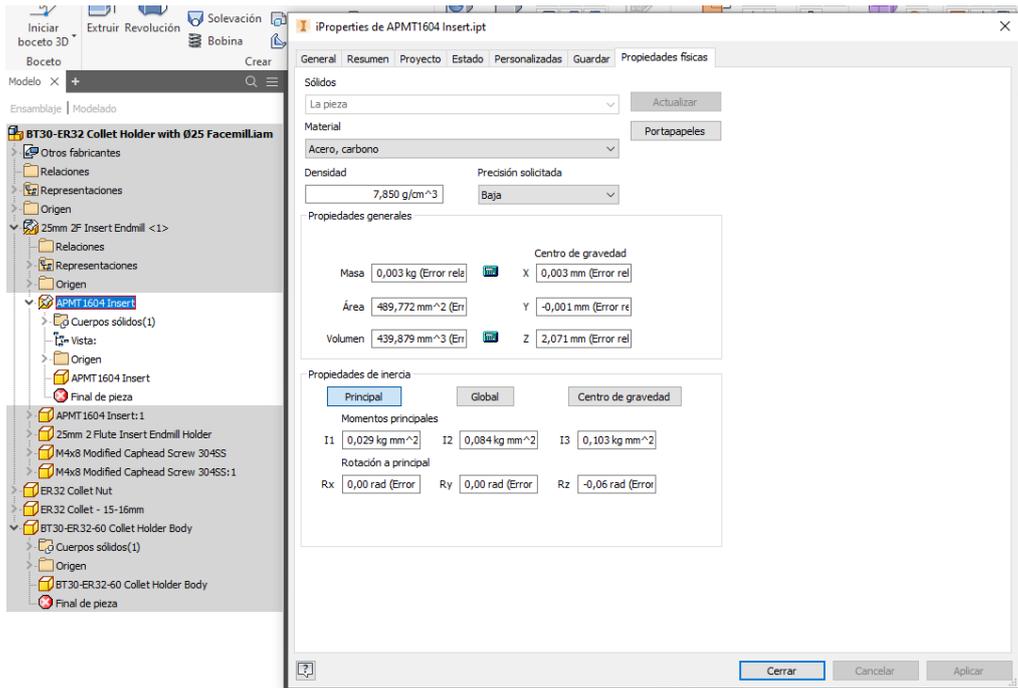


Figura 143: Especificar la densidad para 1 componente

Así se puede obtener un momento de inercia con distintos materiales, en vez de usar una densidad para todo el conjunto, o falseándola mediante el cálculo previo de cada elemento con su densidad. La Figura 144 muestra las propiedades de la pieza al cambiar el valor de un componente.

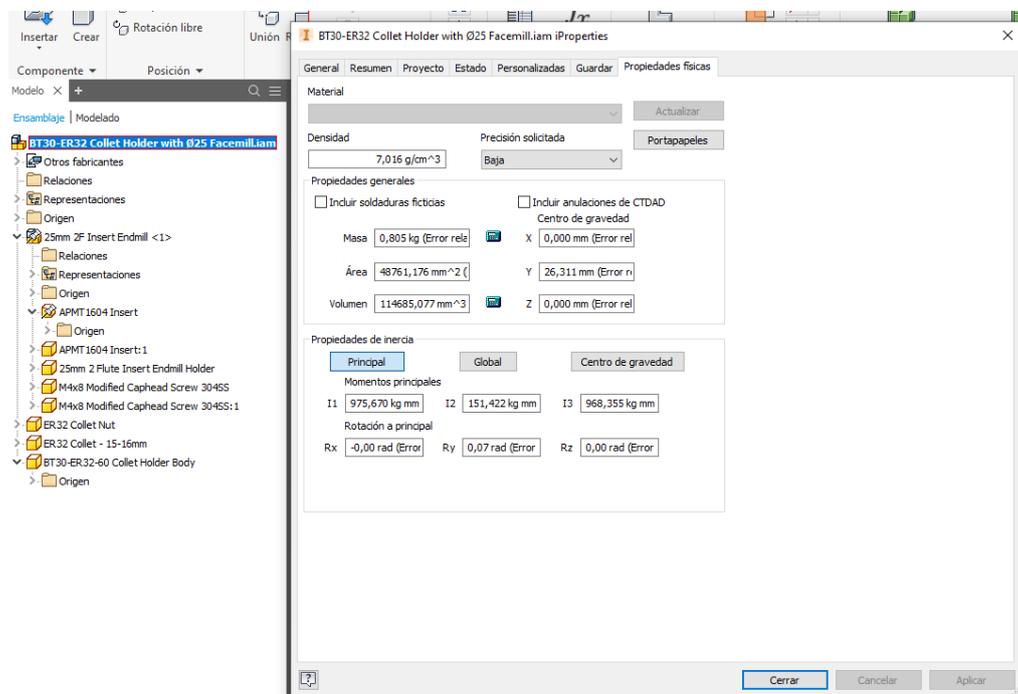
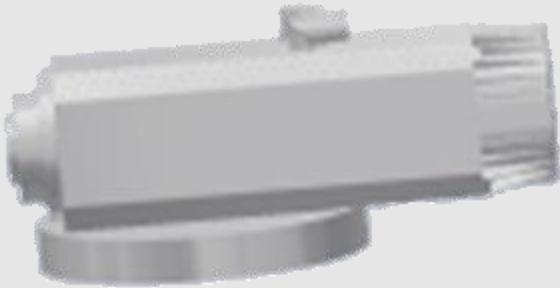


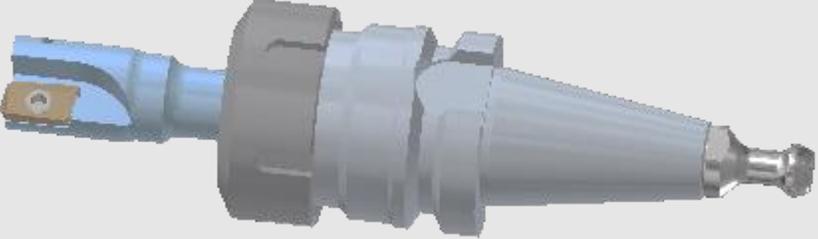
Figura 144: Propiedades en Inventor

Husillo + brida

		<u>Valores</u>					
		X		Y		Z	
<u>CDG (Pieza)</u>		-31.530		0.004		65.671	
<u>Momento Inercia-pieza- kg·mm²</u>		I1		I2		I3	
		297036,972		709792,788		751892,799	
<u>Momentos máxicos (Momento Inercia)-CDG- kg·mm²</u>		Ixx	Iyx	Iyy	Izx	Izy	Izz
		308750,984	90,441	709792,776	72048,306	-35,953	740178,799
<u>Momentos máxicos (Momento Inercia)-origen- kg·mm²</u>		Ixx	Iyx	Iyy	Izx	Izy	Izz
		520326,960	96,829	970140,481	173630,422	-49,257	788950,530
<u>Momento Inercia-origen Matlab- kg·mm²</u>		I1		I2		I3	
		435122.97819245		874154.46822		970140.559583	
		Masa (kg)		Densidad media (g/cm ³)		Volumen (mm ³)	
		49,059		5,053		9709841,535	

La masa de las bridas es 12.2145 kg con una densidad de 8.64 g/cm³

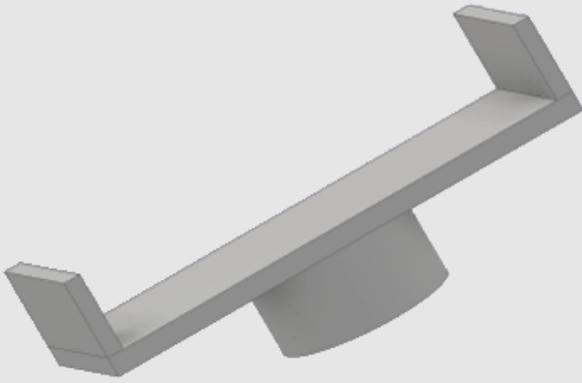
Fresa 1 (sin girar)

		<u>Valores</u>					
		X		Y		Z	
<u>CDG (Pieza)</u>		0		26,095		0	
<u>Momento Inercia-pieza- kg·mm²</u>		I1		I2		I3	
		1369,989		214,612		1361,828	
<u>Momentos máscicos (Momento Inercia)-CDG- kg·mm²</u>		Ixx	Iyx	Iyy	Izx	Izy	Izz
		1369,965	0	214,612	0,434	0,001	1361,851
<u>Momentos máscicos (Momento Inercia)-origen- kg·mm²</u>		Ixx	Iyx	Iyy	Izx	Izy	Izz
		2052,438	0	214,612	0,434	0,001	2044,323
<u>Momento Inercia-origen Matlab- kg·mm²</u>		I1		I2		I3	
		2052.46114483262		214.611999999453		2044.29985516792	
		Masa (kg)		Densidad media (g/cm ³)		Volumen (mm ³)	
		1,002		8,417		119071,337	

Fresa milano

		<u>Valores</u>				
<u>CDG (Pieza)</u>	X		Y		Z	
	0		0		25.828	
<u>Momento Inercia-pieza- kg·mm²</u>	I1		I2		I3	
	1273,398		1266,116		213,836	
<u>Momentos máxicos (Momento Inercia)-CDG- kg·mm²</u>	Ixx	Iyx	Iyy	Izx	Izy	Izz
	1273,398	0,000	1266,116	0,001	0,000	213,836
<u>Momentos máxicos (Momento Inercia)-origen- kg·mm²</u>	Ixx	Iyx	Iyy	Izx	Izy	Izz
	1973,261	0	1965,979	0,001	0	213,836
<u>Momento Inercia-origen Matlab- kg·mm²</u>	I1		I2		I3	
	1973.261		1965.979		213.8359999	
	Masa (kg)		Densidad media (g/cm ³)		Volumen (mm ³)	
	1.049		9.248		113442,979	

Pinza garra

		<u>Valores</u>				
<u>CDG (Pieza)</u>	X		Y		Z	
	0		0		91,417	
<u>Momento Inercia-pieza- kg·mm²</u>	I1		I2		I3	
	295987,019		1476249,419		1515159,380	
<u>Momentos máxicos (Momento Inercia)-CDG- kg·mm²</u>	Ixx	Iyx	Iyy	Izx	Izy	Izz
	295987,019	0	1476249,419	0	0	1515159,380
<u>Momentos máxicos (Momento Inercia)-origen- kg·mm²</u>	Ixx	Iyx	Iyy	Izx	Izy	Izz
	769359,810	0	1949622,211	0	0	1515159,380
<u>Momento Inercia-origen Matlab- kg·mm²</u>	I1		I2		I3	
	769359.81		1515159.38		1949622.211	
	Masa (kg)		Densidad media (g/cm ³)		Volumen (mm ³)	
	56,643		8,160		6941592,654	

5.3.2 ESTABLECER HERRAMIENTAS ROBOTSTUDIO 2021.4

Para poder establecer un objeto como herramienta en RobotStudio, será necesario importar el modelo del objeto al que se le quiera atribuir las características de herramienta.

Las ventajas de poder establecer un objeto como **herramienta** son:

- 1) Establecer un TCP
- 2) Establecer características físicas (masa, momento de inercia, centro de gravedad)
- 3) Al asociar una herramienta a un robot, el TCP del robot se situará en el TCP de la herramienta, facilitando la programación de puntos y trayectorias.

A la hora de crear una herramienta en RobotStudio, será imprescindible crear un nuevo proyecto y situar el objeto en el punto (0,0,0) para evitar problemas al crear la herramienta que impidiesen que se sitúe correctamente al asociarlo a otro elemento, más aún, si se opta por usar las opciones internas para determinar el centro de gravedad.

En herramientas que no se vayan a asociar de forma permanente a otro elemento de la estación, será importante establecer el centro de la herramienta para que se simule correctamente, como, por ejemplo, las herramientas de fresado con el cono portaherramientas. Una parte del cono se oculta dentro del husillo, por lo que el centro de la herramienta se establecerá en el punto intermedio que se corresponda con la posición del TCP del husillo, en el caso de este proyecto.

A continuación, se explicarán los pasos a seguir con cada herramienta, así como algunas consideraciones a tener en cuenta.

- 1) Importar el modelo 3D del objeto o los elementos que constituirán la herramienta
- 2) Si el modelo se ha importado por partes, asociar las mismas ayudándose de las distintas herramientas que proporciona RobotStudio. Si la pieza es muy compleja, apoyarse en AutoCAD u otro programa de diseño es 3D es recomendable, ya que las herramientas internas de RobotStudio son limitadas.
- 3) Establecer el centro del modelo, que se corresponderá con el centro de la herramienta, en el punto (0,0,0). Para ello, se ha de modificar el origen local del objeto. En el panel desplegable al hacer clic derecho - “Modificar” - “Establecer origen local”.

Si se usa Inventor para establecer el centro de gravedad y el momento de inercia, y la herramienta no estaba correctamente centrada; exportar el modelo en formato Step desde RobotStudio, puede facilitar el posicionar forma correcta el modelo 3D para realizar los cálculos precisos.

- 4) Agrupar los elementos del modelo 3D en un “grupo de piezas”. Para ello, se crea una “pieza nueva” o un “grupo de componentes” y se copia la geometría en el nuevo elemento. Tener una copia evita tener que importar el modelo por 2ª vez si se ha cometido algún error al crear la herramienta.

¡Atención! Si se opta por usar la herramienta interna para hallar el centro de gravedad (para elemento con una densidad uniforme), poner los modelos en “oculto” que se solapen con la pieza que contiene los elementos agrupados para crear la herramienta, ya que el solapamiento haría que RobotStudio calcule el centro de gravedad de todos los elementos “visibles” y daría un valor incorrecto.

- 5) Crear un sistema de coordenadas donde se establecerá el TCP
- 6) Establecer los parámetros para crear la herramienta, usando la utilidad de “Crear herramienta” en el panel de “Modelado”

Husillo

Para establecer el husillo como una herramienta, se va a seguir los pasos nombrados anteriormente.

- (1) En primer lugar, se importa el modelo. Al importarlo desde un formato que admite la agrupación de distintos elementos, el modelo 3D se constituye por varios elementos que pueden ser tratados de forma diferente y modificar la posición de algunos de estos elementos. La Figura 145 muestra el modelo 3D del husillo en RobotStudio.

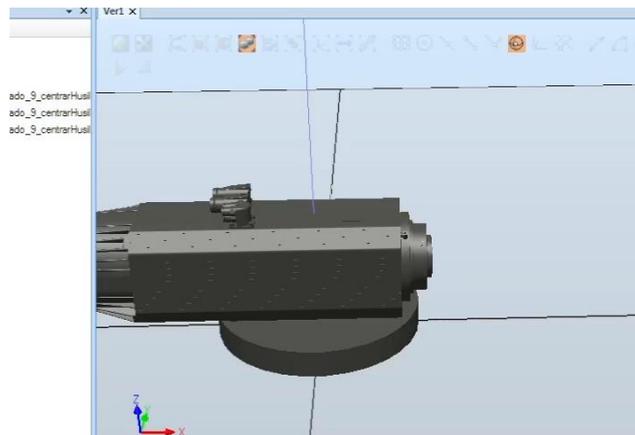


Figura 145: Modelo 3D del husillo en RobotStudio

- (2) Como los elementos importados ya vienen asociados de forma correcta, se procede con el tercer paso.
- (3) En este caso concreto, debido a pruebas realizadas anteriormente, se ha tenido ya en consideración el lugar en el que se iba a encontrar el centro de la herramienta, creando la base circular que sirve para acoplar el husillo al robot en la posición correcta.
- (4) Se agrupan los 4 elementos 3D de los que se compone el husillo en un solo elemento, tal como se muestra en la Figura 146.

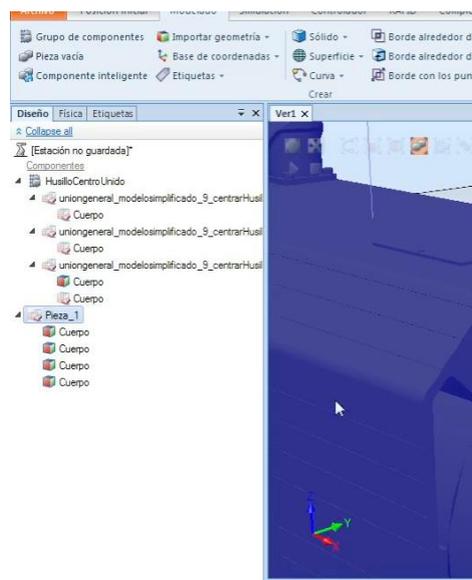


Figura 146: Agrupar los elementos en una sola pieza

(5) Se busca el centro del extremo donde se acopla el portaherramientas usando para ello las opciones de “buscar centro” y “cuerpo”, lo que implica que buscará centros en una pieza. La Figura 147 muestra las indicaciones explicadas anteriormente para crear el sistema de coordenadas para el TCP.

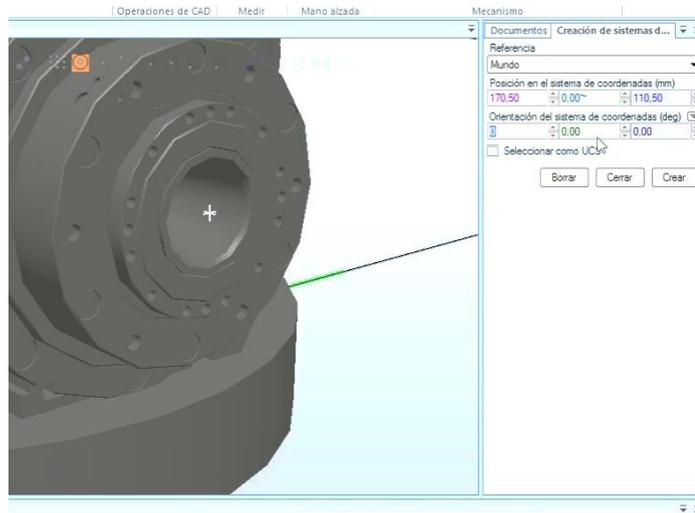


Figura 147: Crear el sistema de coordenadas para el TCP

Una vez determinada la posición, se reorienta el TCP para mayor comodidad. La Figura 148 muestra este paso.

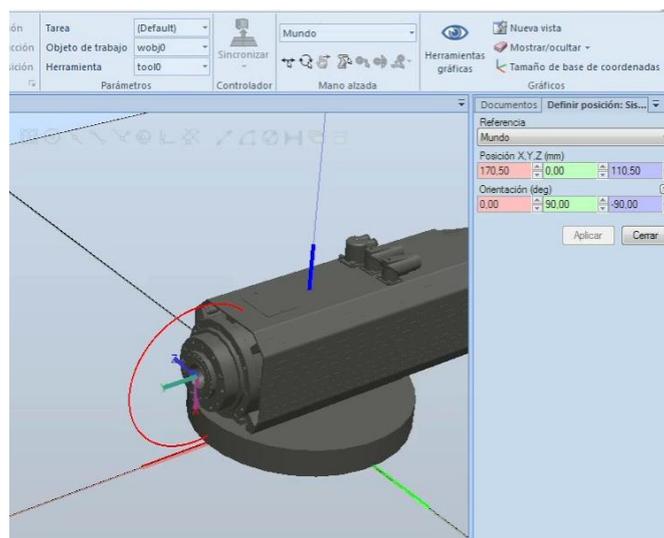


Figura 148: Modificar orientación del sistema de coordenadas para el TCP

(6) Se establecen los parámetros de la herramienta mediante la ventana mostrada en la Figura 149, mostrada tras pulsar el botón de “Crear Herramienta”. Como se usa un modelo existente, se selecciona la opción de la izquierda. Para el valor de masa, centro de gravedad y momento de inercia; se usan los valores obtenidos mediante Inventor.

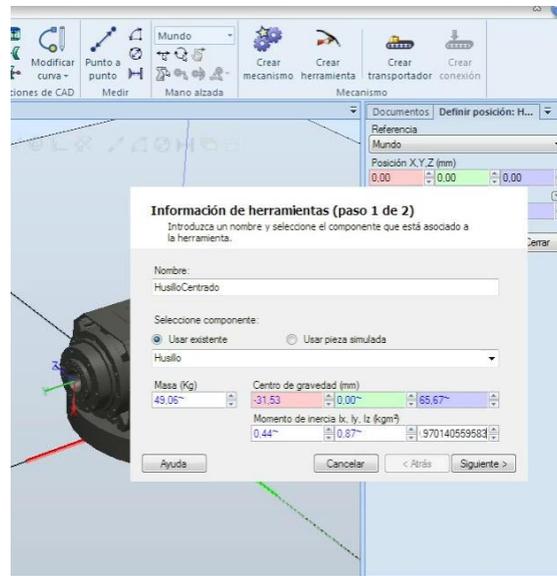


Figura 149: Primera ventana para definir la herramienta: Husillo

En el segundo paso, como la Figura 150 deja entrever, sirve para indicar la posición del TCP seleccionando el sistema de coordenadas previamente creado.

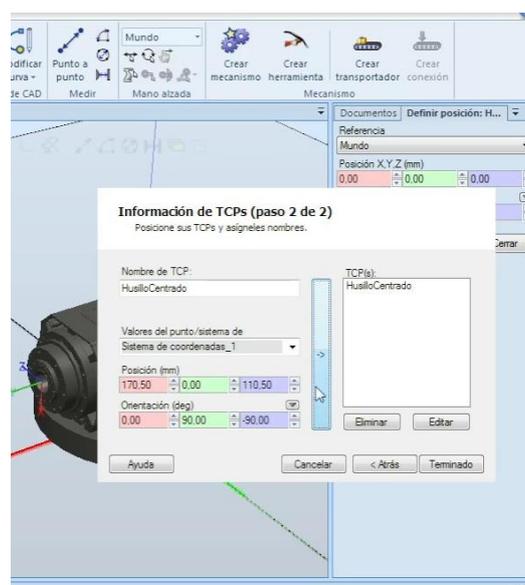


Figura 150: Segunda ventana para definir la herramienta: Husillo

Finalmente, se guarda la herramienta en la biblioteca para usarlo posteriormente en la estación con el robot.

Herramienta cola de milano

Para la herramienta del cono portaherramientas con fresa en forma de cola de milano hay que comprobar que el origen local esté establecido correctamente y la orientación de la herramienta en el plano XY, por si fuere necesario girar la pieza en dicho plano. La Figura 151 muestra el modelo del portaherramientas con la fresa de cola de milano ya orientado.

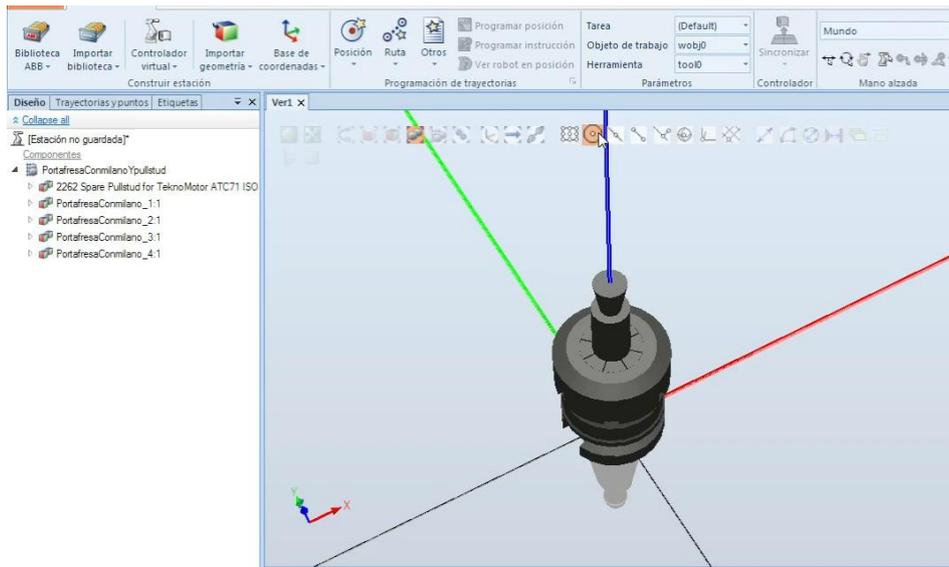


Figura 151: Modelo del portaherramientas con la fresa de cola de milano

Se crea el sistema de coordenadas para el TCP, cuya posición y orientación es la indicada en la Figura 152.

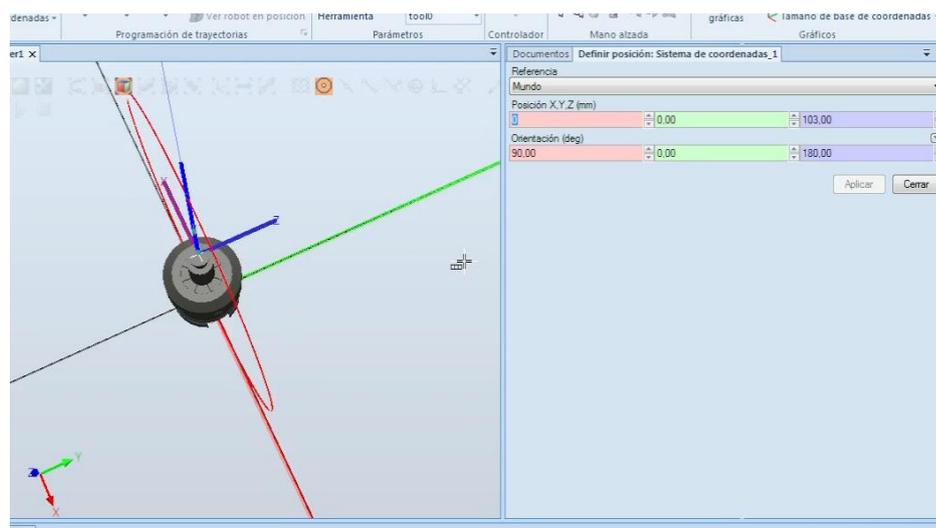


Figura 152: Sistema de coordenadas TCP para la cola de milano

Finalmente, se añaden los datos obtenidos en Inventor de masa, centro de gravedad y momento de inercia, como se muestra en la Figura 153.

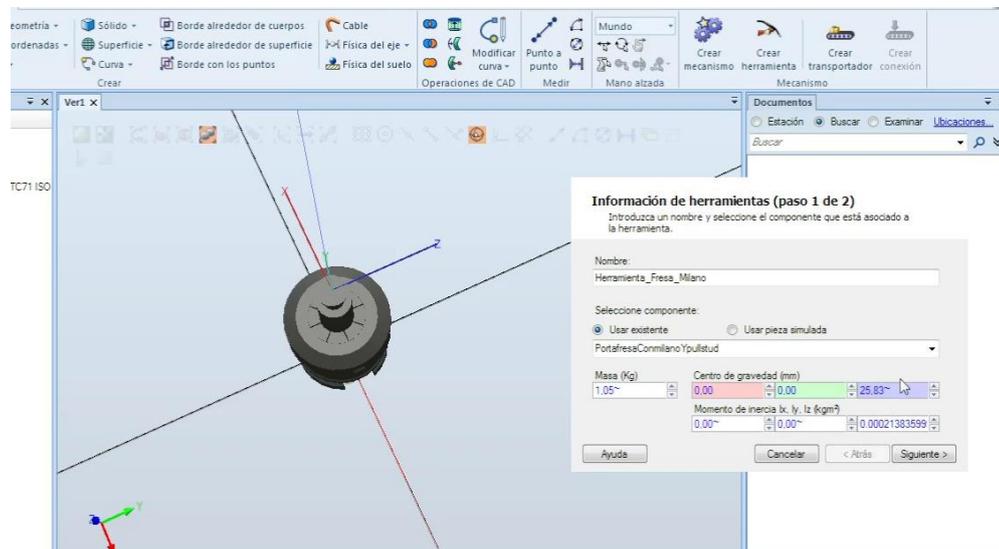


Figura 153: Primera ventana para definir la herramienta: Portaherramientas con fresa de cola de milano

La Figura 154 muestra la segunda ventana para definir el TCP. Finalmente se guarda en la biblioteca para usar la herramienta en el proyecto.

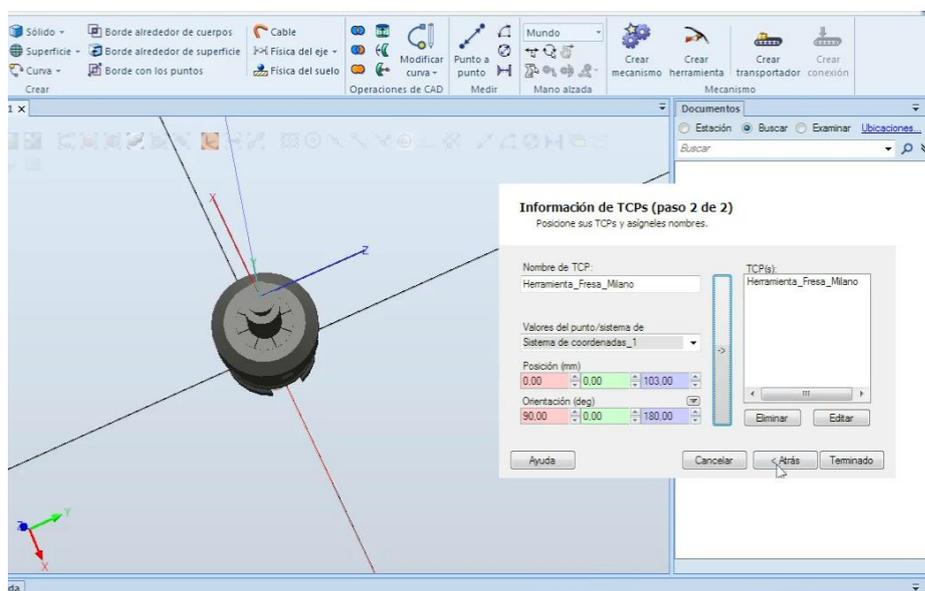


Figura 154: Segunda ventana para definir la herramienta: Portaherramientas con fresa de cola de milano

Herramienta 1

En este caso, han surgido un par de detalles a tener en consideración para ejemplificar algunos problemas que pueden surgir.

El primero de ellos, tal como se muestra en la Figura 155, es la orientación incorrecta al importar el modelo. Como se puede observar en la imagen, el portaherramientas con la fresa está situado erróneamente 90° en el plano YZ; por lo que se corrige su posición como se muestra en la 2ª imagen. Se corrobora también la correcta orientación en el plano XY antes de exportarlo en formato STEP para recalcular los parámetros en Inventor.

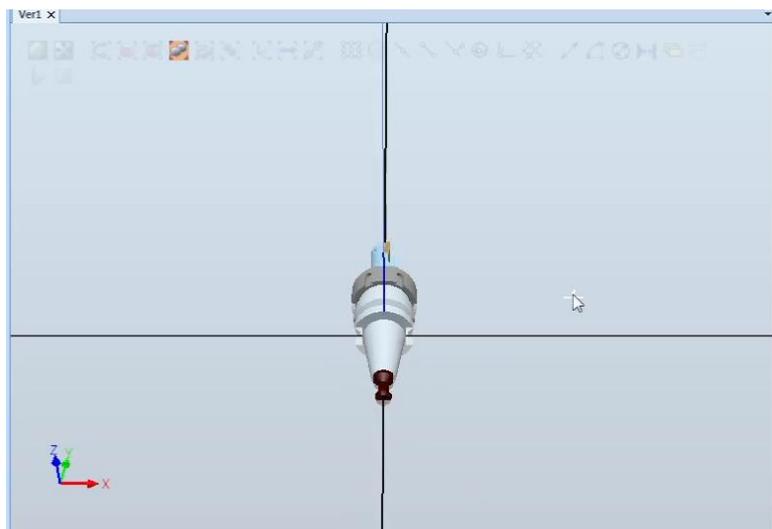


Figura 155: Modelo del portaherramientas con la fresa1

Se reorienta la pieza para crear la herramienta de forma correcta: La Figura 156 proporciona una visual del resultado satisfactorio al orientar la herramienta.

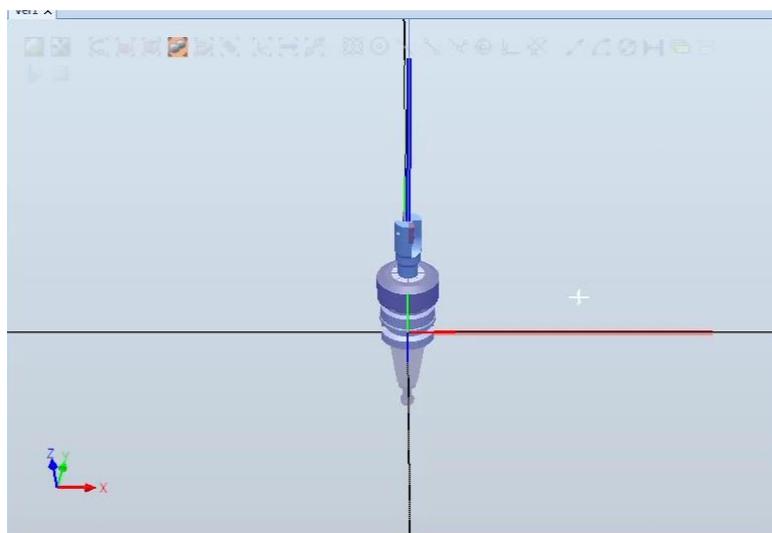


Figura 156: Reorientar la pieza

A continuación, se exporta para poder evaluar las propiedades físicas de forma correcta en Inventor: La Figura 157 muestra el panel de opciones de exportación.

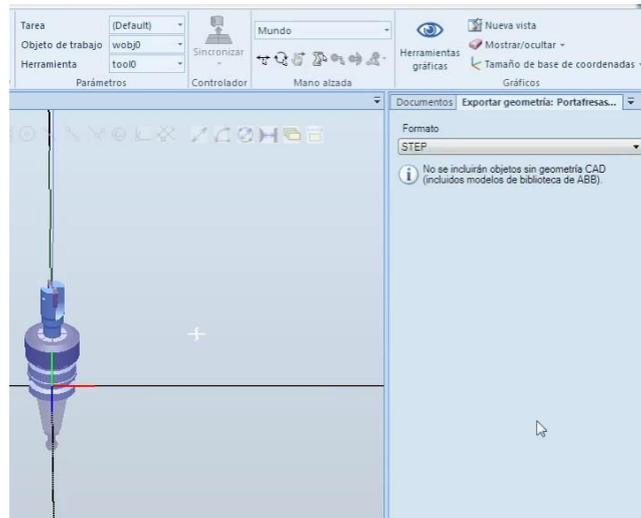


Figura 157: Exportar la pieza orientada

A la hora de establecer el sistema de coordenadas, se cometió el error de usar la opción de buscar el centro del extremo de la fresa, estableciendo en un primer intento el TCP por debajo del extremo de las plaquitas, por lo que esa imprecisión habría supuesto un grave problema.

Usando la herramienta de medir “punto a punto” en el panel de “modelado” y seleccionando las opciones de “seleccionar pieza”, “buscar extremos” y “buscar centros”, se mide la distancia entre el extremo superior de una plaquita y el centro de la fresa. La distancia medida en el eje Z es añadida al valor obtenido anteriormente en el sistema de coordenadas.

La Figura 158 muestra el botón para medir distancias.

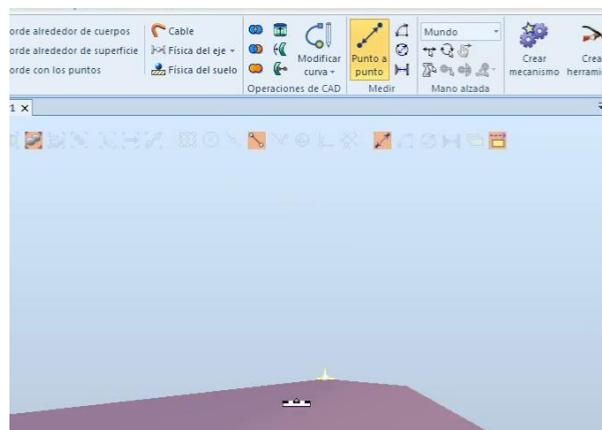


Figura 158: Seleccionar la herramienta para medir distancias

En la Figura 159 se observa el desfase al medir la distancia entre el centro del extremo del vástago de la fresa y el extremo de la plaquita.

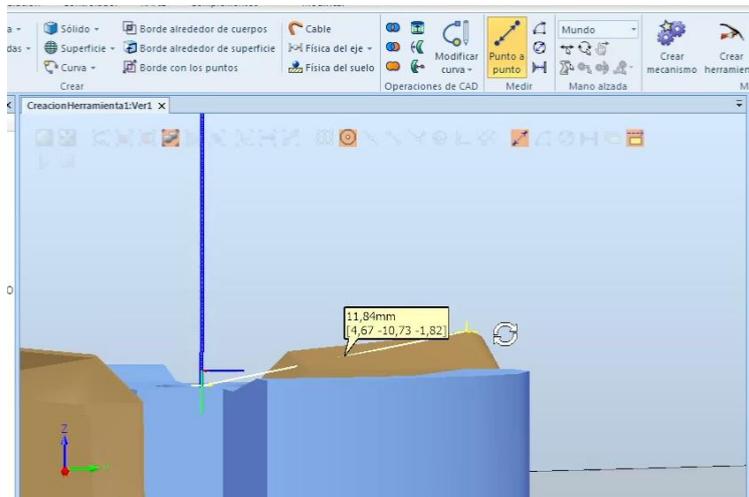


Figura 159: Se mide la distancia entre el centro del extremo del vástago de la fresa y el extremo de la plaquita

Se crea el sistema de coordenadas para ajustar el desfase con los valores de la Figura 160.

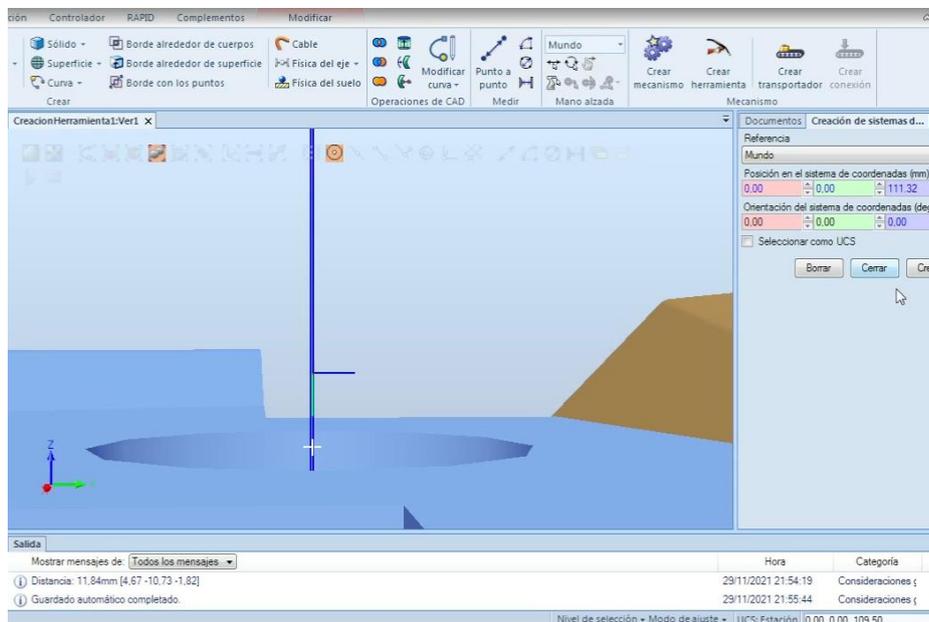


Figura 160: Creación del sistema de coordenadas para el TCP con la corrección de la altura de la plaquita

La Figura 161 muestra los valores para orientar el TCP.

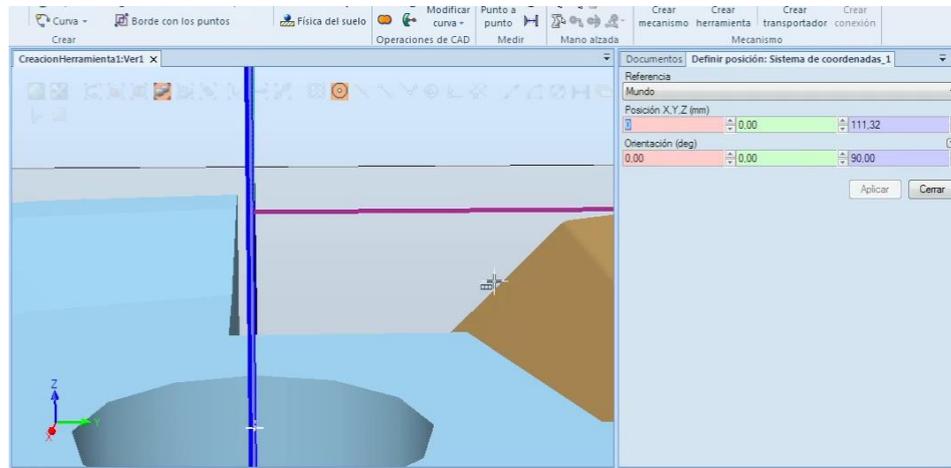


Figura 161: Orientar el TCP

La Figura 162 muestra la posición final del sistema de coordenadas.

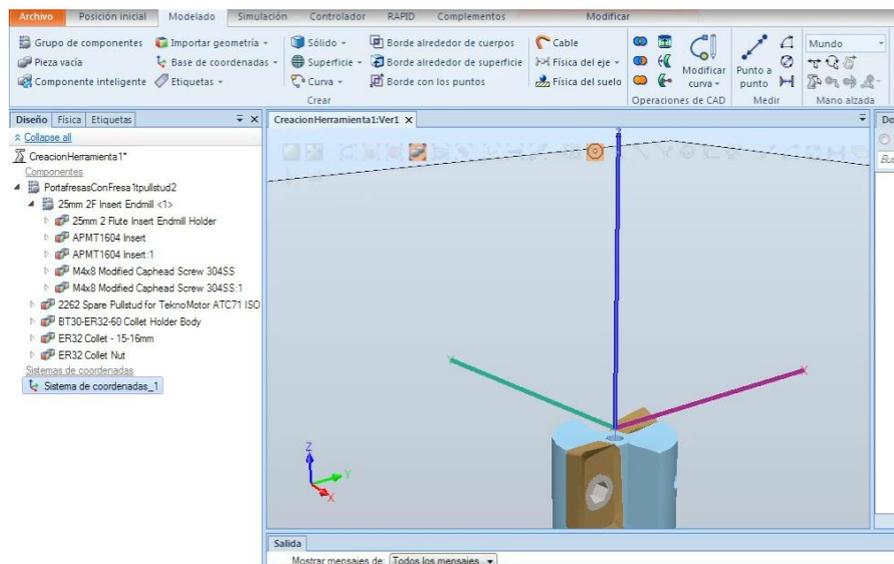


Figura 162: Posición del sistema de coordenadas

Se observa que no termina de estar orientado el sistema de coordenadas, y se modifica con los valores de la Figura 163.

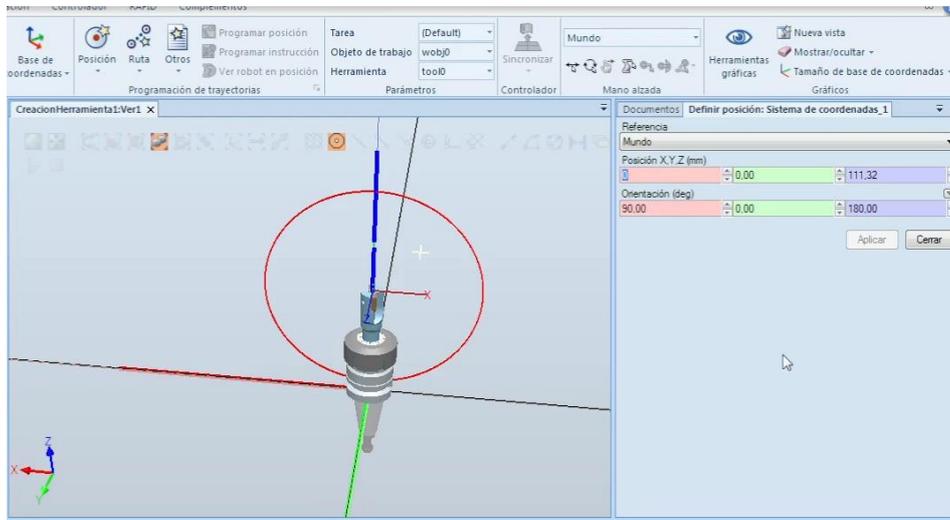


Figura 163: Orientar el TCP

Ya obtenido el TCP correcto, se procede a crear la herramienta como en el caso anterior:

En la Figura 164 se observa como se definen los valores de la primera ventana del portaherramientas con fresa1, definiendo la herramienta con los valores de Inventor.

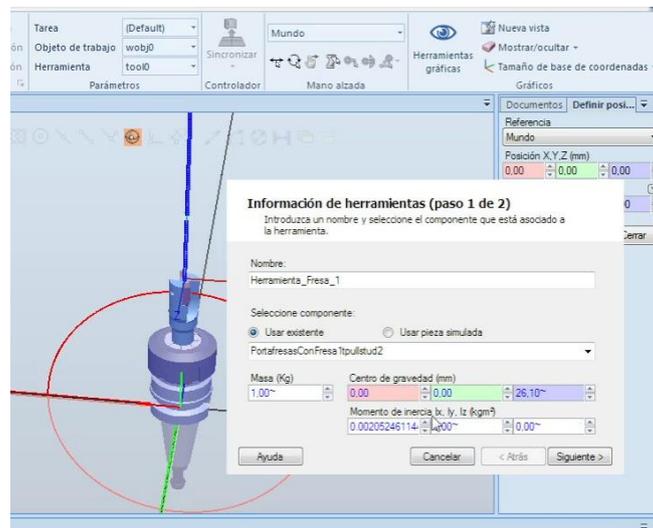


Figura 164: Primera ventana para definir la herramienta: Portaherramientas con fresa1

La Figura 165 muestra la selección del TCP.

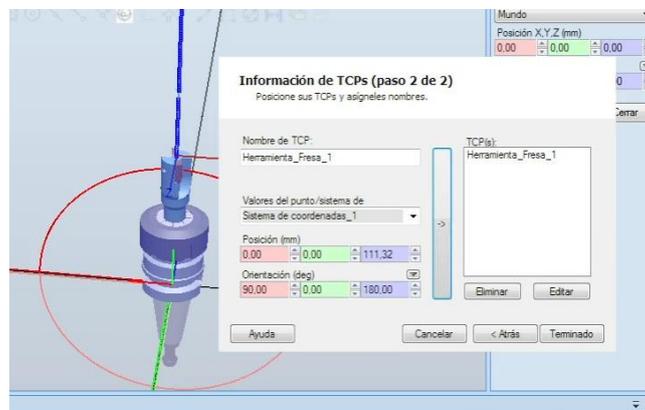


Figura 165: Segunda ventana para definir la herramienta: Portaherramientas con fresa1

Pinza

Para simular una pinza, se ha optado por crear un modelo 3D genérico cuyo fin es meramente visual y no se adapta al modelo de una pinza de uso comercial. Sin embargo, si se pretende configurar los parámetros de un mecanismo-herramienta que se seguirían con un modelo 3D comercial [154].

El primer paso es crear los sólidos 3D mediante las opciones que presenta RobotStudio y con las dimensiones mostradas en las imágenes que se muestran a continuación.

El primer sólido, indicados con los valores de la Figura 166, será un cilindro con el diámetro de la brida del robot:

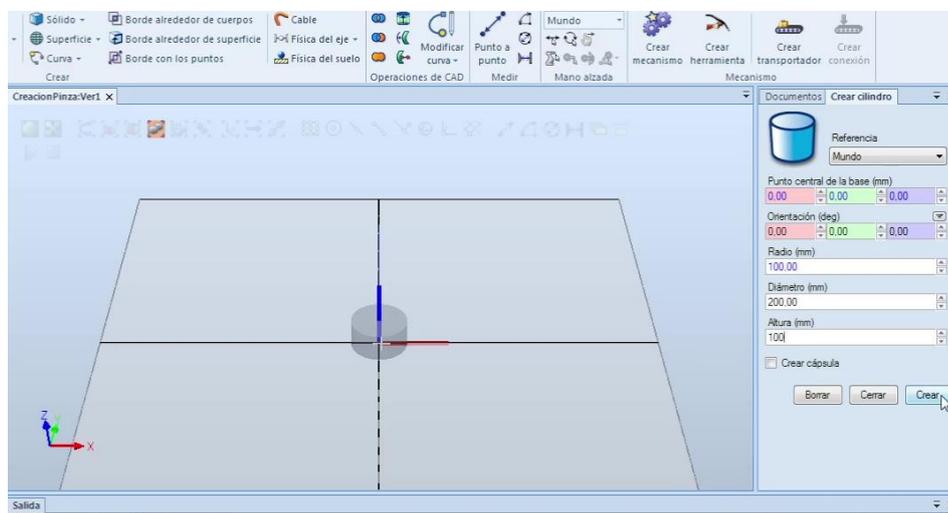


Figura 166: Definir parámetros de la base (1). Cilindro

La Figura 167 muestra un prisma rectangular que determina la longitud de la pinza.

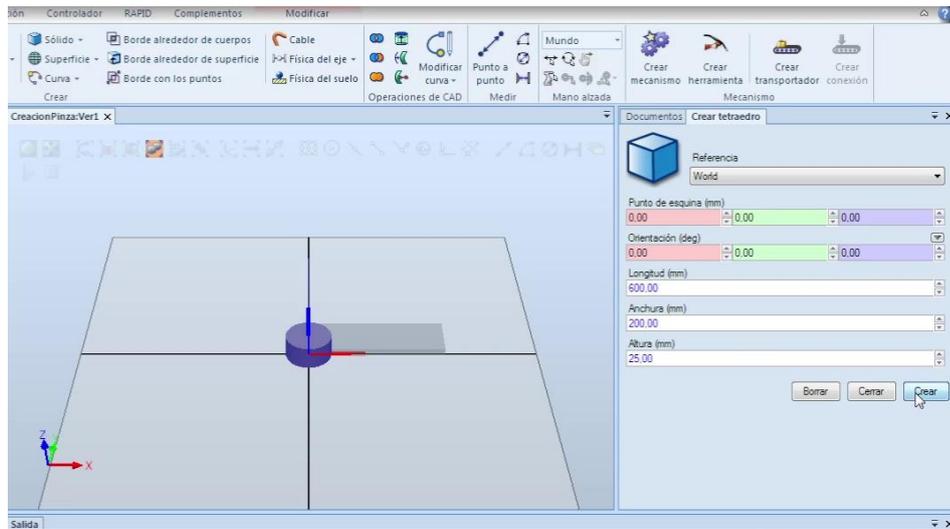


Figura 167: Definir parámetros de la base (2). Prisma rectangular

La Figura 168 define las dimensiones de los dedos de la pinza mediante un prisma rectangular.

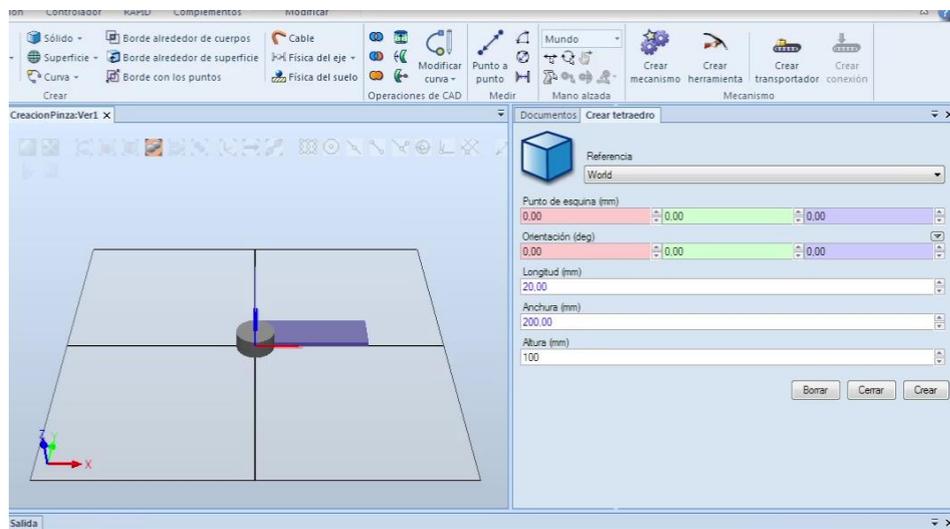


Figura 168: Definir dimensiones de los dedos de la pinza. Prisma rectangular

Se modifica el origen local del prisma rectangular para acoplarlo a la parte superior del cilindro. La Figura 169 muestra los elementos seleccionados para indicar el centro de la pieza.

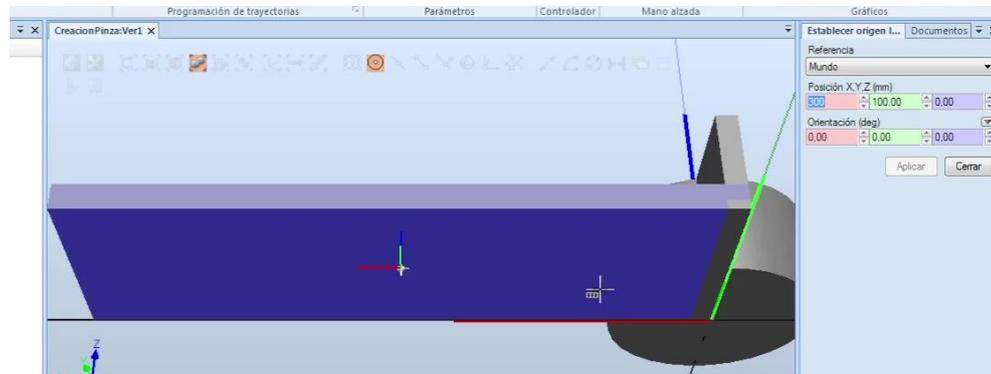


Figura 169: Modificar origen local

La Figura 170 indica la posición del prisma la posición correcta en plano XY:

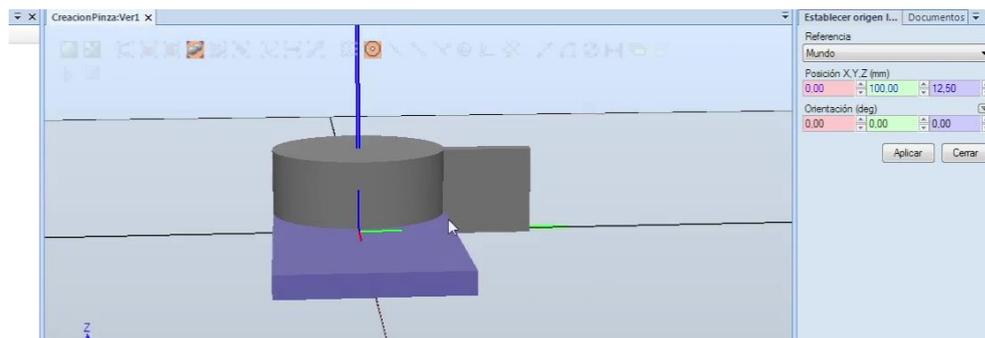


Figura 170: Posicionar la segunda parte de la base en el centro gracias a modificar el origen local

La Figura 171 muestra la posición final tras ajustar el valor en el eje Z.

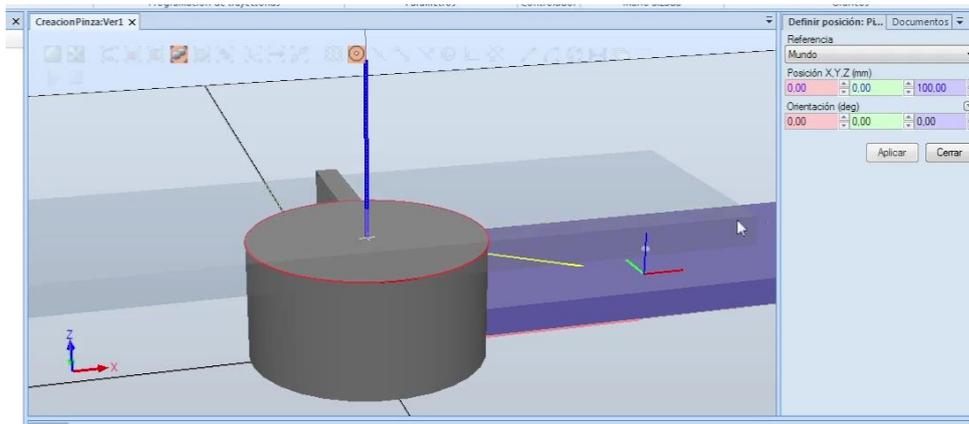


Figura 171: Posicionar el prisma rectangular para conformar la base

Es importante asegurarse de seleccionar las opciones correctas, para evitar toparse con un movimiento no deseado como se muestra en la Figura 172 al intentar colocar un dedo de la pinza.

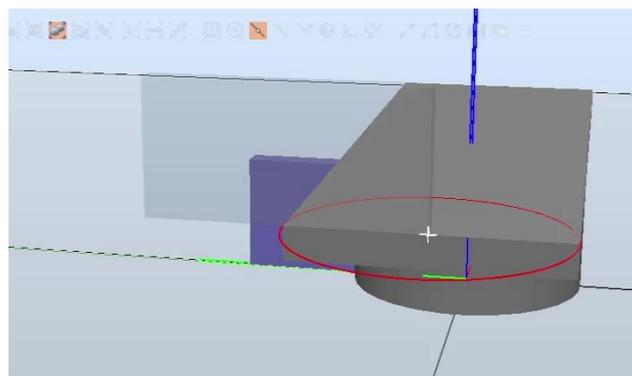


Figura 172: Colocar un dedo de la pinza de forma errónea

En su lugar, se escoge la opción de vértices en vez de punto central, para posicionar la pieza en el extremo. La Figura 173 muestra la posición correcta del dedo.

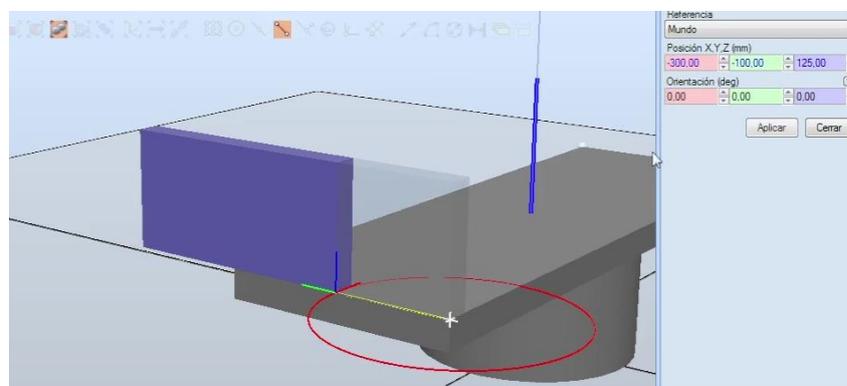


Figura 173: Posicionar el dedo correctamente

La Figura 174 muestra la selección del segundo dedo.

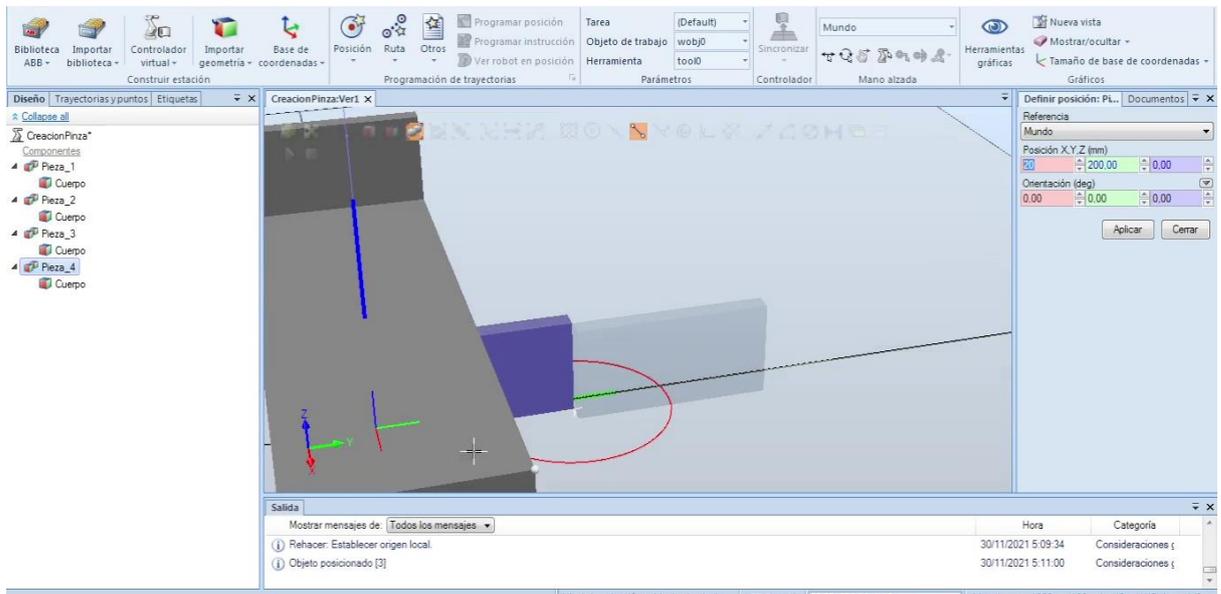


Figura 174: Seleccionar el segundo dedo

Ha de asegurarse que la posición sea la correcta. En la Figura 175 se muestra la colocación de la pieza, de tal forma que se coloque correctamente en el plano Z, a falta de girar la pieza para colocarla en la posición final.

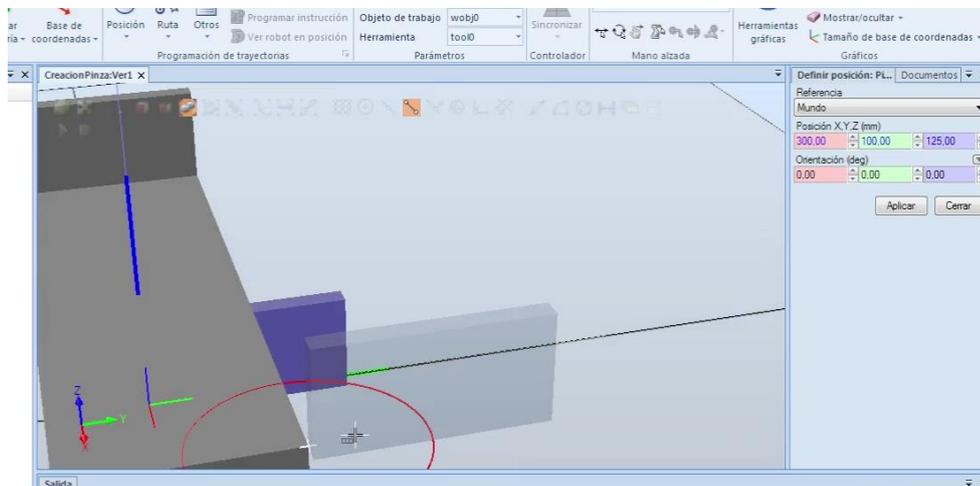


Figura 175: Colocar el segundo dedo

En este movimiento se observa que el prisma rectangular quedaba desplazado 180° de la posición deseada, por lo que girar la pieza, ese ángulo, es suficiente para obtener el resultado deseado. La Figura 176 muestra la posición final.

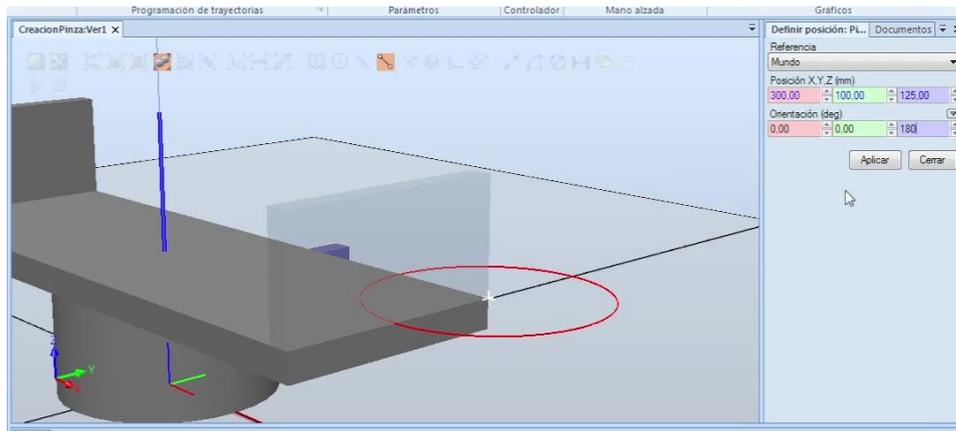


Figura 176: Colocar el segundo dedo (2)

La Figura 177 muestra los datos del sistema de coordenadas para la creación del TCP de la pinza.

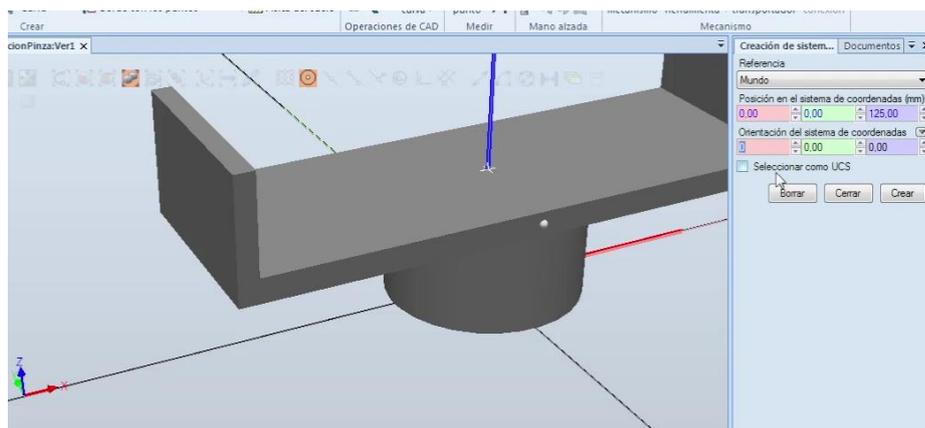


Figura 177: Creación del sistema de coordenadas TCP de la pinza

Si no se ponen las piezas que no se van a usar en oculto, puede ocurrir que querer determinar el centro de gravedad de la herramienta, se obtenga un valor erróneo; cuyo valor es el de la pieza que ocupa el mismo espacio pero no está unida al resto de piezas que conforman la pinza.

La Figura 178 muestra un valor del CDG.

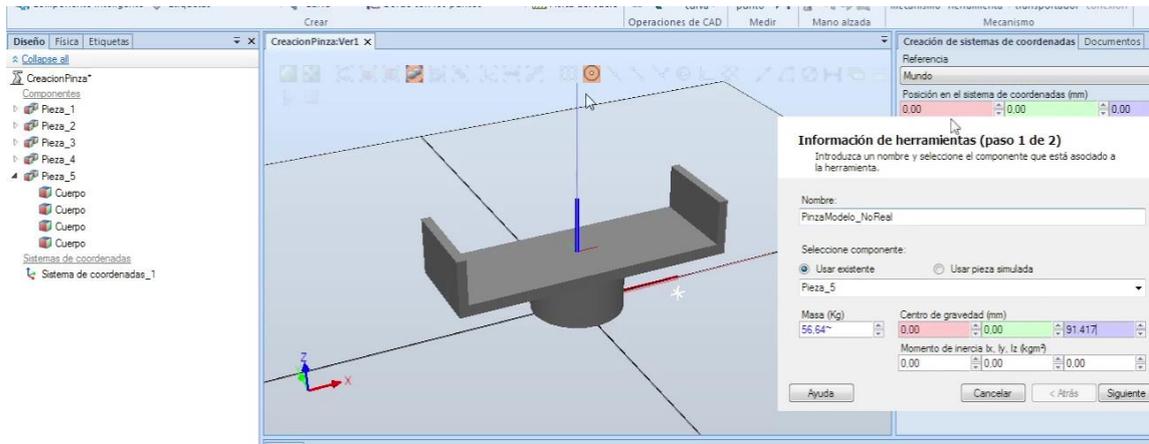


Figura 178: Comprobar el centro de gravedad con RobotStudio (1)

Se comprueban los valores en otro punto, como se observa en la Figura 179, viendo que no son iguales.

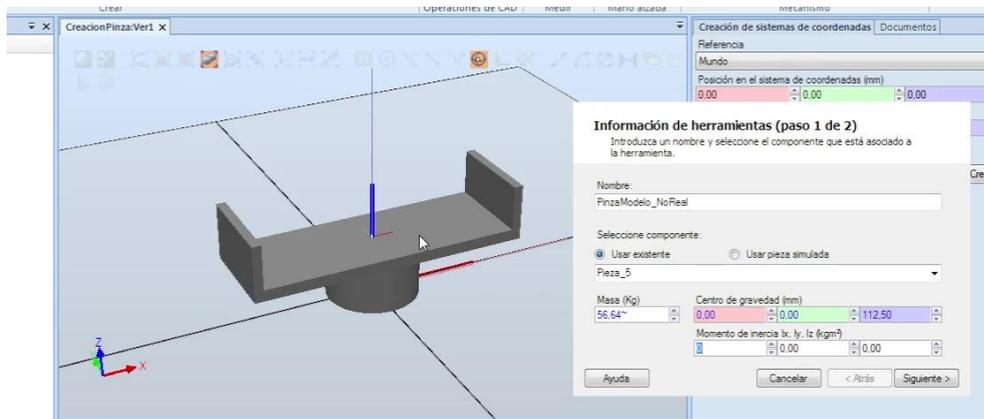


Figura 179: Comprobar el centro de gravedad con RobotStudio (2)

Este último valor era incorrecto, por lo que, al comprobar con los obtenido en Inventor, se obtiene el valor real, como se muestra en la Figura 180.

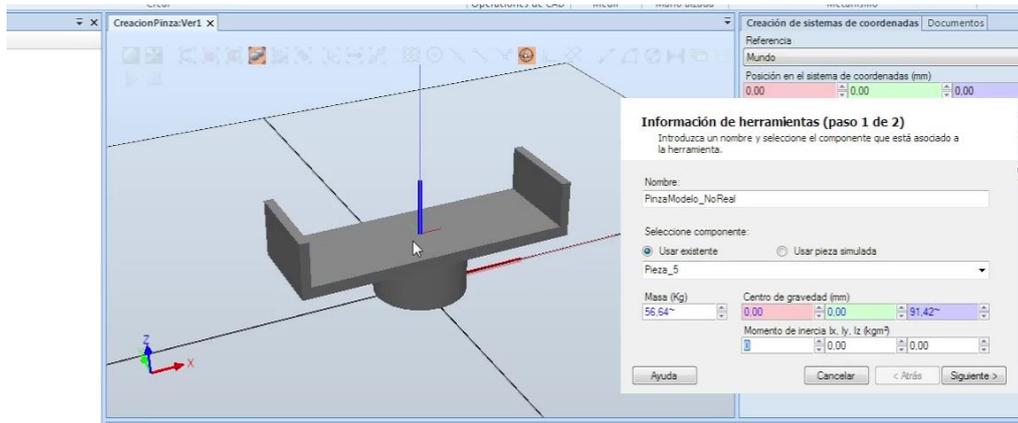


Figura 180: Comprobar el centro de gravedad con RobotStudio (3)

Para configurar un mecanismo-herramienta, se selecciona “Crear mecanismo”, como se muestra en la parte superior de la Figura 181.

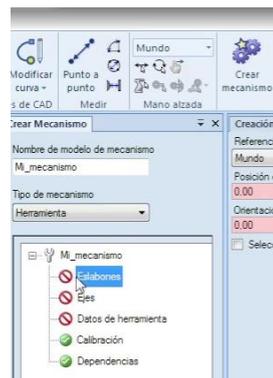


Figura 181: Ventana para definir la herramienta-mecanismo: Pinza.

El primer paso es configurar los eslabones del mecanismo como se indica en Figura 182, agrupando los dos primeros objetos en un solo eslabon.

- 1) La base, conformada por el cilindro y el prisma rectangular más grande
- 2) Uno de los dedos de la pinza
- 3) El otro dedo

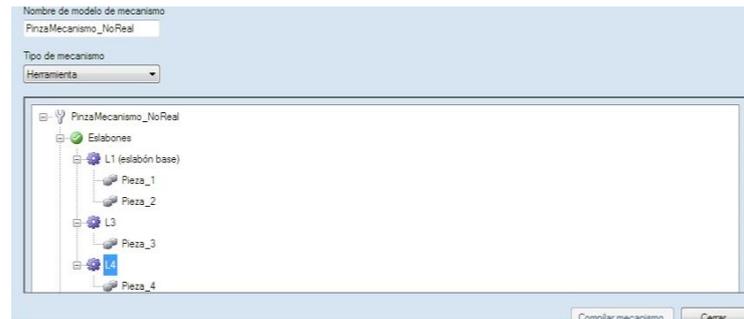


Figura 182: Creación de los eslabones

El segundo paso es la creación de los ejes, mostrando la ventana de configuración en la Figura 183.

- 1) En primer lugar, se selecciona el eslabón principal y secundario.
- 2) El segundo, se elige el tipo de movimiento: prismático o de rotación
- 3) Luego se elige la posición, mediante un 1 o -1 en la dirección del eje X
- 4) Y para finalizar, el valor máximo de desplazamiento.

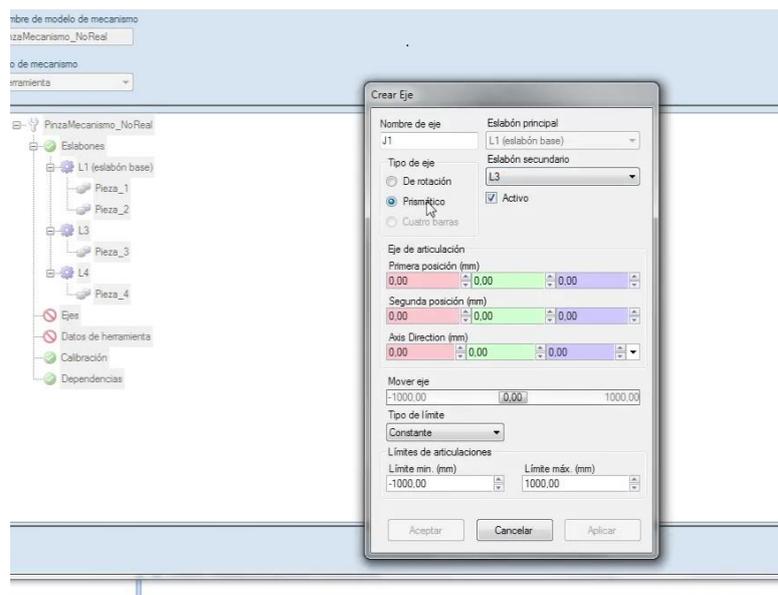


Figura 183: Creación de un eje

La Figura 184 muestra la ventana con los valores del primer eje.

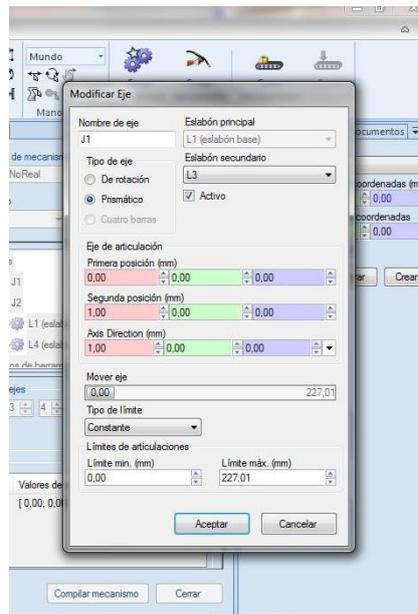


Figura 184: Creación de un eje (2)

La Figura 185 indica los valores para el segundo eje.

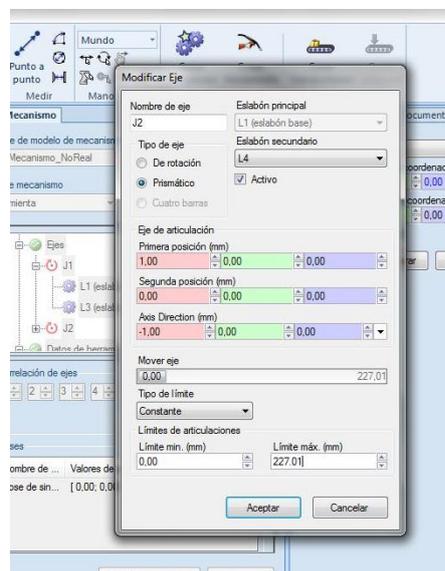


Figura 185: Creación del 2º eje

La Figura 186 muestra la distancia mínima para establecer la distancia mínima para poder agarrar la tabla de milano.

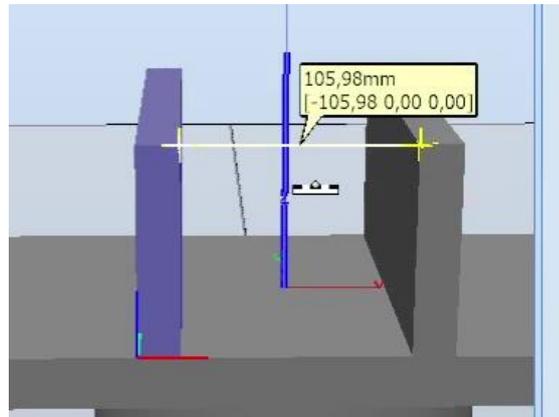


Figura 186: Establecer la distancia para la tabla de milano

La Figura 187 muestra la longitud máxima que podría agarrar la pinza.

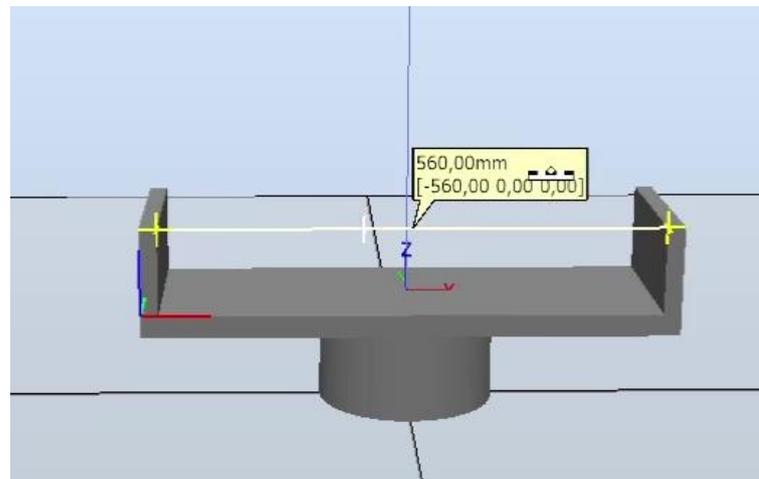


Figura 187: Longitud máxima entre los dedos de la pinza

Se determinan los valores de la herramienta, como en los casos anteriores, con la salvedad que hay que indicar a que eslabón al que pertenece el TCP. La Figura 188 muestra estos datos de forma clara.

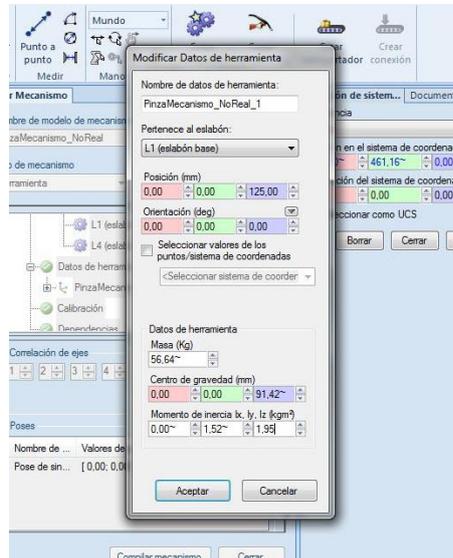


Figura 188: Establecer los datos clásicos de una herramienta en RobotStudio. Pinza

Para finalizar, se pueden configurar las posiciones en este tipo de herramientas que permitirán una mejor integración con el resto de elementos en RobotStudio. Se van a configurar 2 opciones extra a las ya preexistentes.

La Figura 189 muestra los valores para crear la pose: Abierta.

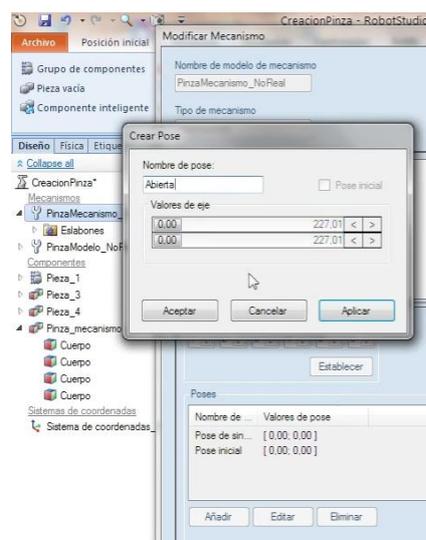


Figura 189: Crear pose: Abierta

La Figura 190 muestra los valores para crear pose: Cerrada.

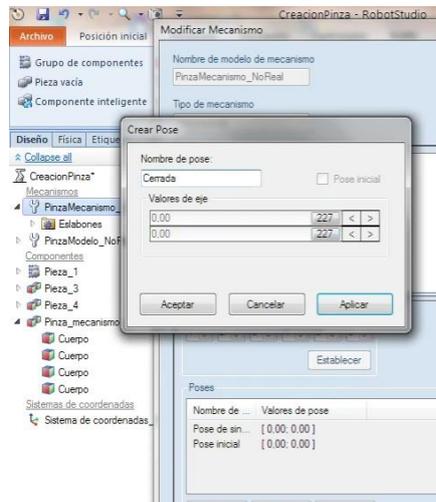


Figura 190: Crear pose: Cerrada

Para finalizar, se van a definir los tiempos de transición que tarda la herramienta en realizar cada acción. En este caso se ha establecido un tiempo prudencial de 4 segundos.

La Figura 191 muestra la ventana de tiempos de transición.

Definir tiempos de transición				
Tiempos de transición (s)				
A pose:	De pose:			
	Pose de sincronización	Pose inicial	Cerrada	Abierta
Pose de ...	0,000	0,000	0,000	0,000
Pose inicial	0,000	0,000	0,000	0,000
Cerrada	0,000	0,000	0,000	0,000
Abierta	0,000	0,000	0,000	0,000

Figura 191: Ventana de tiempos de transición. Antes

La Figura 192 muestra la ventana de tiempos de transición con los tiempos finales.

Definir tiempos de transición				
Tiempos de transición (s)				
A pose:	De pose:			
	Pose de sincronización	Pose inicial	Cerrada	Abierta
Pose de ...	4,000	4,000	4,000	4,000
Pose inicial	4,000	4,000	4,000	4,000
Cerrada	4,000	4,000	4,000	4,000
Abierta	4,000	4,000	4,000	4,000

Figura 192: Ventana de tiempos de transición. Después

5.3.3 INTRODUCCIÓN A LA INTERFAZ

5.3.3.1 ROBOTS

Nada más arrancar el programa, la Figura 193 muestra la ventana principal para crear una nueva estación.

Se va a optar por crear una estación vacía e ir añadiendo los elementos necesarios a medida que se necesiten.

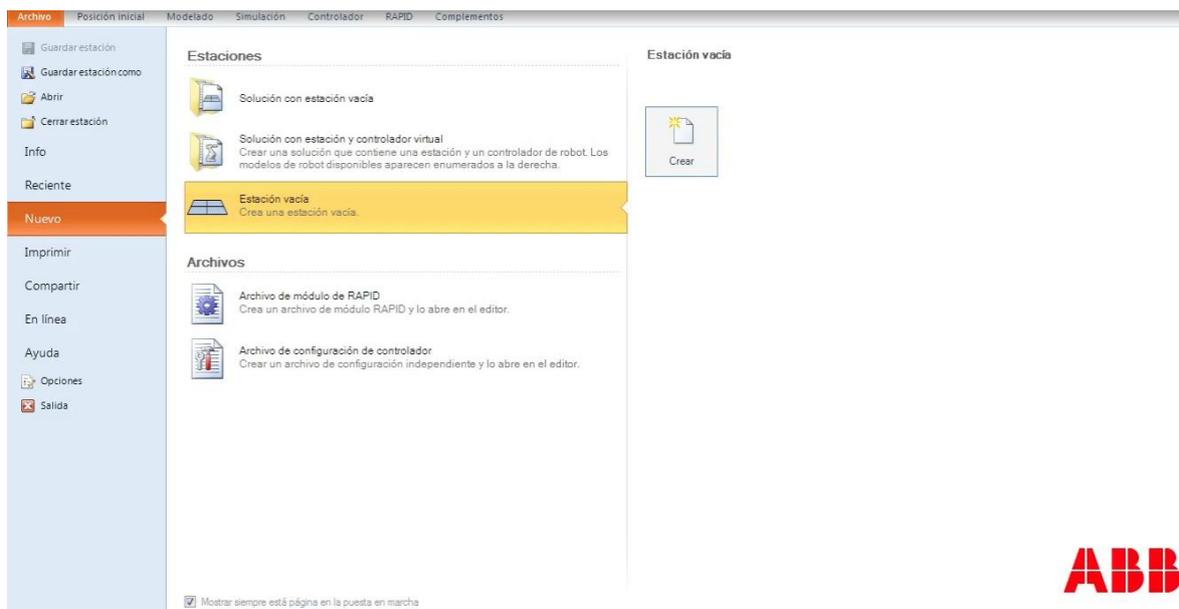


Figura 193: Crear una estación

La Figura 194 muestra la estación vacía.

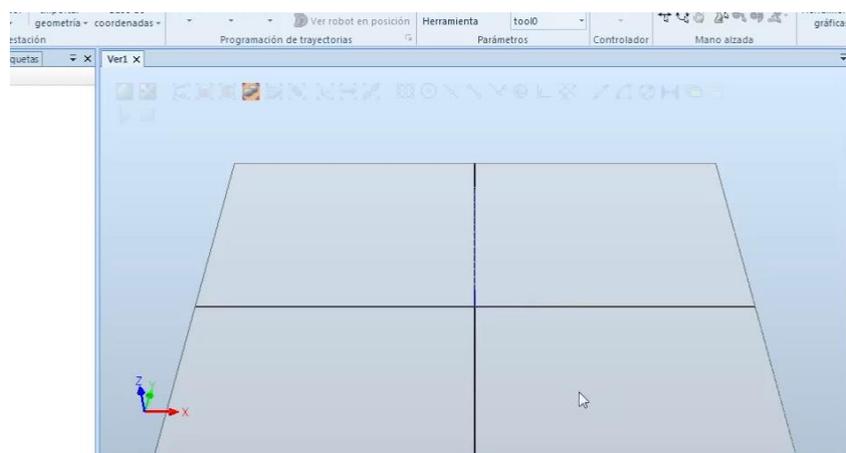


Figura 194: Estación vacía

Se importa el robot mediante la pestaña “Biblioteca ABB”. La Figura 195 muestra una lista de los robots disponibles para importar.



Figura 195: Lista de robots

La Figura 196 se muestra al seleccionar el modelo IRB 6660 de la lista superior. Se importa el robot 6660-205/1.9.

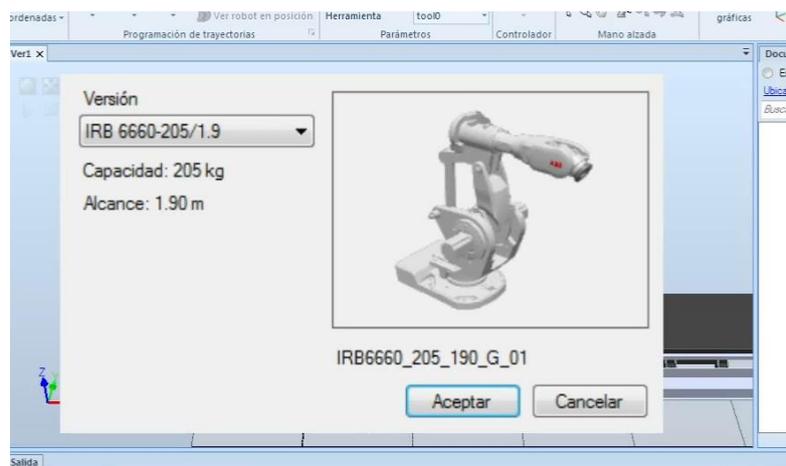


Figura 196: Importar robot 6660-205/1.9

La Figura 197 muestra el robot IRB 6660 en la posición por defecto: (0,0,0).

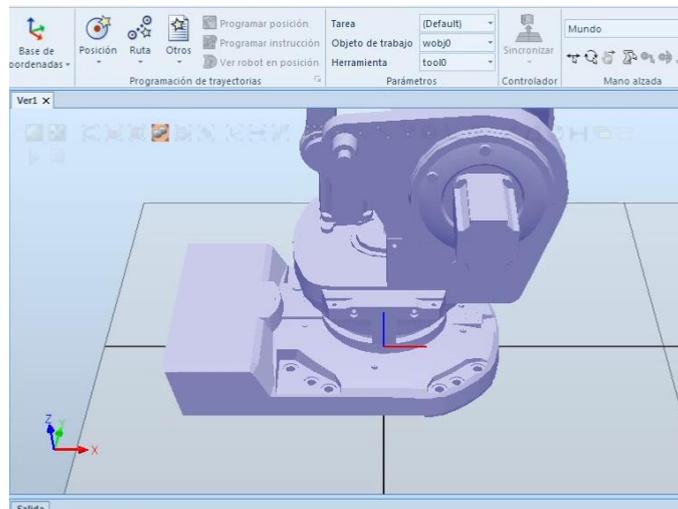


Figura 197: Robot 6660 en la posición (0,0,0)

Se repite el proceso con el resto de elementos. La Figura 198 muestra la sección de los posicionadores.



Figura 198: Más elementos en la lista de robots

La Figura 199 muestra los robots y el posicionador en la posición por defecto.

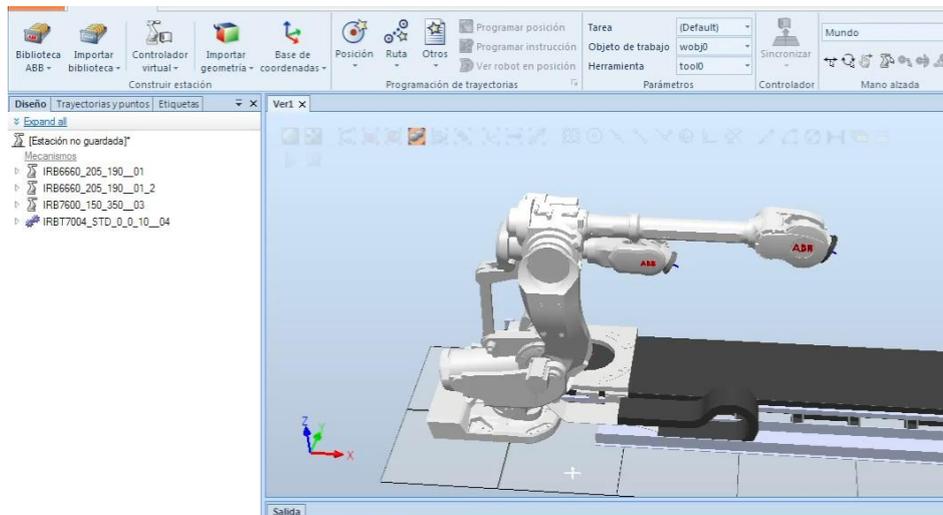


Figura 199: Los 3 robots y el posicionador en la estación al importarlos.

5.3.3.2 HERRAMIENTAS

La Figura 200 muestra dónde está el botón para importar las herramientas, seleccionando Importar biblioteca, Buscar biblioteca...

Se busca la carpeta donde se han guardado las herramientas previamente, y se importan.

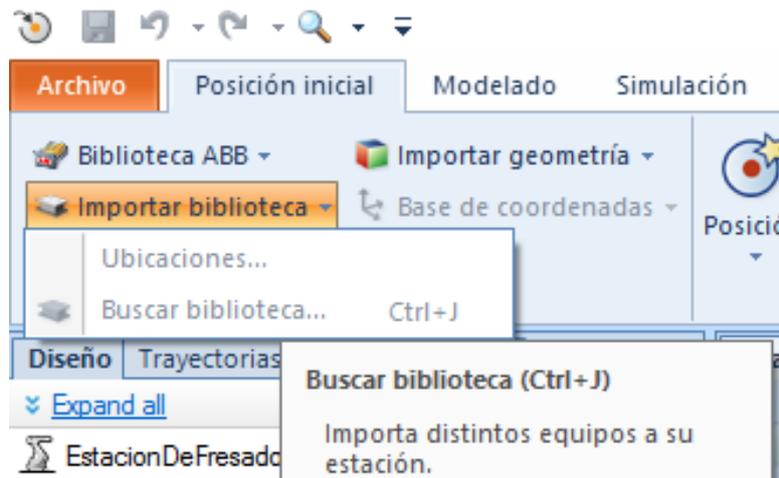


Figura 200: Botón importar

La Figura 201 muestra la carpeta con todas las herramientas.

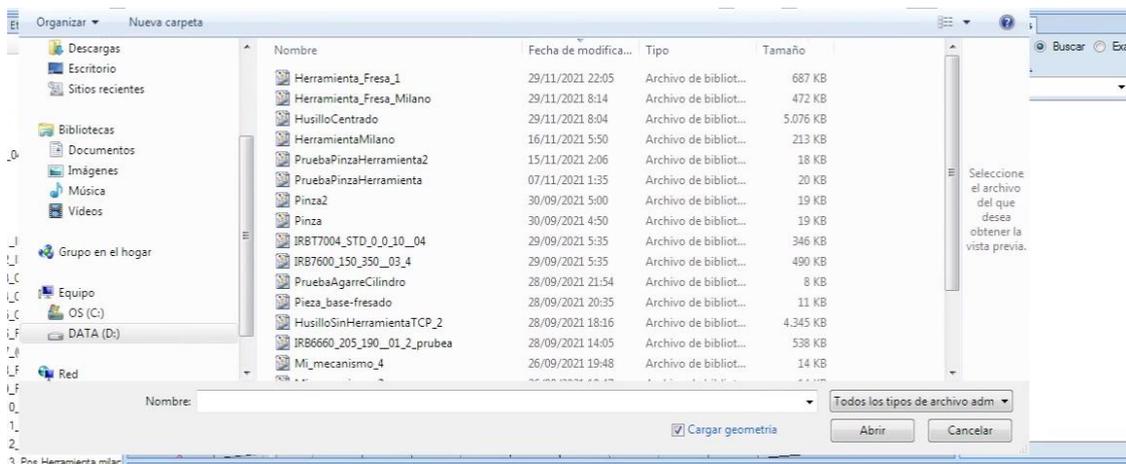


Figura 201: Importar herramientas. Carpeta

La Figura 202 muestra el husillo a importar.

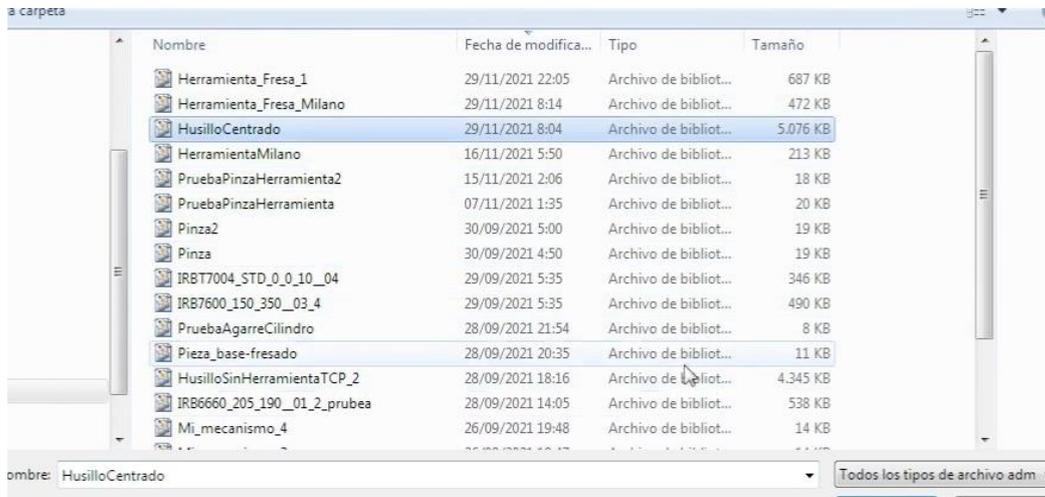


Figura 202: Importar herramientas. Husillo

En el caso de herramientas que se asocian a la muñeca del robot, se arrastra la herramienta al robot o se selecciona “Conectar a...”, como se muestra en la Figura 203.

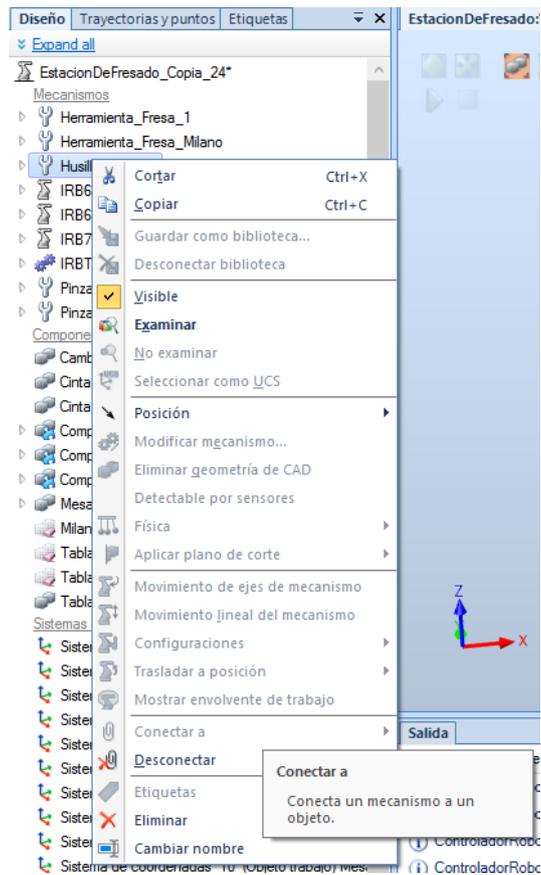


Figura 203: Menú propiedades

La Figura 204 muestra el lugar del husillo en el menú con el símbolo de herramienta. Se arrastra al robot para conectar ambos elementos.

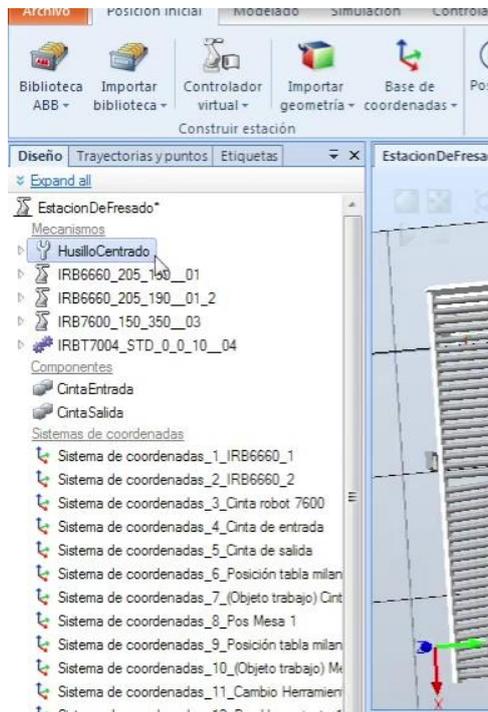


Figura 204: Seleccionar Husillo para acoplarlo al robot

La Figura 205 muestra la ventana para confirmar la nueva posición.

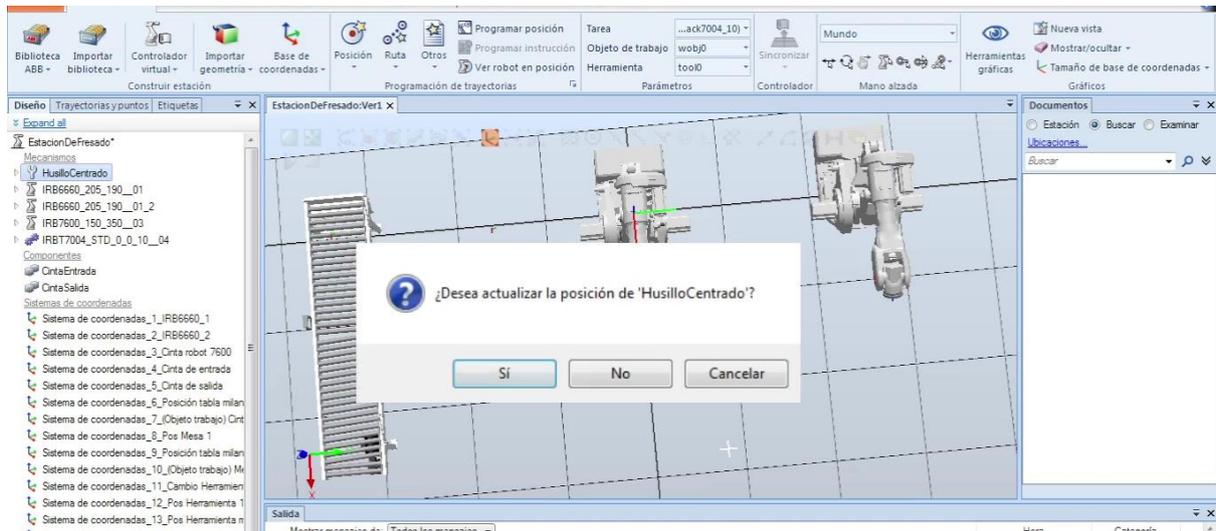


Figura 205: Ventana para confirmar acoplar el Husillo al robot

En la Figura 206 se observa el husillo en la posición final.

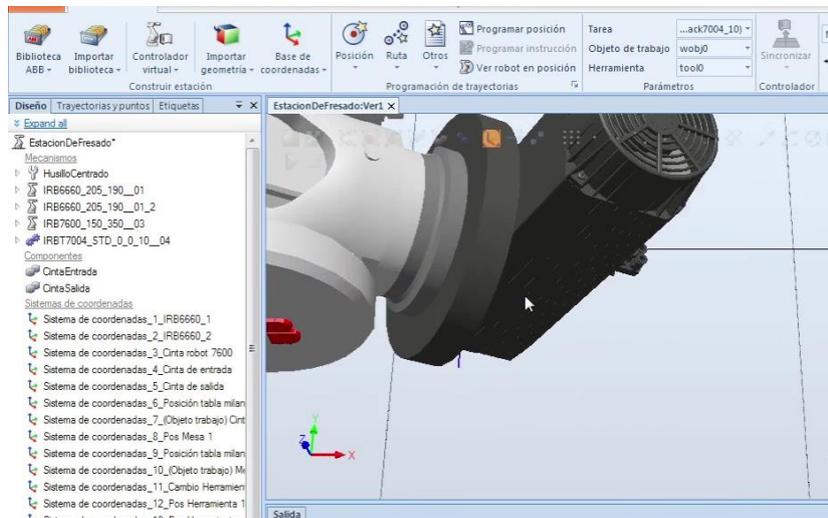


Figura 206: Husillo en el robot

Posición fresas mesa

A continuación, se colocan las herramientas de fresado en la posición adecuada en la mesa para que el robot pueda alcanzarlas adecuadamente, como se indica en la Figura 207.

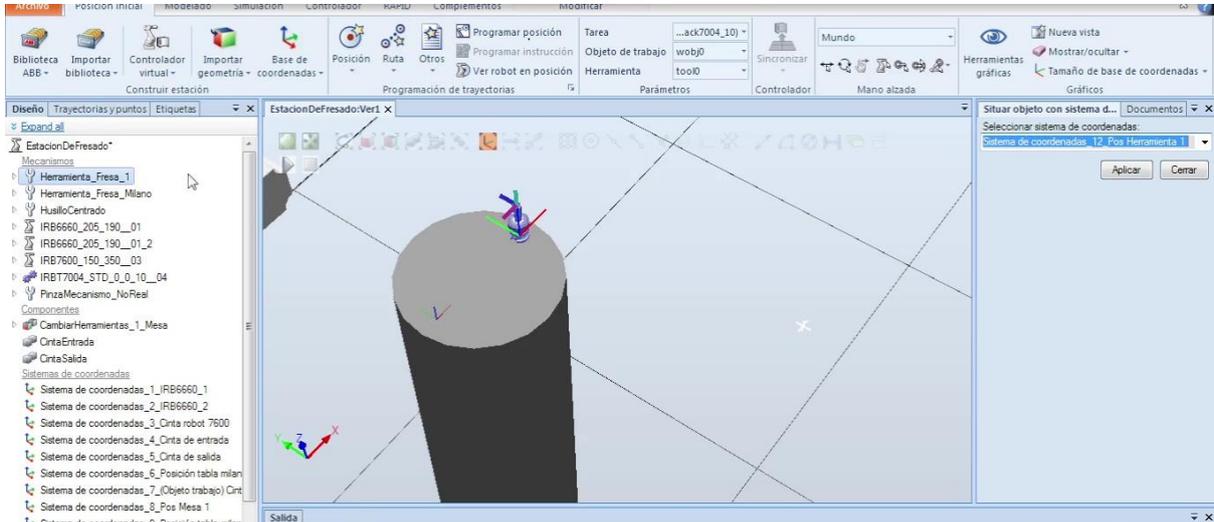


Figura 207: Colocar las fresas (1)

La Figura 208 muestra la colocación de la segunda fresa:

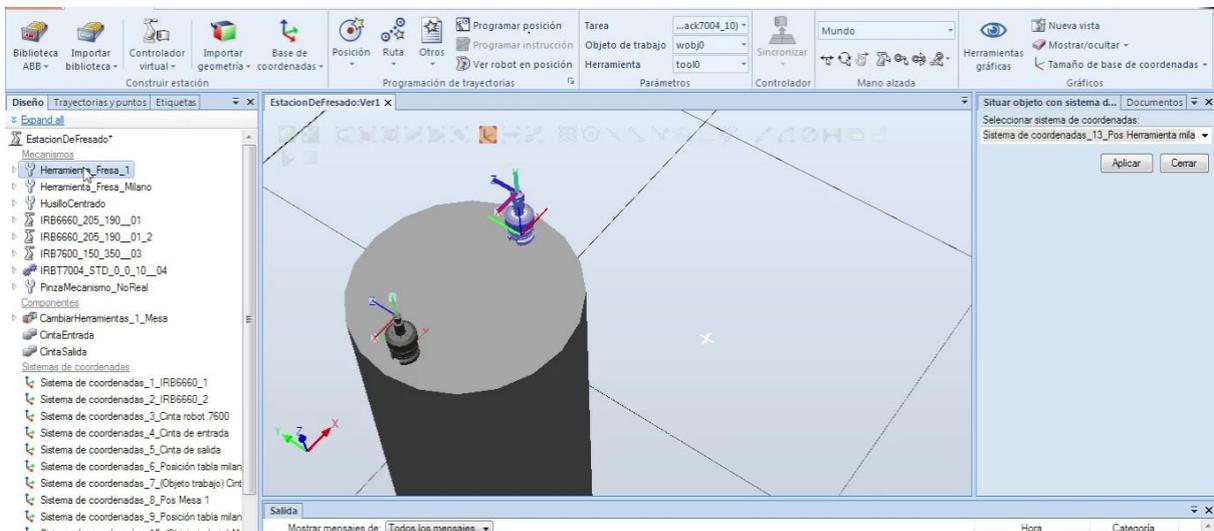


Figura 208: Colocar las fresas (2)

La Figura 209 muestra cómo las herramientas no están orientadas de tal forma que el husillo sea capaz de agarrarlas. Por lo tanto, se procederá a orientarlas.

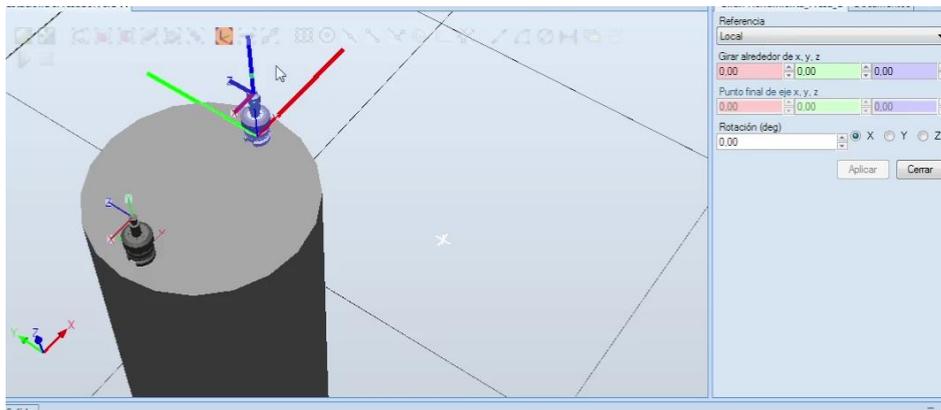


Figura 209: Girar las herramientas conforme a su posición final (1)

En la Figura 210 se observa la diferencia entre un portaherramientas orientado y uno que no lo está.

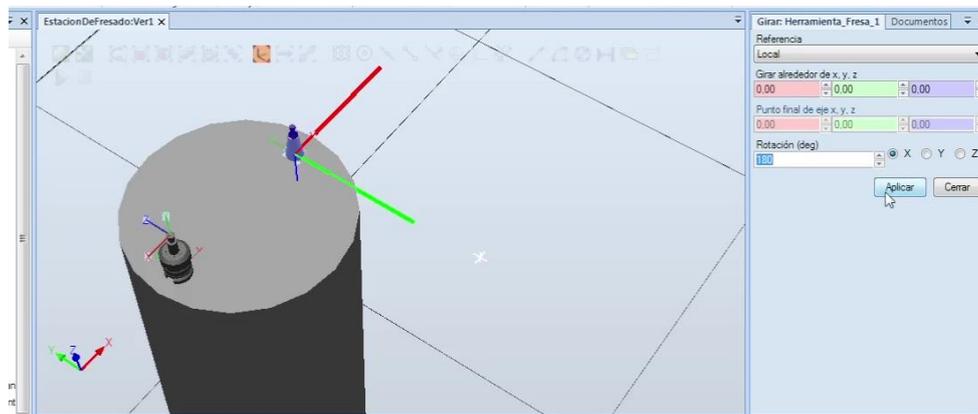


Figura 210: Girar las herramientas conforme a su posición final (2)

La Figura 211 muestra las 2 herramientas orientadas correctamente en su posición final:

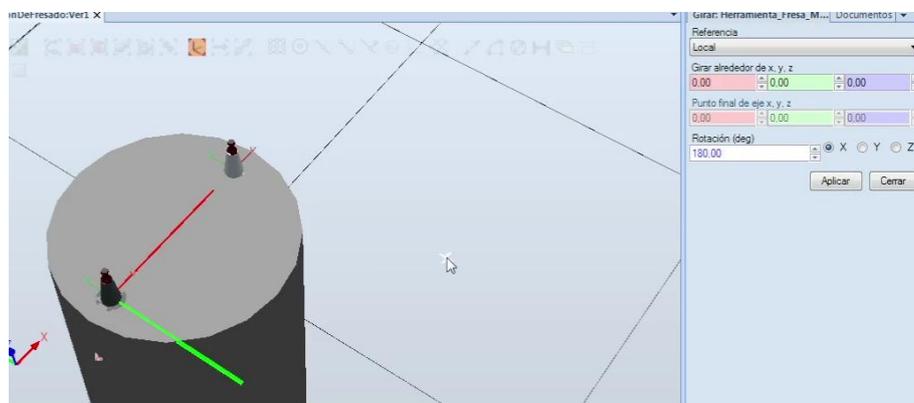


Figura 211: Posición final de las herramientas de fresado con el portaherramientas

Posición objetos tabla milano y cambiar el origen de la pieza

Al importar algunos objetos e intentarlos asociar a su posición mediante el sistema de coordenadas puede no posicionarse en la posición deseada.

Aunque este problema suele suceder con mucha mayor frecuencia al crear una copia de una pieza situada en unas coordenadas distintas al (0,0,0). La Figura 212 muestra el susodicho problema en la tabla que se va a usar para fresar.

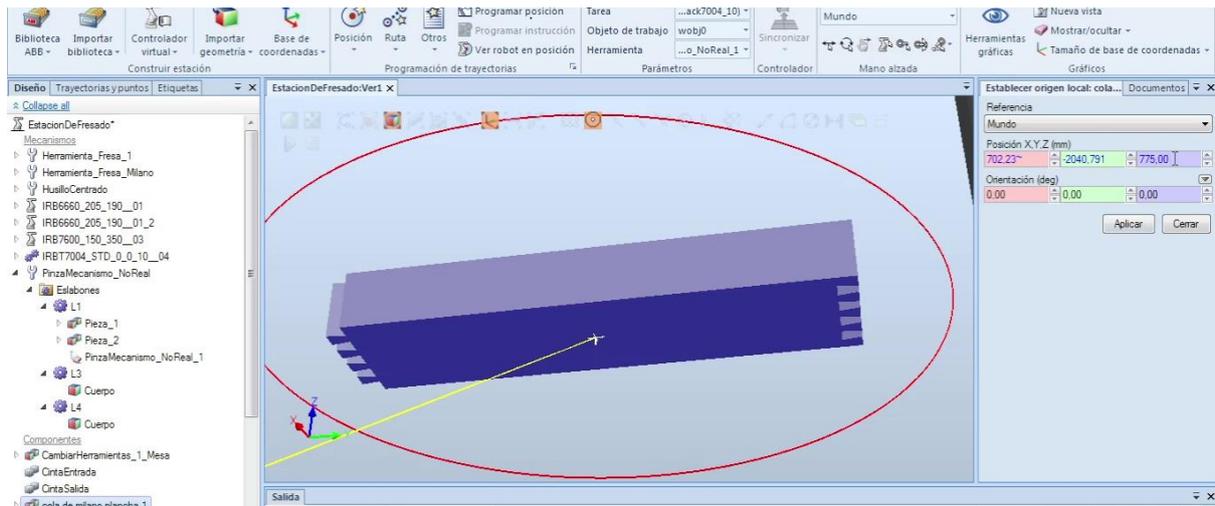


Figura 212: Establecer el origen local en la tabla

La Figura 213 muestra la tabla en la cinta de entrada. Aunque se muestre ya mecanizada, en este punto iría la tabla antes de fresar.

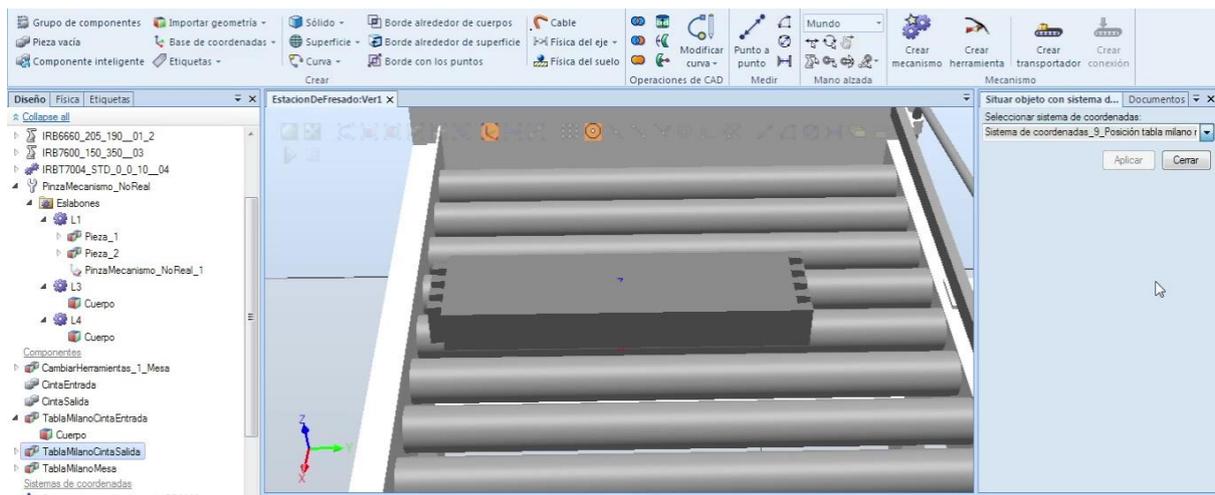


Figura 213: Posición de la tabla en la cinta de entrada

La Figura 214 muestra error de posicionamiento en el entorno de la tabla al realizar una copia e intentar posicionar en la cinta de salida.

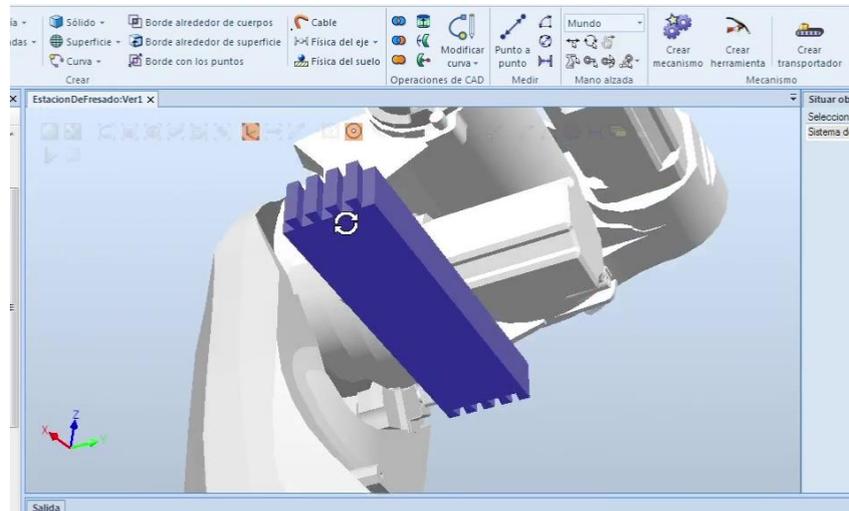


Figura 214: Error de posicionamiento de la tabla en la cinta de salida

Para solventar este problema, la Figura 215 muestra los valores al cambiar el origen local de la pieza.

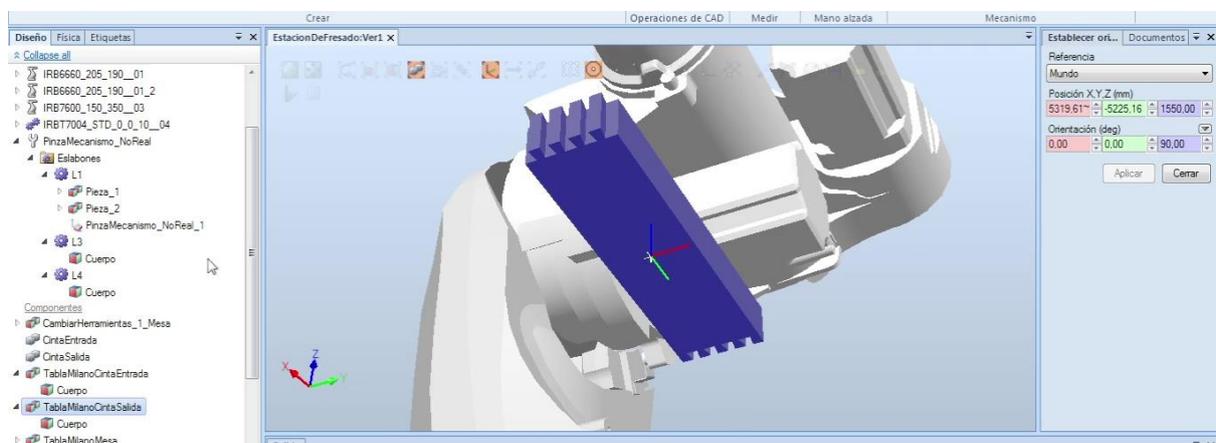


Figura 215: Cambiar el origen local para corregir el error

La Figura 216 muestra la tabla en la cinta de salida.

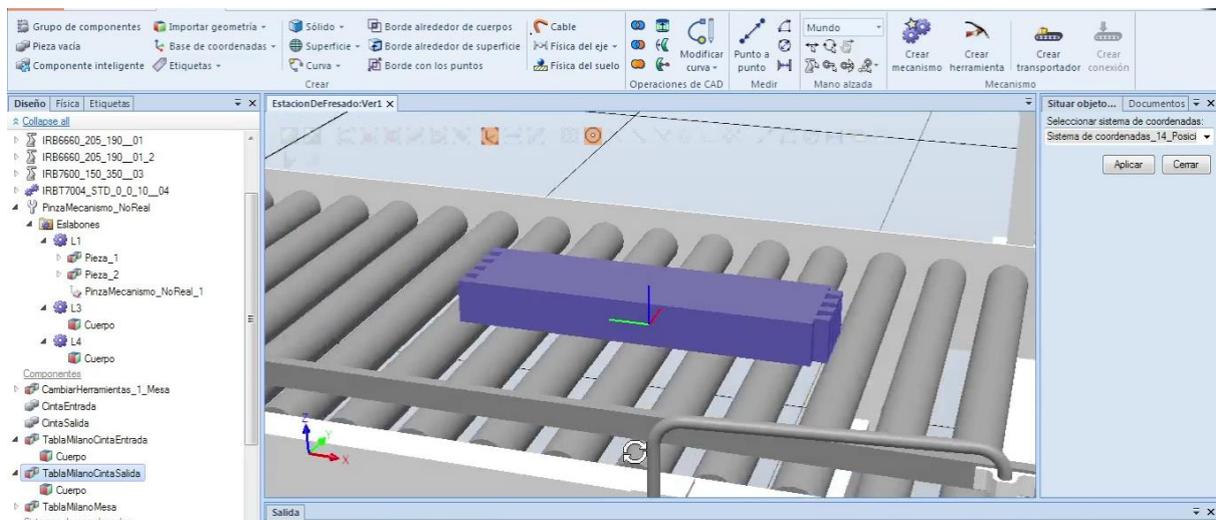


Figura 216: Posicionar la tabla en la cinta de salida

5.3.3.3 SISTEMA DE COORDENADAS

La siguiente tabla (Tabla 14) indica las posiciones de los sistemas de coordenadas de la mayoría de elementos de la estación.

Tabla 14: Posición de los sistemas de coordenadas

Mundo		Posiciones mm			Orientaciones								
		X	Y	Z	α_x	α_y	α_z						
Pos irb 6660 1	1	200	0	0	0	0	0						
Pos irb 6660 2	2	0	2500	0	0	0	0						
Posición cinta robot 7600	3	4700	-6000	0	0	0	90						
Cinta de entrada	4	-300	-3500	0	0	0	0						
Cinta de salida	5	2500	-5000	0	0	0	180						
Posición tabla milano Cinta Entrada	6	74,84	-3269,45	775	0	0	0						
(Objeto trabajo) Cinta Entrada	7	3000	-3540	770	0	0	90						
Pos Mesa 1	8	2000	-165	0	0	0	0						
Posición tabla milano mesa 1	9	2000	-165	1050	0	0	0						
(Objeto trabajo) Mesa 1	10	1500	-1000	1050	0	0	0						
Cambio Herramientas	11	400	-1500	0	0	0	0						
Pos Herramienta 1	12	550	-1500	1250	0	0	0						
Pos Herramienta milano	13	250	-1500	1250	0	0	0						
Posición tabla milano Cinta Salida	14	2050,156	-5300	775	0	0	90						
(Objeto trabajo) cinta salida	15	3000	-5040	770	0	0	0	axis1			axis2		
Pos Sensor Cinta salida	16	-500	-5598	808	0	0	0	0	0	100	0	580	0
Pos Sensor Cinta entrada	17	1040,422	-2911	790	0	0	0	0	-580	0	0	0	100

La Figura 217 muestra como fijar una nueva posición, siendo en este caso, el del posicionador.

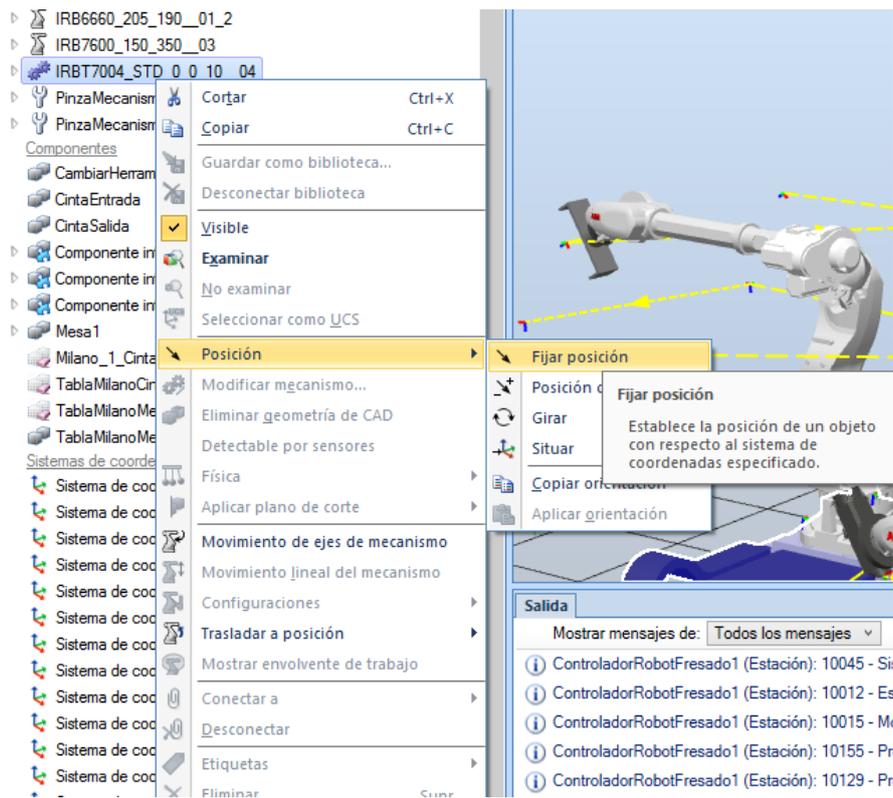


Figura 217: Fijar la posición.

En la Figura 218 se muestra el posicionador en su lugar.

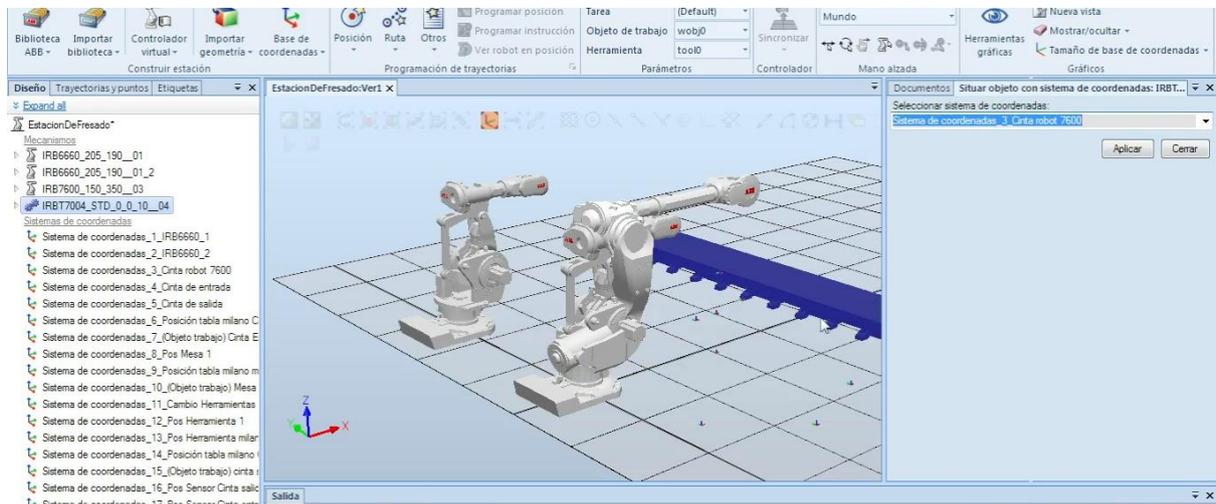


Figura 218: Situar el posicionador acorde al sistema de coordenadas del mismo

Para acoplar el robot al posicionador, se arrastra o se usa la opción de “Conectar a...”. Seleccionando el modelo 7600 de la lista de la Figura 219.

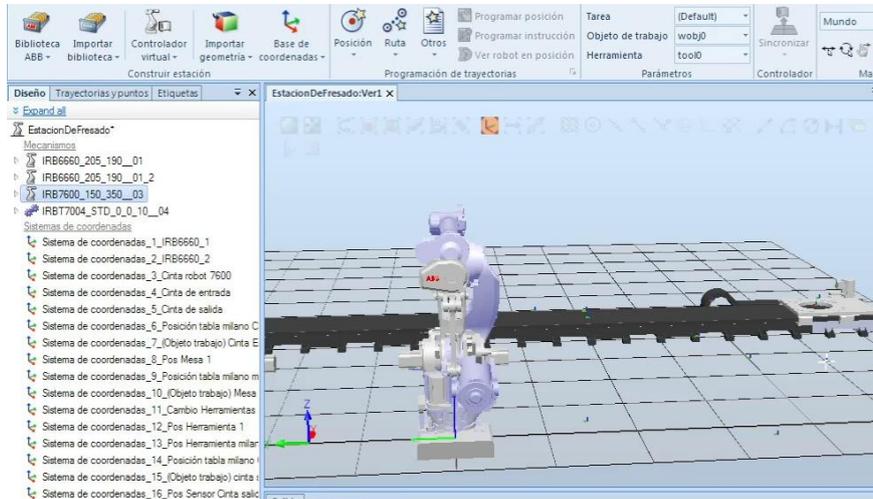


Figura 219: Acoplar robot al posicionador (1)

La Figura 220 muestra el robot encima del posicionador.

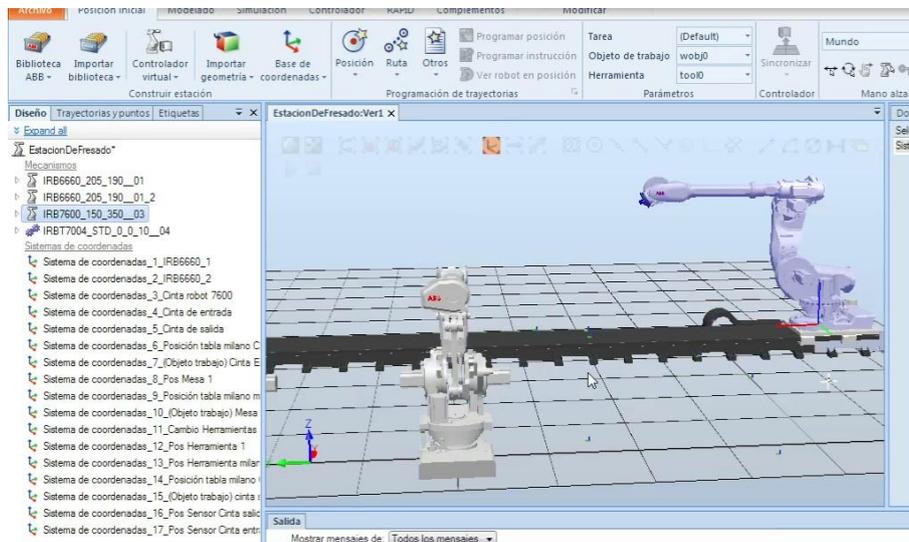


Figura 220: Acoplar robot al posicionador (2)

5.3.4 CONFIGURACIÓN DE UN CONTROLADOR

El controlador es el elemento de la estación encargado de comunicar las instrucciones del programa al robot. ABB dispone de 2 modelos de controladores: IRC5 y OmniCore, estando el segundo destino a la nueva línea de robots flexibles. Sin embargo, los modelos usados en este proyecto usan el primero, IRC5.

El primer paso será instalar la versión de RobotWare deseada. Si se trabaja sobre un mismo proyecto en distintos ordenadores, será recomendable que se trabaje con la misma versión desde el inicio para evitar problemas de incompatibilidad.

Para instalar las diferentes versiones, en la pestaña de complementos se pueden observar en la Figura 221 todos los modelos y las versiones del RobotWare IRC5. En este caso, se ha optado por la versión 6.12.03.

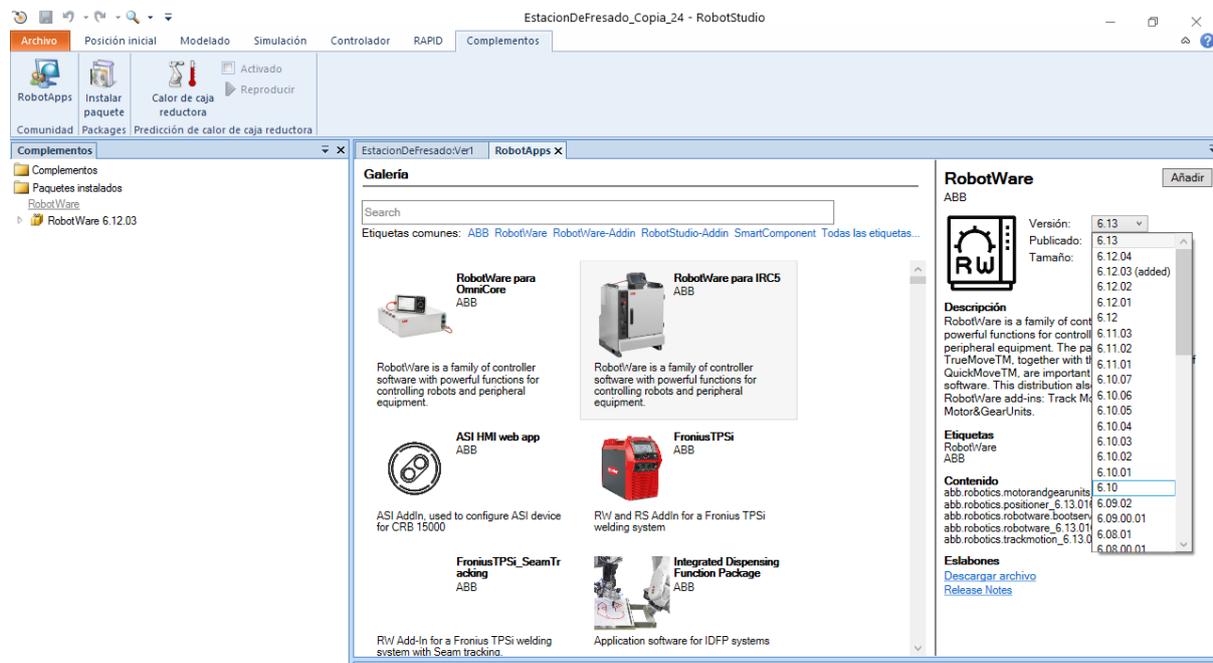


Figura 221: Ventana con las versiones del RobotWare IRC5

Una vez instalada la versión a utilizar, es necesario configurar el controlador basado en esta versión para el robot.

Se selecciona el panel de “Controlador virtual” de la Figura 222, optando por la opción “Desde diseño...”, si ya se ha colocado el robot en la estación, o, si por el contrario, aún no se ha añadido el robot, optando por la opción “Nuevo controlador...”, que añadirá la versión del robot escogida al proyecto junto con su controlador.

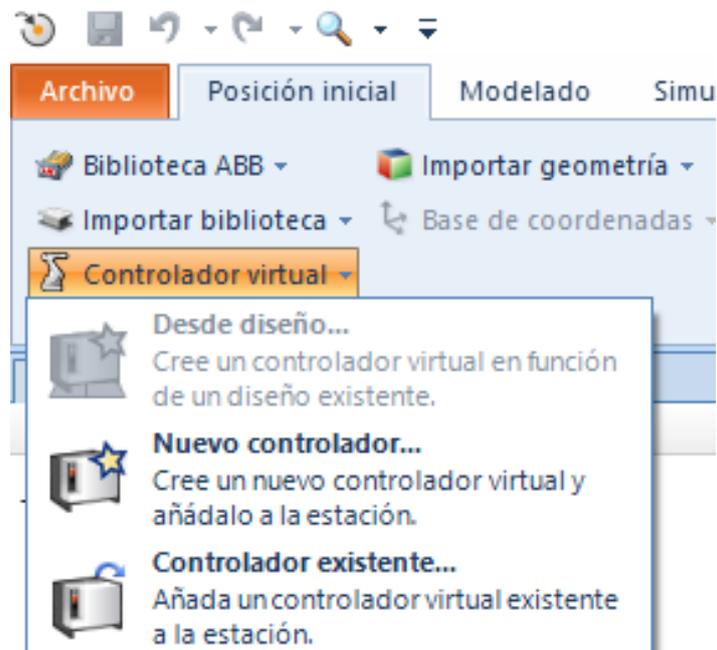


Figura 222: Opciones para el controlador virtual

Para el caso que concierne aquí, se ha optado por usar la primera opción, ya que se habían añadido y posicionado en la estación previamente.

En la Figura 223 se muestran los primeros pasos:

- 1) Nombre identificatorio del controlador. Se ha de optar por un nombre distintivo, y a ser posible, diferente al que viene por defecto, ya que los controladores se guardan en una misma carpeta por defecto. El controlador almacena las configuraciones de entradas y salidas, código RAPID, etc.

¡Precaución! Si se crean varios proyectos y se usa el mismo nombre para el controlador, la información se solaparía y reemplazaría, ocasionando problemas en el resto de proyectos.

- 2) Ubicación del archivo que contendrá toda la información del controlador
- 3) Versión del controlador que se quiera usar

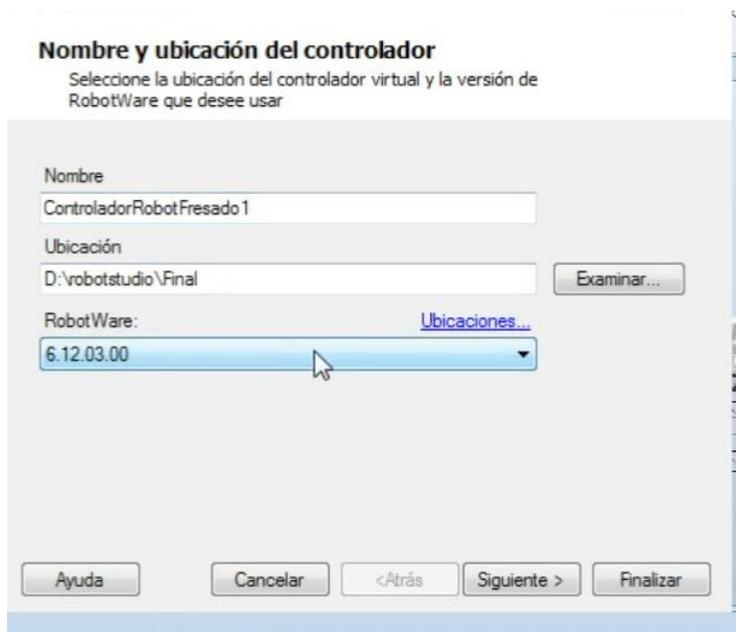


Figura 223: Ventana crear un controlador (1). IRB 6660

En la 2ª ventana, la Figura 224, se muestran los robots que no tienen un controlador asociado y están disponibles para usar con la versión de RobotWare escogida. Se ha de seleccionar sólo 1 robot por controlador, aunque se puede añadir un mecanismo, como es el caso del 7600 y su cinta de transporte (posicionador), en el otro controlador.

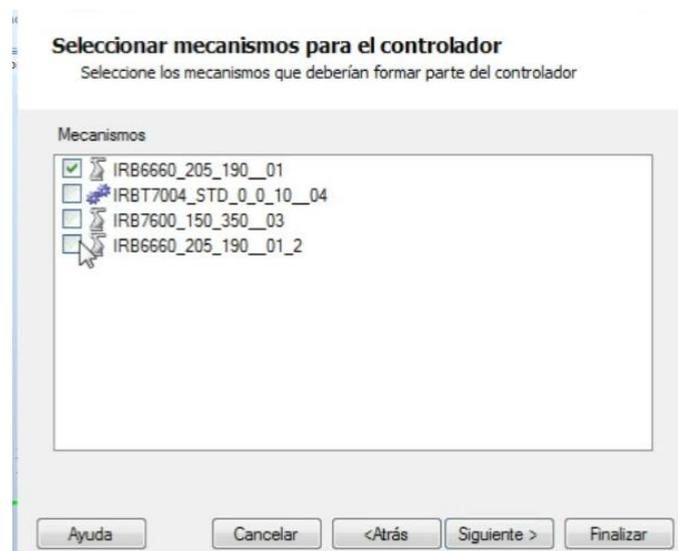


Figura 224: Ventana crear un controlador (2). IRB 6660. Seleccionar robot de la estación

En la Figura 225 se observa que la primera ventana es igual para el segundo controlador, salvo por el nombre que será identificativo del otro robot.

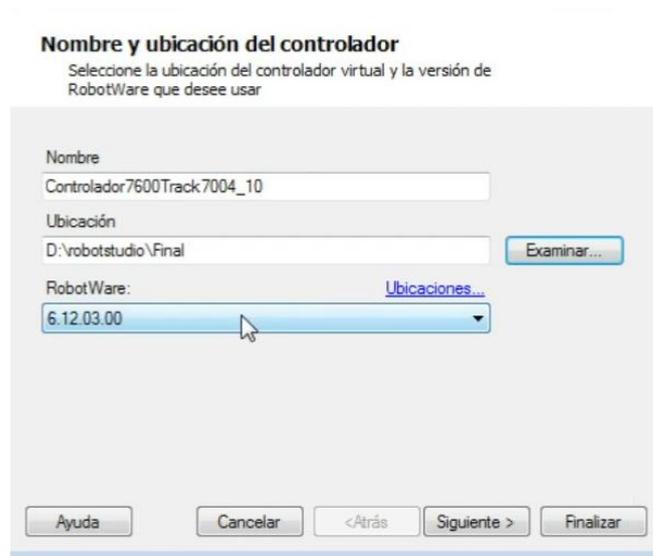


Figura 225: Ventana crear un controlador (1). IRB 7600 y posicionador

En la Figura 226 se observa que ya no está disponible el robot escogido para el anterior controlador, y se seleccionan tanto el IRB7600 como el posicionador.

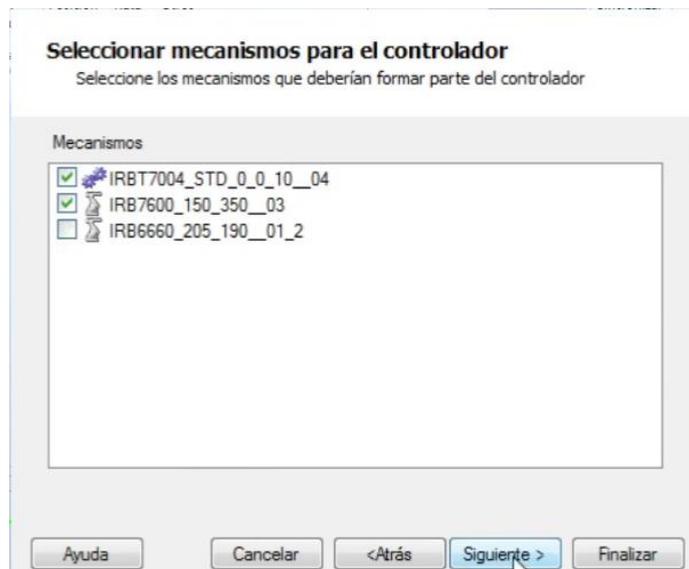


Figura 226: Ventana crear un controlador (2). IRB 7600. Seleccionar robot de la estación y posicionador

En la Figura 227 se comprueba que están los elementos seleccionados previamente y se continúa:

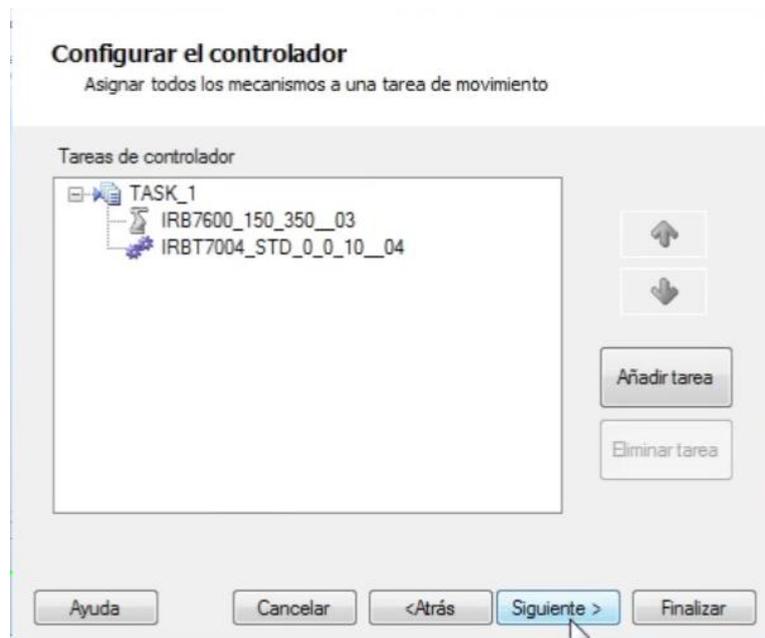


Figura 227: Ventana crear un controlador (3). Tareas del controlador

Para finalizar, se incluye el módulo “DeviceNet Master/Slave” dentro del botón “Opciones”, para poder configurar las señales de entrada y salida del controlador, como se muestra en la Figura 228. Este paso se realiza en ambos controladores.

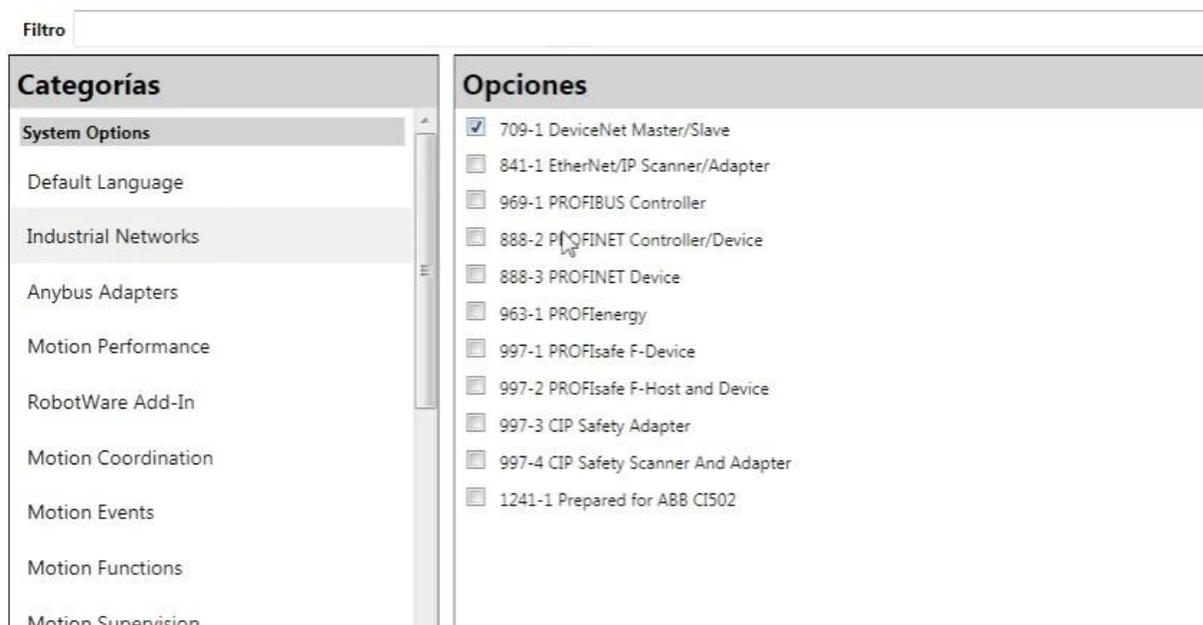


Figura 228: Ventana seleccionar la opción para configurar señales de entrada y salida

La Figura 229 muestra la ventana final de configuración del IRB6660 con los datos seleccionados en el resumen.

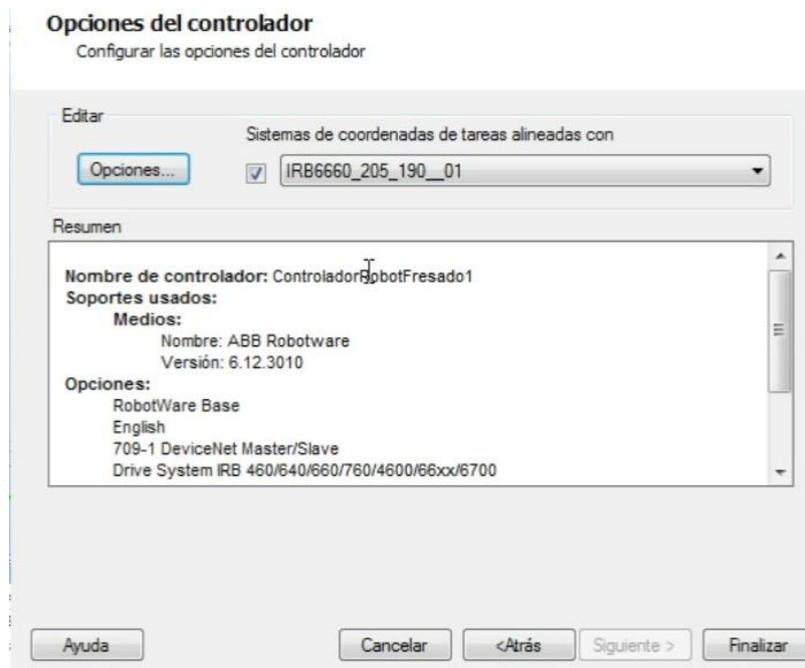


Figura 229: Ventana final del controlador IRB 6660.

Cuando se han seleccionado varios elementos, como es el caso del robot 7600 y su posicionador, se ha de establecer el sistema de coordenadas principal. Como el robot se va a situar encima del posicionador, se ha de optar por seleccionar como sistema de coordenadas al propio posicionador, tal y como muestra la Figura 230.

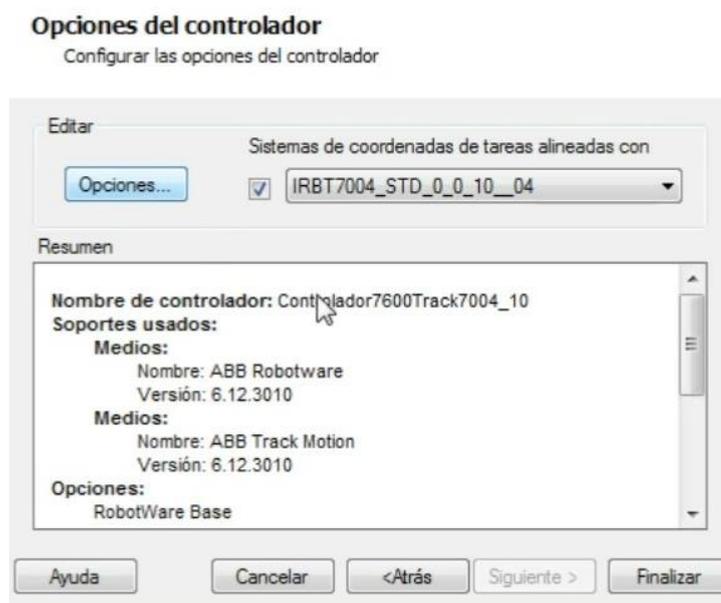


Figura 230: Ventana final del controlador IRB 7600

Si no se ha optado por incluirlo durante la configuración del controlador, se pueden configurar, ésta y más opciones, en la pestaña de Controlador.

Hay 2 maneras de acceder al menú para cambiar las opciones.

La primera de ellas, accediendo mediante la opción mostrada en la Figura 231 y una ventana similar a la observada anteriormente.

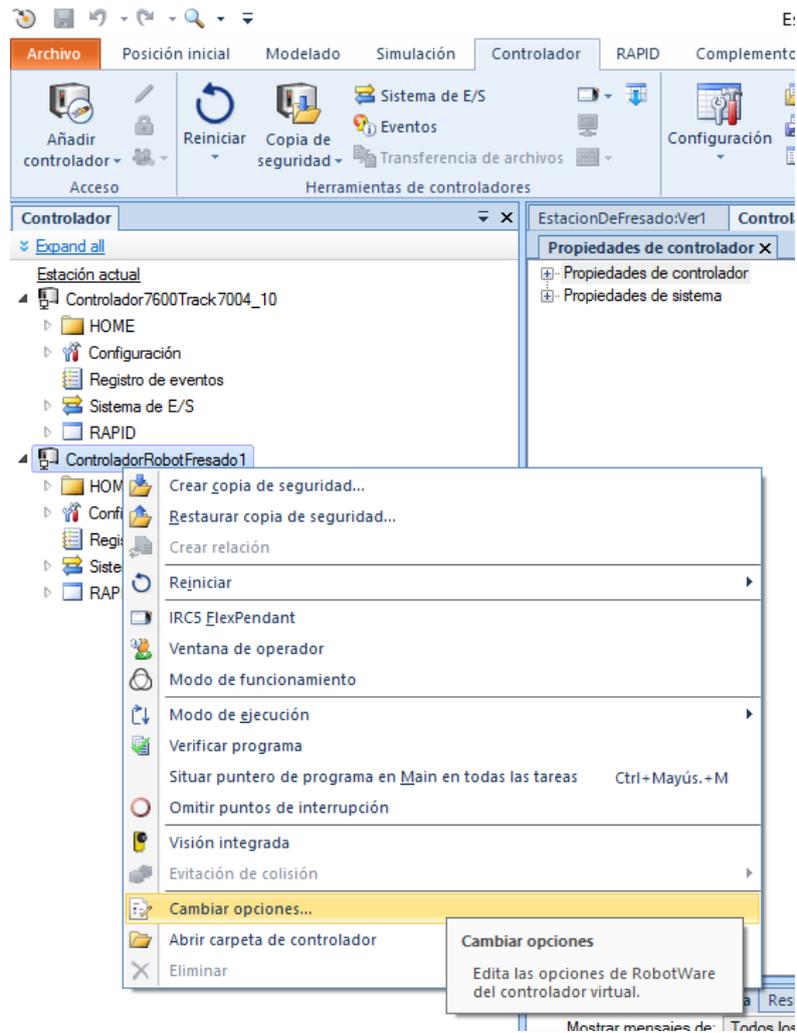


Figura 231: Ventana cambiar opciones controlador

La Figura 232 muestra ventana emergente tras usar el botón y se observa la similitud.

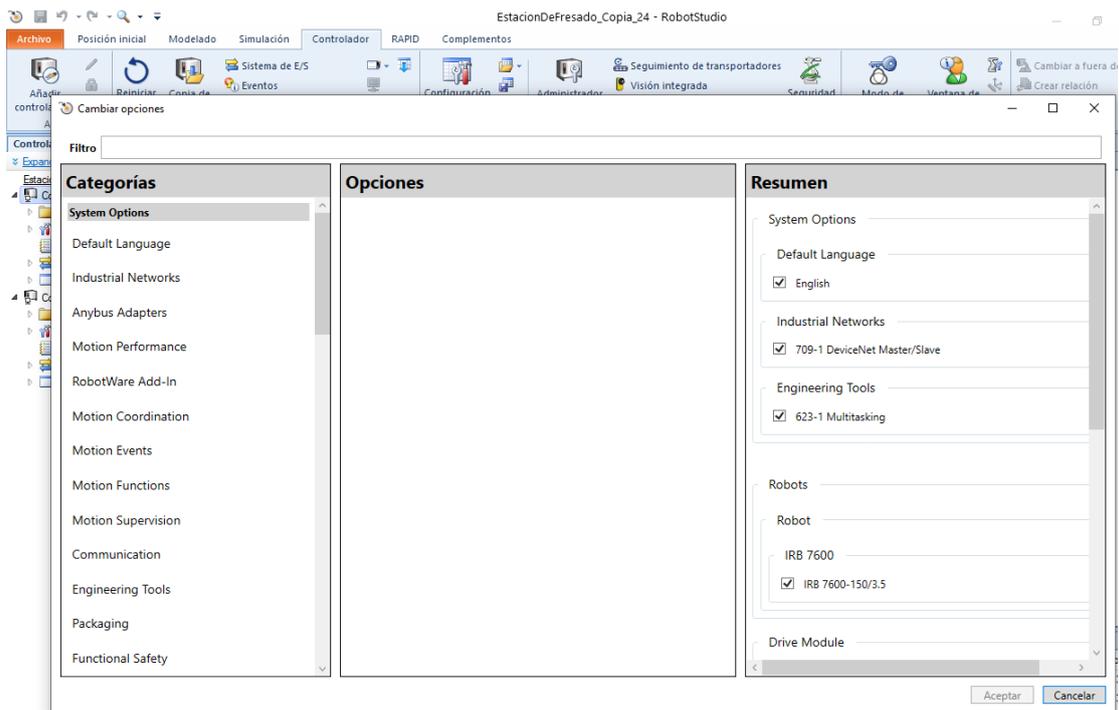


Figura 232: Ventana emergente al usar el botón

La segunda opción, aunque algo más enrevesada si no se detecta el controlador virtual, la presentación del menú puede ser más clara e intuitiva. En la Figura 233 se observa que se ha de seleccionar el menú superior: “Administrador de instalación 6”.

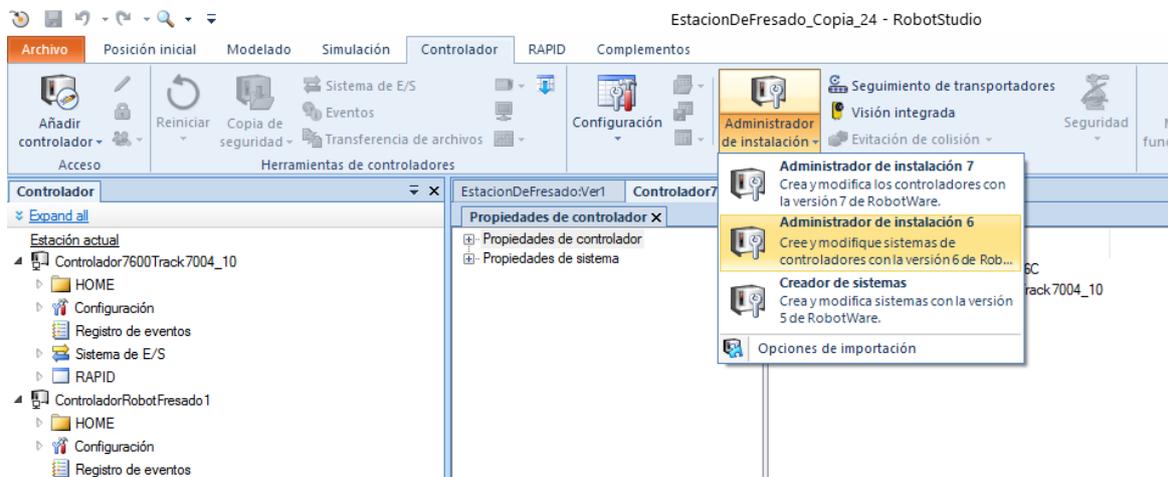


Figura 233: Ventana con las opciones para administrar la creación y modificaciones de los controladores virtuales.

En la Figura 234 se selecciona el controlador de la estación en el menú “Virtual” (aquí aparecen todos los controladores existentes en la carpeta “Virtual Controllers” donde se almacenan estos archivos por defecto).

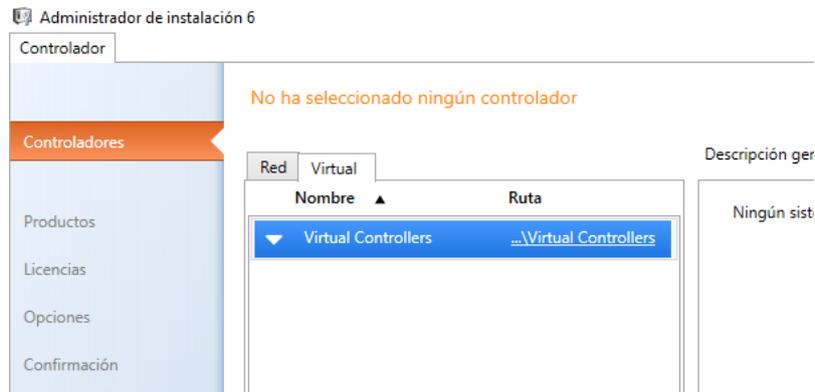


Figura 234: Apartado donde se muestran los controladores virtuales existentes

La Figura 235 muestra la ventana para añadir opciones, donde se observan diferencias con las previas vistas.

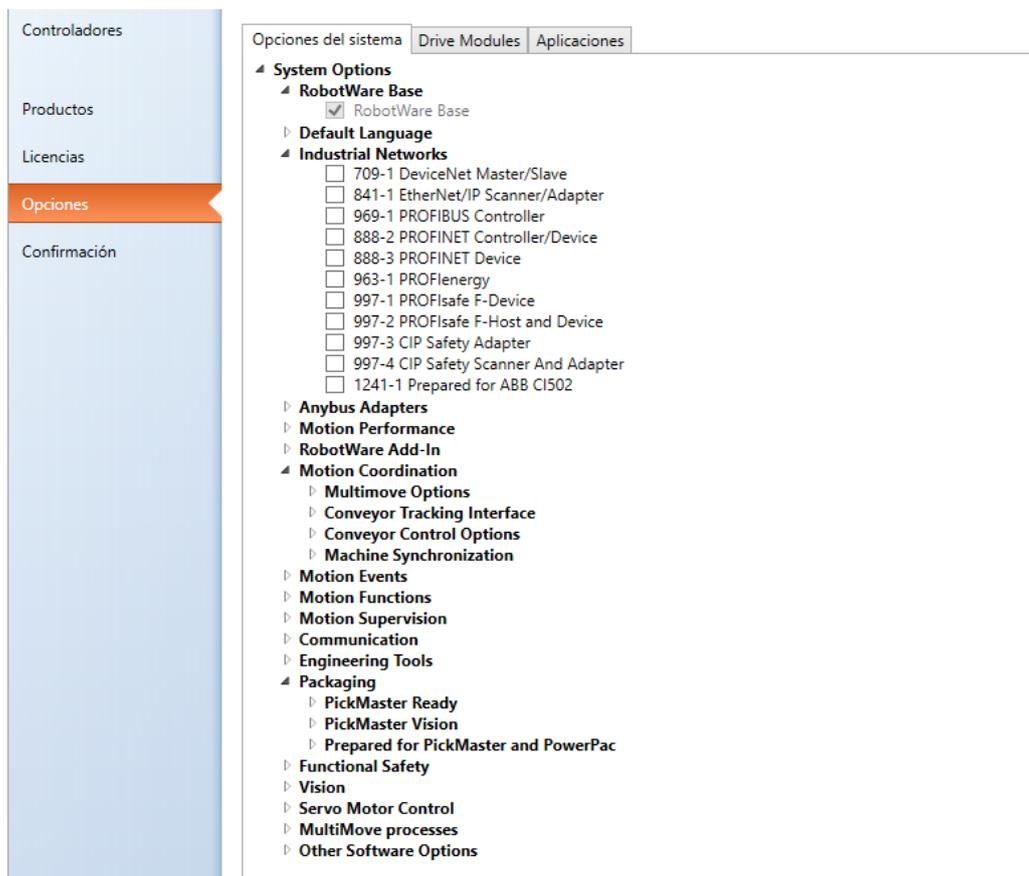


Figura 235: Ventana donde se muestran las opciones que se pueden añadir a un controlador

Problemas al reiniciar el controlador si no está situado en el 0,0,0

Un error muy habitual es encontrarse con un error que indica que no se ha podido encontrar el mecanismo y se ha de asignar de forma manual. La Figura 236 muestra dicha ventana de alerta.

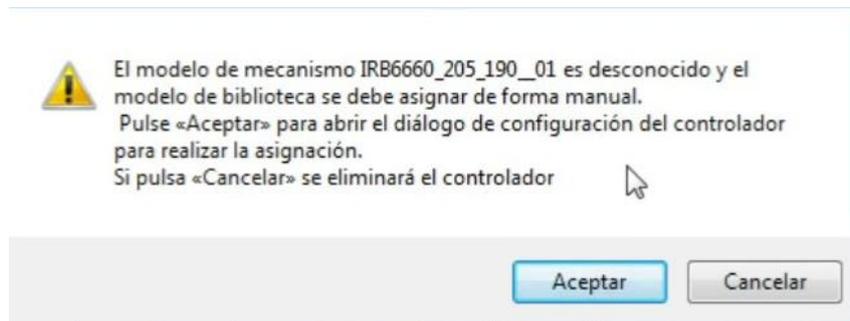


Figura 236: Ventana emergente al no encontrar el robot IRB 6660

Al proceder, se observa en la Figura 237 que no ha detectado el robot, por lo que se añade de nuevo.



Figura 237: Ventana para añadir el robot IRB 6660

Por defecto viene seleccionada la opción: "Seleccionar de la biblioteca", pero al tener ya el robot en la estación, se selecciona la segunda opción y se selecciona el robot entre los disponibles en la lista de la Figura 238.

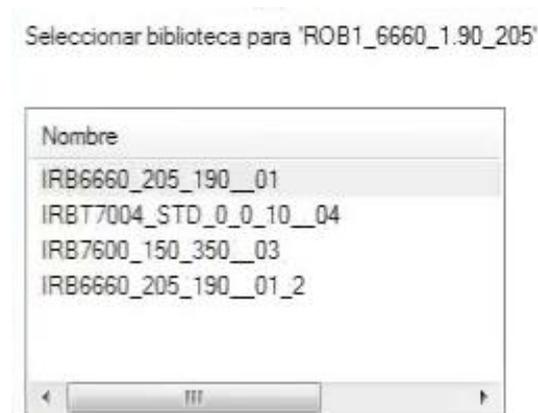


Figura 238: Ventana para añadir el robot IRB 6660 (2)

Seleccionado el robot, se establecen los valores de la base de coordenadas, ya que no se han guardado correctamente. Seleccionando la tercera opción, debería mostrar los valores de la posición actual del robot.

Se marca la casilla de verificar el sistema de coordenadas en el inicio (arranque), para corroborar que se han guardado los datos y se corresponden con los de la estación cada vez que se inicia el programa. Si el valor de la base de coordenadas está en el origen, dar al botón de aceptar, reiniciar el controlador (con el botón de la Figura 239), posicionar el robot y asegurarse que el valor sea ahora el correcto accediendo al panel de configuración.

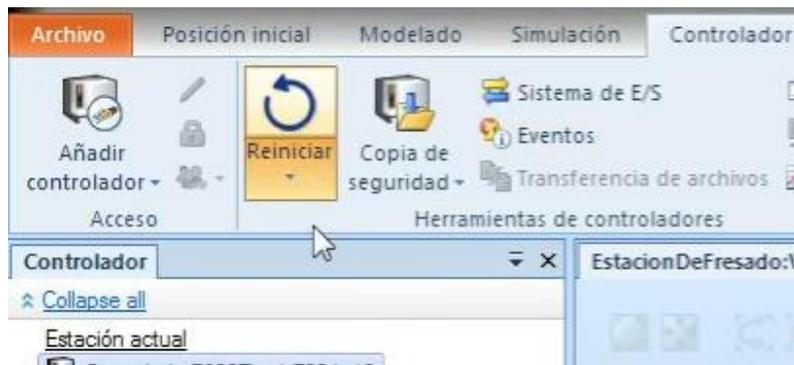


Figura 239: Botón reiniciar el controlador

Para acceder al panel de configuración, se usa el botón mostrado en la Figura 240.

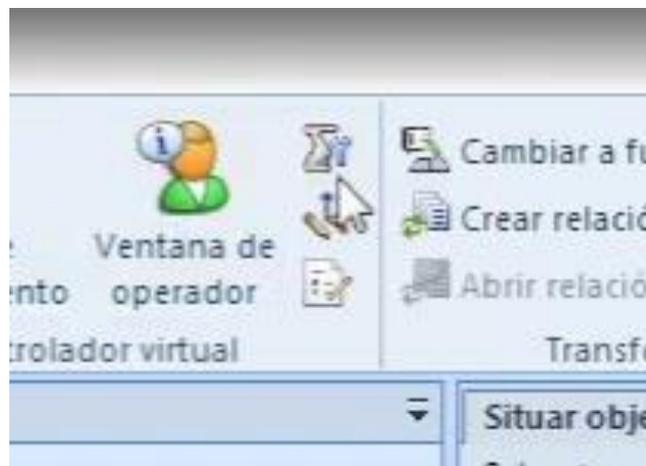


Figura 240: Botón para ver la configuración de movimientos del robot

Si el valor es el correcto, se reinicia el controlador y se corrobora que los valores almacenados en la casilla de “valores del controlador” se corresponden con los de la estación. La Figura 241 muestra los valores de la estación.

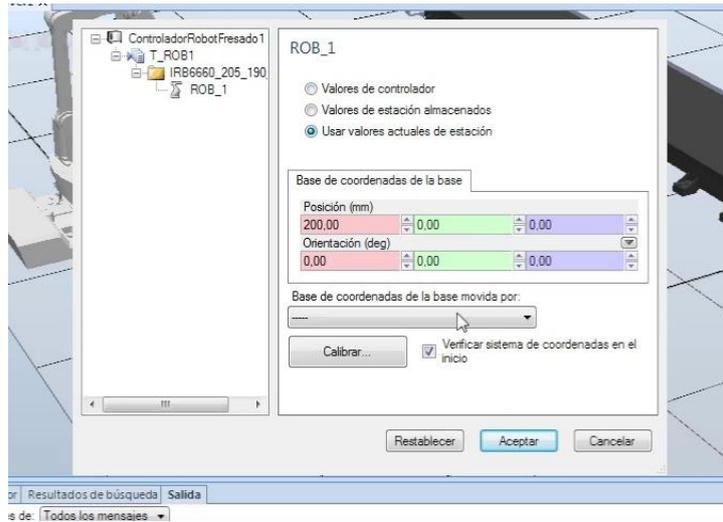


Figura 241: Posición del robot según la estación

La Figura 242 confirma que ambos valores coinciden.

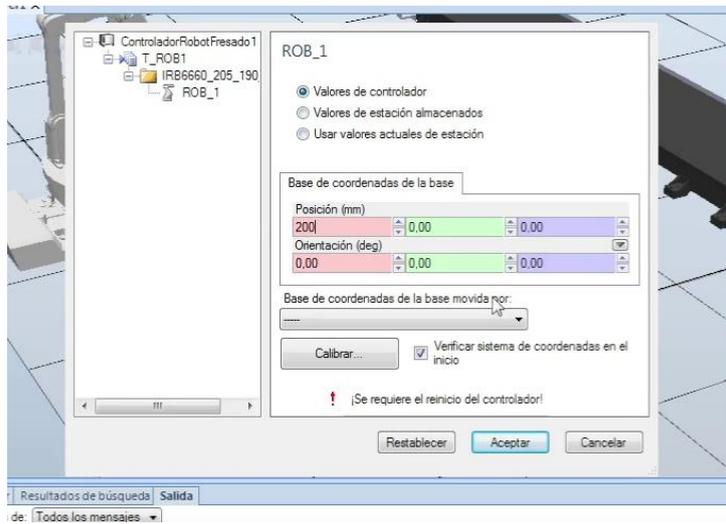


Figura 242: Posición del robot almacenada en el controlador

En el otro caso, cuando se han de coordinar un robot y un posicionador, se ha de seleccionar que la base de coordenadas del robot sea movida por el posicionador, como indica la Figura 243.

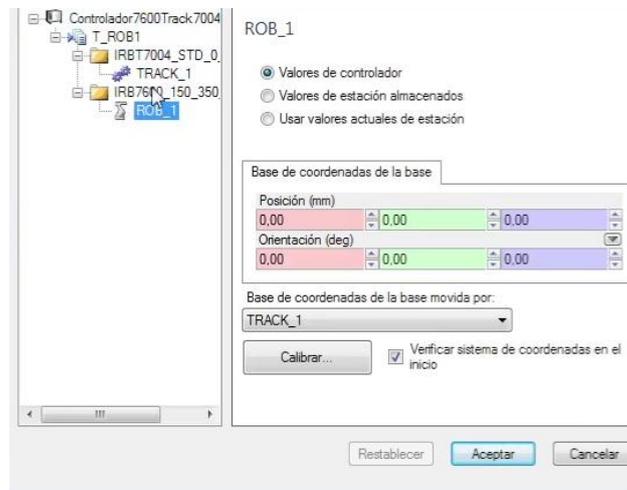


Figura 243: Comprobar que el robot este asociado al posicionador en el controlador

En este caso, además, puede darse el caso que el mismo error se repita. Si repetir los pasos anteriores no solventase el problema, añadir los valores manualmente en la base de coordenadas del posicionador para la opción: “Valores de controlador”, debería ser suficiente.

Recordar, la base de coordenadas para este caso ha de ser nula, ya que representa que el robot está situado en el soporte diseñado para tal fin. Si se modifica, el robot aparecería desplazado en el espacio.

5.3.5 CONFIGURACIÓN DE UNA TRAYECTORIA

Ya con el controlador configurado, se puede proceder a crear objetos de trabajo y posiciones del robot para crear trayectorias de trabajo.

¡Importante! Es imprescindible sincronizar la estación, con el botón de sincronizar de la Figura 244, con el controlador para guardar las instrucciones antes de simular. En la pestaña principal, a la derecha se encuentra el botón de sincronizar y se desplegarán 2 opciones:

- 1) Sincronizar la estación con RAPID
- 2) Sincronizar RAPID con la estación

Cuando se modifiquen valores en la estación, se optará por la primera opción. Y, por el contrario, al modificar el código RAPID, se hará a la inversa.

¡Cuidado! No modificar valores en ambos entornos a la vez, ya que, al sincronizar, se eliminarán los progresos de la otra parte, pues al no sincronizarse, no se guardan en el controlador.



Figura 244: Panel superior donde se muestra la opción de sincronizar

5.3.5.1 CREACIÓN DE UN OBJETO DE TRABAJO Y POSICIONES DEL ROBOT

El primer paso es crear un objeto de trabajo para almacenar las posiciones de forma ordenada. La Figura 245 muestra el menú desplegable para crear un objeto de trabajo.

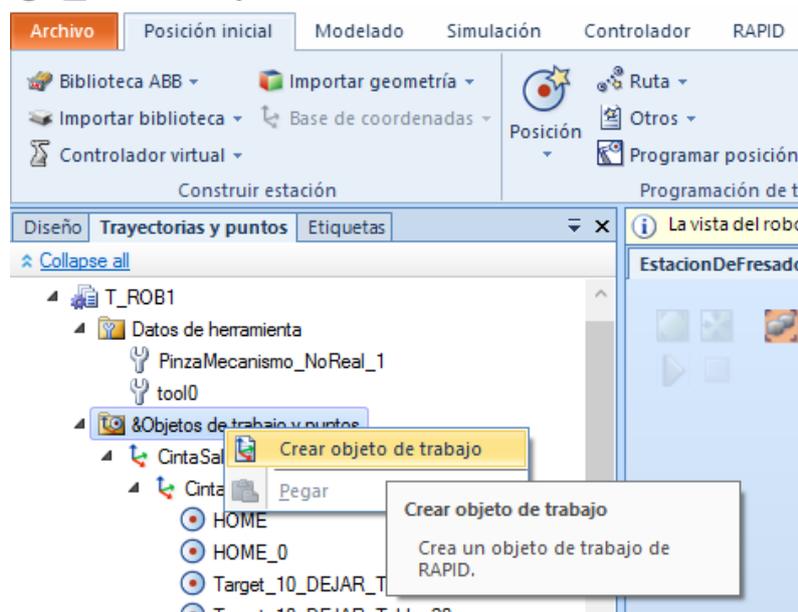


Figura 245: Crear objeto de trabajo

La Figura 246 muestra la ventana con los datos necesarios para crear un objeto de trabajo:

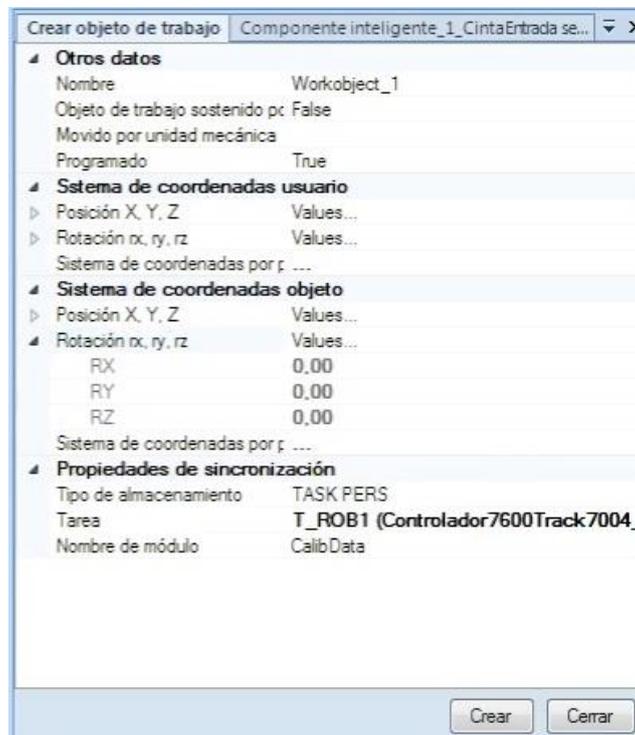


Figura 246: Crear objeto de trabajo. Propiedades

Los valores importantes a modificar son, Nombre, el sistema de coordenadas del usuario y el controlador donde se va a almacenar el objeto de trabajo.

Si alguno de los valores no era el deseado, se puede cambiar a posteriori mediante la opción de fijar posición. La Figura 247 muestra los datos para el objeto de trabajo en la cinta de entrada.

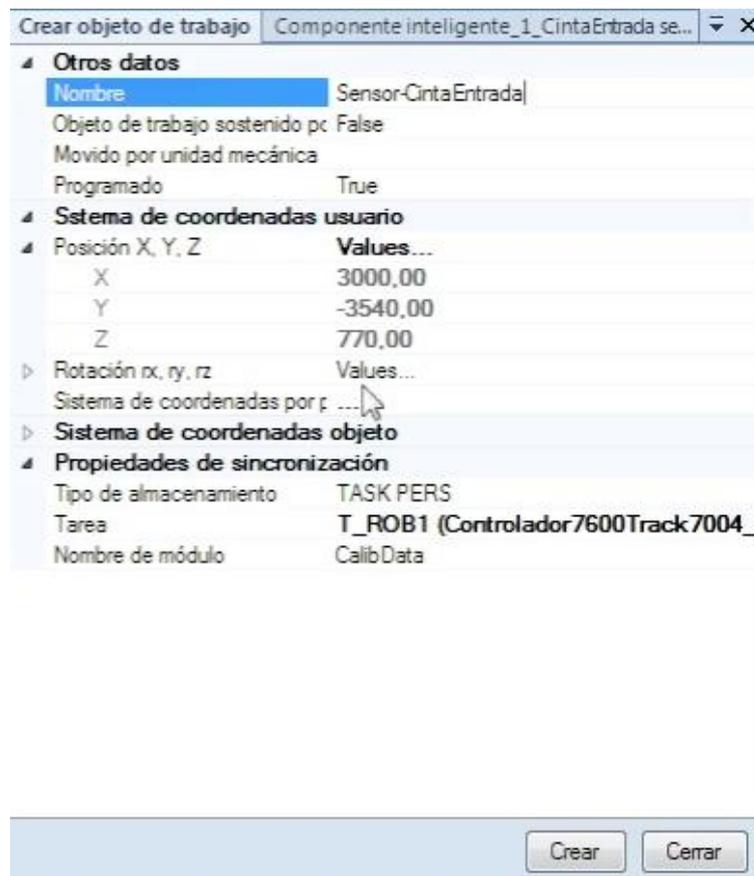


Figura 247: Valores objeto de trabajo: Cinta de entrada

La Figura 248 muestra el menú para fijar una nueva posición del objeto de trabajo.

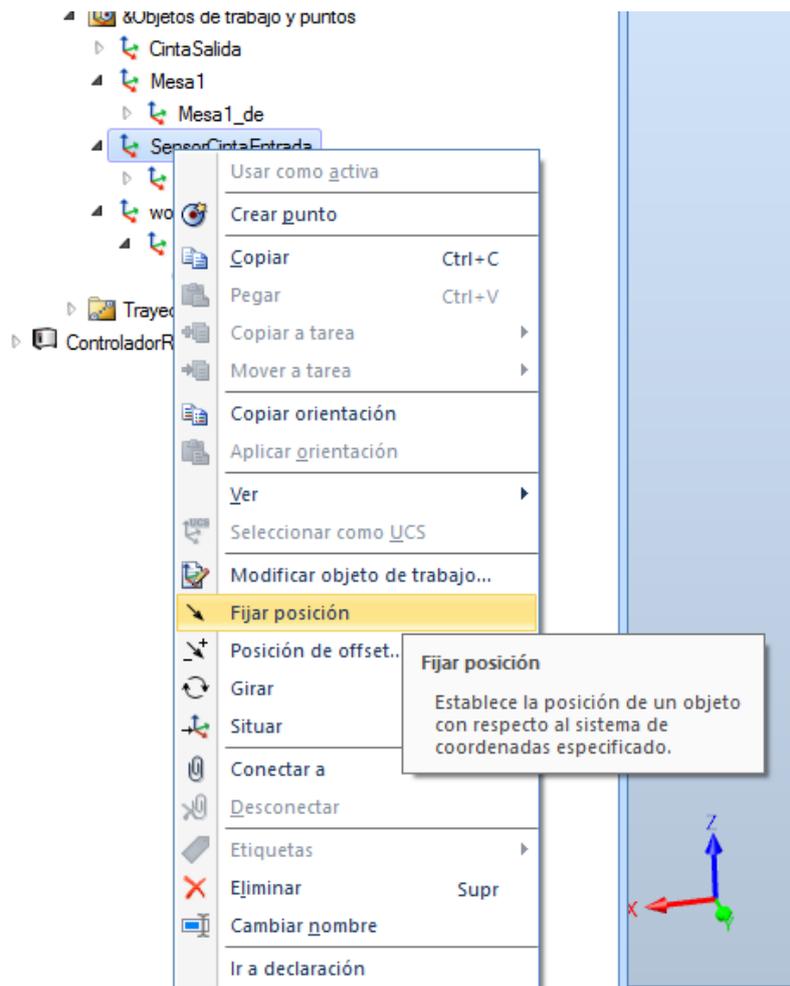


Figura 248: Modificar posición (1)

La Figura 249 muestra los valores en la ventana de fijar una posición para el objeto de trabajo de la cinta de entrada.



Figura 249: Modificar posición (2)

La Figura 250 muestra los datos del objeto de trabajo de la cinta de salida.

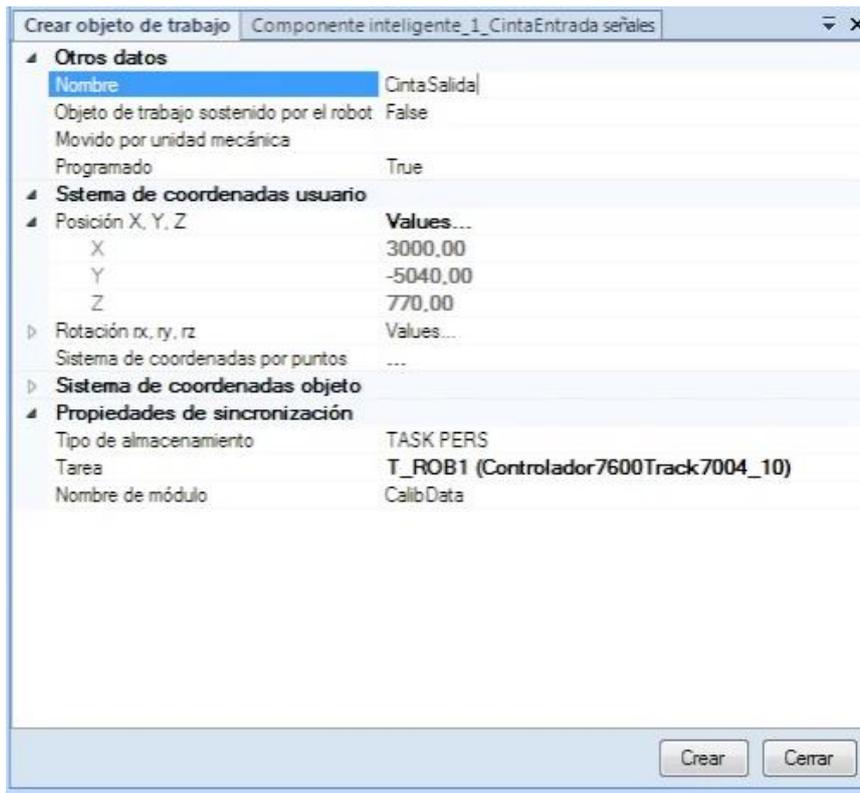


Figura 250: Valores objeto de trabajo: Cinta de salida

La Figura 251 muestra los valores del objeto de trabajo de la Mesa1.

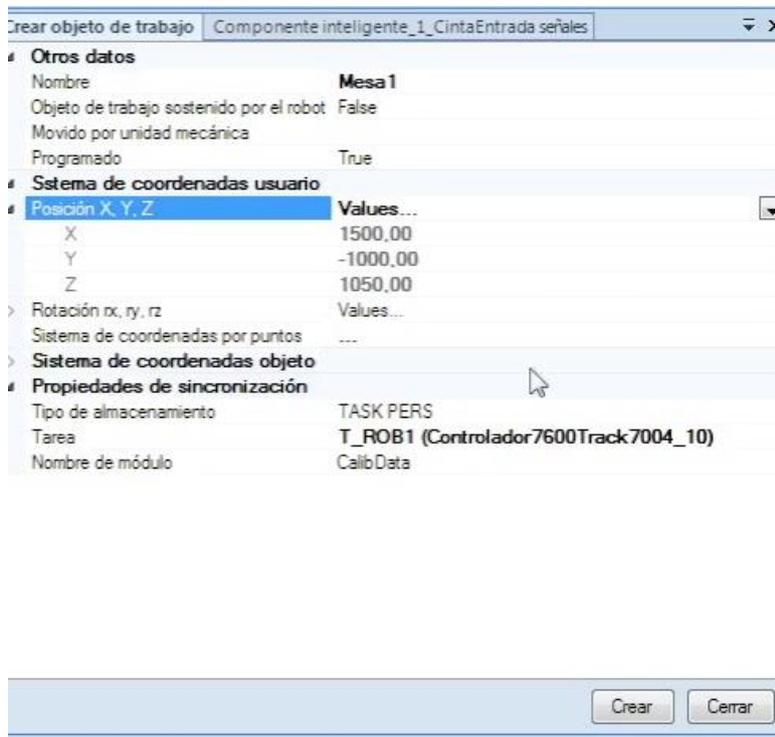


Figura 251: Valores objeto de trabajo: Mesa

La Figura 252 muestra los valores del objeto de trabajo del cambio de herramientas:

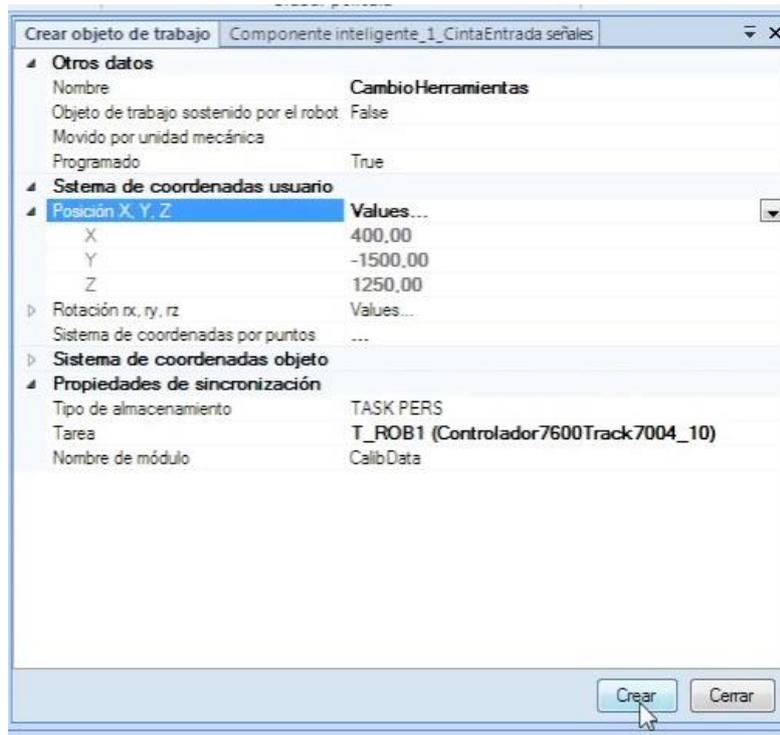


Figura 252: Valores objeto de trabajo: Cambio de herramientas

La Figura 253 muestra la posición del objeto de trabajo del cambio de herramientas.

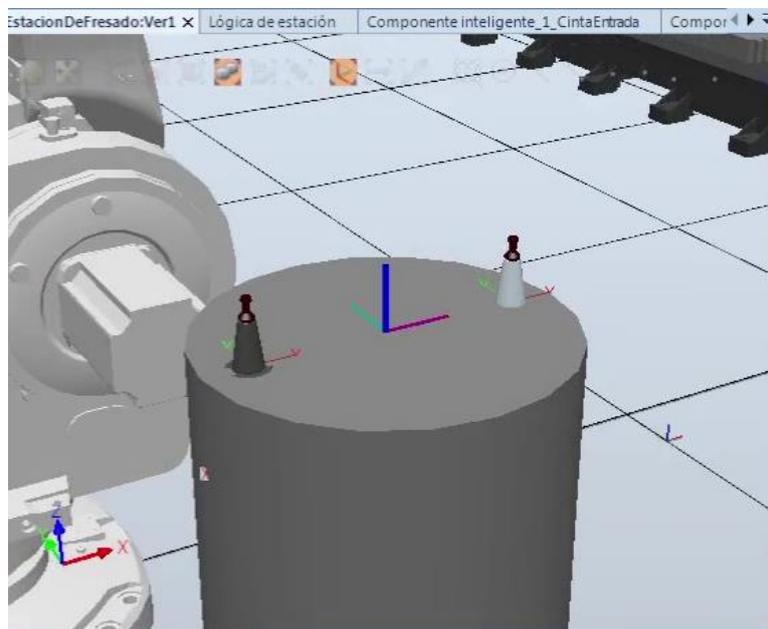


Figura 253: Posición del objeto de trabajo en el cambio de herramientas.

En la Figura 254 se muestra erróneamente que es para el robot 7600, por un despiste al indicar a que controlador pertenece el objeto de trabajo. Se modifica el parámetro a posteriori para asociarlo al controlador del robot de fresado arrastrando en la pestaña de trayectoria al controlador deseado.

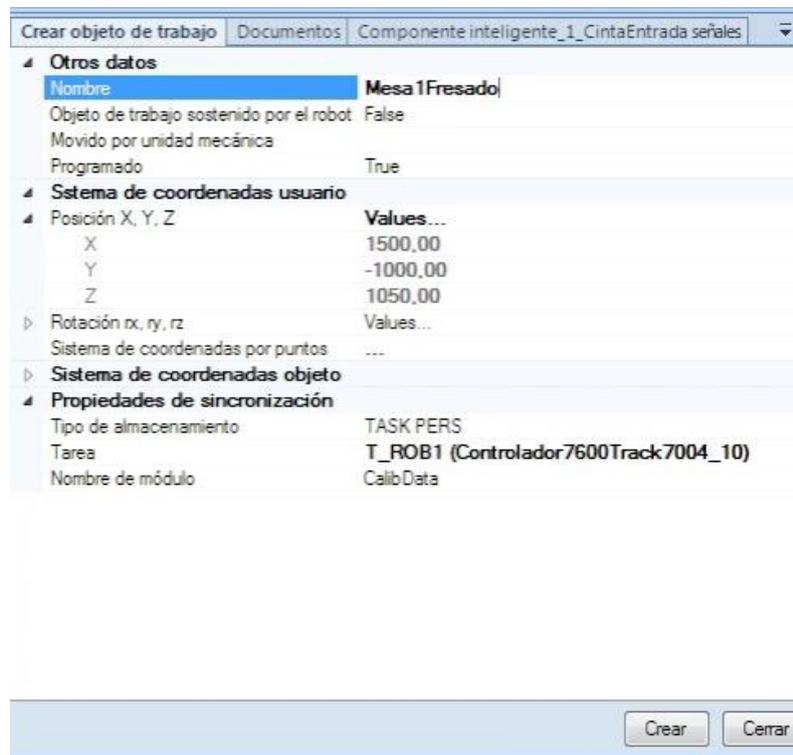


Figura 254: Valores objeto de trabajo: Mesa para el robot IRB 6660

Creación de posiciones

Con los objetos de trabajo ya creados, se pueden configurar las posiciones del robot para cada uno de los mismos.

Configurar cada posición requerirá de un objeto de trabajo, una herramienta y un controlador.

Existen 2 maneras comunes de configurar las posiciones en función de si se conoce la posición exacta o no.

Si se conoce la posición exacta del robot, en el menú superior, posición, crear punto; como lo indica la Figura 255.

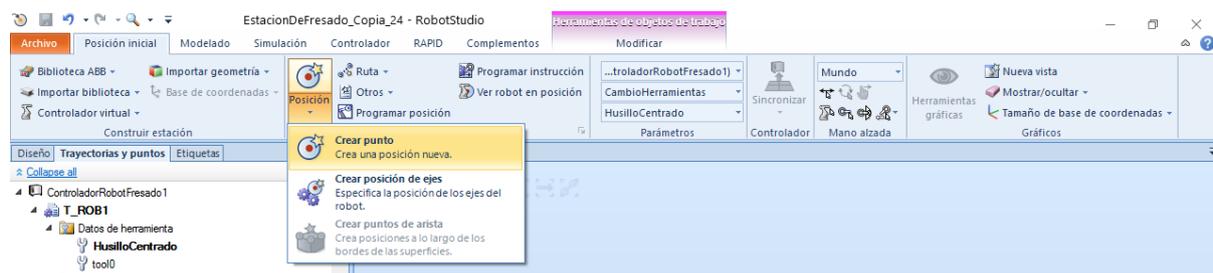


Figura 255: Crear punto

En el menú, mostrado en la Figura 256, se indica Workobject, se rellenan los valores de posición y orientación, se indica el nombre deseado para cada punto, controlador, objeto de trabajo y se añade el punto mediante el botón Añadir.

Se pueden rellenar varios puntos a la vez y se crean varios puntos con el mismo nombre variando los 2 dígitos finales.

Consejo: si se tienen los puntos almacenados en una tabla, seleccionando la casilla X, se pueden rellenar las 3 de cada fila de forma más rápida que casilla a casilla, agilizando el proceso.

Este proceso se ha usado para agilizar el proceso al traspasar los datos el archivo donde se han realizado las pruebas hasta obtener los valores deseados en las trayectorias.

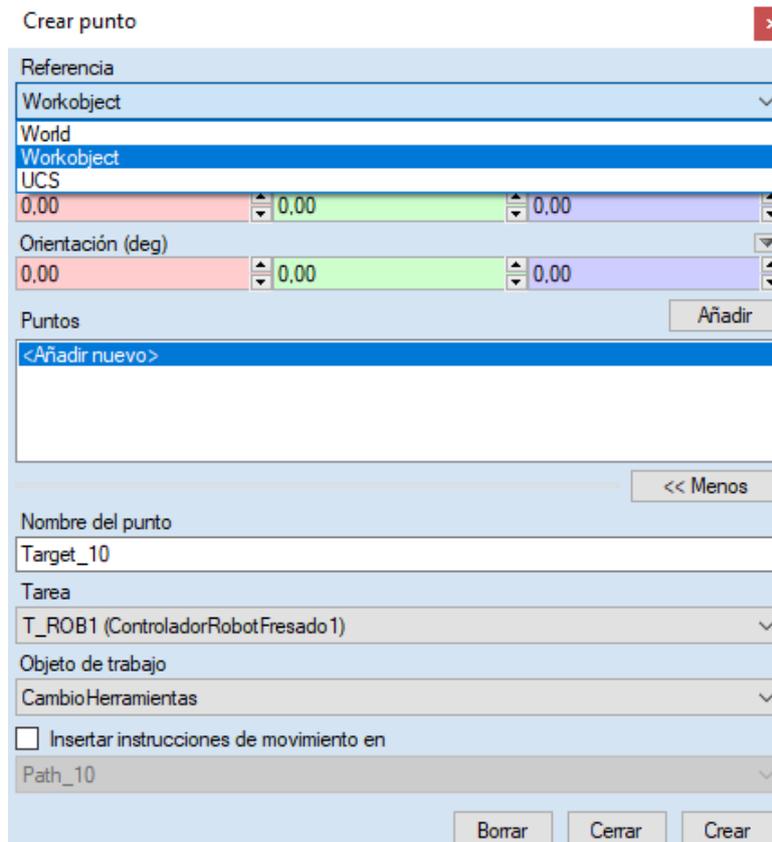


Figura 256: Propiedades crear punto

Se ha de pulsar el botón de Figura 257 para finalizar el añadir una nueva posición.

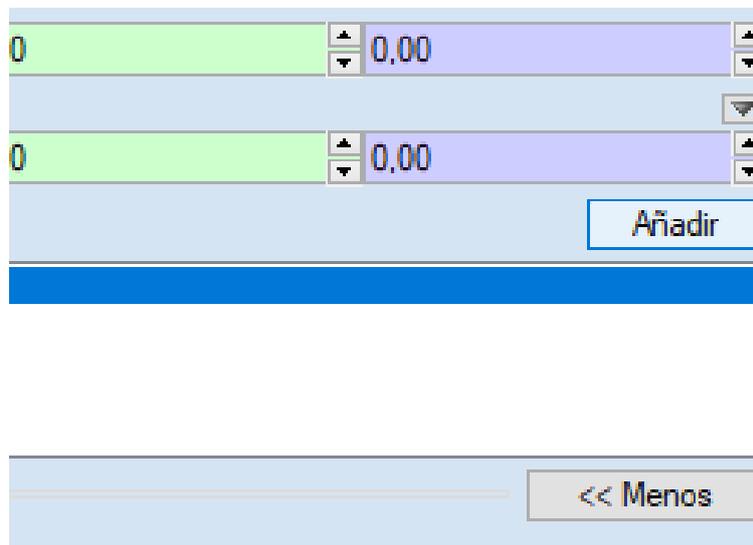


Figura 257: Botón añadir posición del robot

Si se desconoce la posición del robot, el primer paso será posicionar el robot en la posición deseada ayudándose de la interfaz como se muestran en las siguientes imágenes: movimientos lineales y “joint” desde el TCP del robot. Si se ha configurado correctamente la herramienta, se observa que el TCP del robot se corresponde con el de la herramienta. La Figura 258 muestra como el botón seleccionado permite movimientos lineales del robot en el TCP.

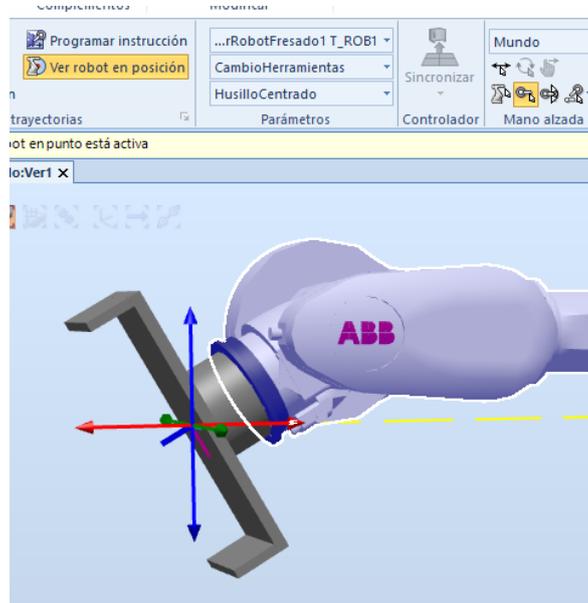


Figura 258: Movimientos lineales

Para realizar giros de la muñeca del robot, se selecciona el botón de la Figura 259.

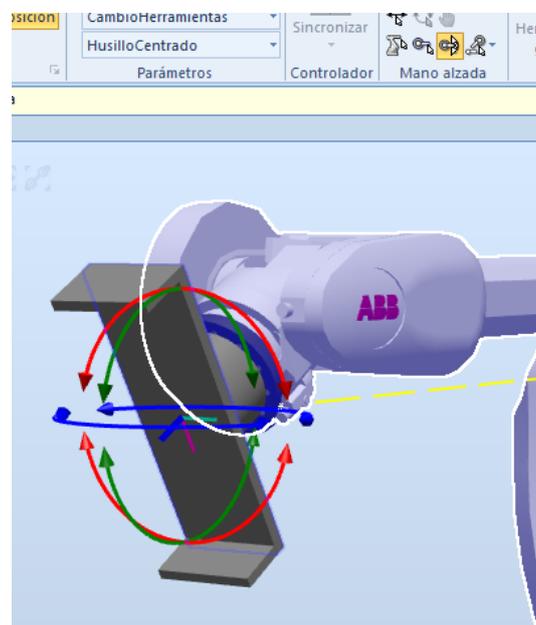


Figura 259: Giros de la muñeca del robot

Con la posición deseada, se puede programar cada una de las posiciones mediante la opción “Programar instrucción” o “Programar posición”, mostradas en la Figura 260. “Programar instrucción” añadirá el punto a la trayectoria seleccionada.

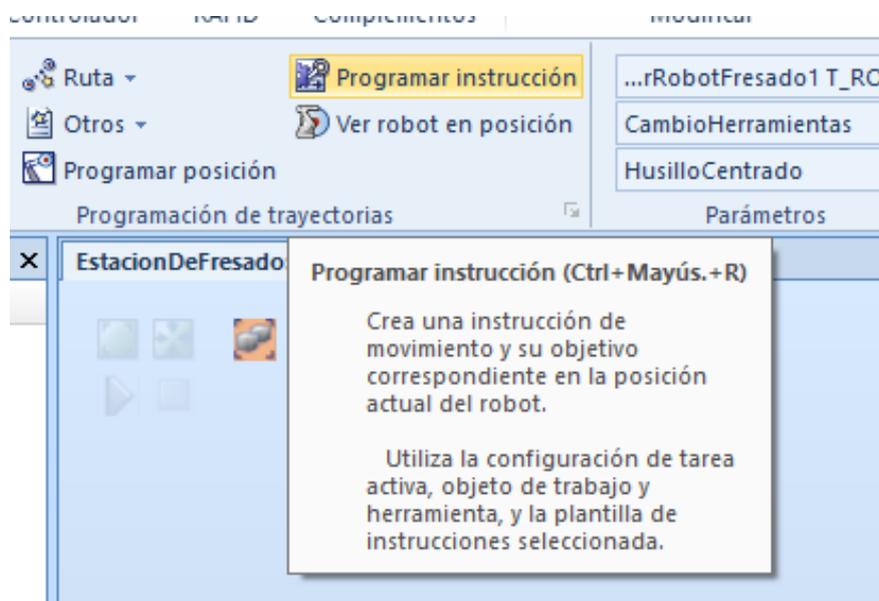


Figura 260: Programar posición robot

En el caso de tener que crear una posición para el robot con el posicionador, el valor del mecanismo no se guarda correctamente con los métodos anteriores. En el primer caso, al no poder indicar la posición del mecanismo del posicionador, éste se establece en 0. Para el segundo, aun modificando la posición, hay veces que no se guarda correctamente y es necesario guardarlo de forma manual. La Figura 261 muestra las opciones de movimiento de los ejes del robot con el posicionador.

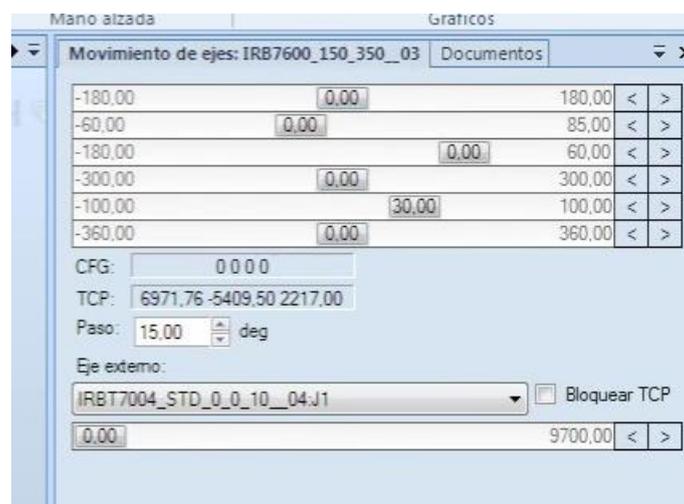


Figura 261: Movimientos ejes del robot

Se procede a seleccionar la opción: “Modificar eje externo...”, tal como se indica en la Figura 262, y se selecciona el valor deseado en Eax, ya que el panel izquierdo no mantiene los valores en la estación y vuelve al valor predeterminado (el valor de la derecha) cuando se deja de pulsar.

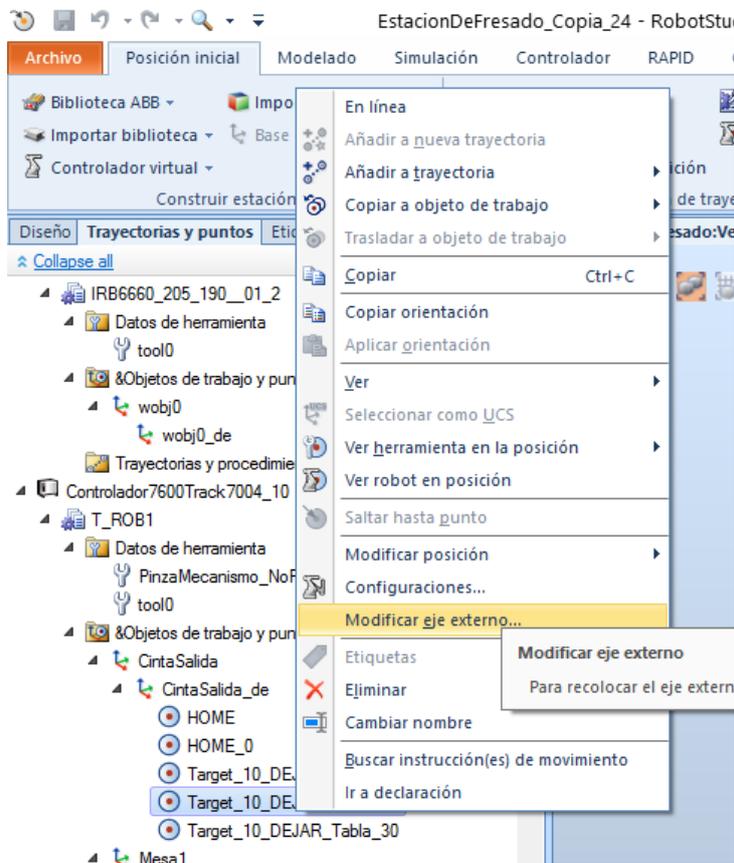


Figura 262: Modificar eje externo (posicionador)

La Figura 263 muestra la ventana para modificar el eje externo.



Figura 263. Ventana modificar eje externo

Valores de los objetos de trabajo y posiciones robot

Ya mostrado como se han creado los distintos objetos de trabajo, a continuación, se muestran unas tablas con los objetos de trabajo y las posiciones del robot asociadas a cada uno de ellos.

- 1) Los objetos de trabajo están sombreados en gris
- 2) Los elementos sombreados en rojo se intentaron usar para dar una mayor fluidez al movimiento del robot, a la vez que se evitaban posibles problemas con las trayectorias tipo “joint”, pero se han descartado por no cumplir su función.
- 3) Los valores de eje externo determinan la posición de la cinta de transporte del robot. El valor sombreado en gris es una excepción dentro de cada objeto de trabajo

Controlador7600Track7004_10

Las tablas (Tabla 15, Tabla 16 y Tabla 17) muestran los puntos de posiciones del irb7600.

Tabla 15: Tabla valores posiciones cinta de salida

Puntos tray irb 7600		Posiciones mm			Orientaciones			Configuraciones				Eje externo
		X	Y	Z	φ_x	φ_y	φ_z	a	b	c	d	
Cinta Salida		3000	-5040	770	0	0	0					5300
HOME	1	6971,759	-5409,5	2217	180	60	180	0	0	0	0	5300
Target_10_DEJAR_Tabla_10	2	2050,156	-5300	2217	180	0	-90	0	0	0	0	5300
Target_10_DEJAR_Tabla_20	3	2050,156	-5300	775	180	0	-90	0	0	0	0	5300
Target_10_DEJAR_Tabla_30	4	2050,156	-5300	1175	180	0	-90	0	0	0	0	5300

Tabla 16: Tabla posiciones en la mesa

								a	b	c	d	Eje externo
Mesa 1		1500	-1000	1050	0	0	0					5300
HomeMesa1	1	7599,984	-281,694	1491,333	180	-30	35,203	0	0	0	0	5300
Target_Track_Mesa_10	2	7044,345	-253,345	1938,798	-178,135	2,374	35,241	0	0	0	0	5300
Target_Track_Mesa_20	3	2966,675	-2636,556	1938,798	-178,135	2,374	-78,308	-2	0	1	0	5300
Target_Track_Mesa_40	5	2000	-165	1150	180	0	180	-2	0	-2	0	5300
Target_Track_Mesa_70	8	2382,408	-1238,344	1200	-173,938	7,664	-77,941	-2	-1	1	0	5300
Target_Track_Mesa_80	9	2000	-165	1300	180	0	180	-2	0	-2	0	5300

Tabla 17: Tabla posiciones robot cinta de entrada

								a	b	c	d	Eje externo
SensorCintaEntrada		3000	-3540	770	0	0	90					2200
HomeCintaEntrada_10	1	6971,759	3209,5	2217	180	60	180	0	0	0	0	2400
Target_CintaEntrada_Tabla_60	2	988,233	-3269,648	1319,196	179,831	8,998	-0,013	-2	0	0	0	2200
Target_CintaEntrada_Tabla_70	3	998,84	-3269,45	875	180	0	0	-2	0	0	0	2200
Target_CintaEntrada_Tabla_80	4	998,84	-3269,45	875	180	0	0	-2	0	0	0	2200
Target_CintaEntrada_Tabla_90	5	998,84	-3269,45	1491,332	180	0	0	-2	0	0	0	2200
Target_CintaEntrada_Tabla_100	6	998,84	-4235,44	1491,332	180	0	0	-2	0	0	0	2200
Target_CintaEntrada_Tabla_130	7	7056,435	-5050,649	1491,333	180	0	0	0	0	0	0	2200
Target_CintaEntrada_Tabla_140	8	7599,984	-3081,694	1491,333	180	0	35,203	0	0	0	0	2200
Target_CintaEntrada_Giro_10	9	6971,759	-2952,167	2217	180	60	180	0	-1	0	0	2200
Target_CintaEntrada_Giro_20	10	4309,587	-5697,623	2217	-180	60	91,765	-1	1	0	0	2200
Target_CintaEntrada_Giro_30	11	1478,241	-2952,167	2217	180	60	0	-2	1	-2	1	2200

Controlador Robot Fresado1

Las tablas (Tabla 18 y Tabla 19) muestran los puntos de posiciones del irb6660.

Tabla 18: Tabla posiciones cambio de herramienta

Puntos tray irb 6600 1		Posiciones mm			Orientaciones			Configuraciones			
		X	Y	Z	α_x	α_y	α_z	a	b	c	d
Cambio de herramienta		400	-1500	1250	0	0	0				
Target_CambioHerramientas_10	1	550	-1500	1250	-90	0	90	-1	-2	1	0
Target_CambioHerramientas_20	2	550	-1500	1399,217	-90	0	90	-1	-2	1	0
Target_CambioHerramientas_30	3	550	-1500	1649,631	-90	0	90	-1	-1	0	0
Target_CambioHerramientas_40	4	250	-1500	1250	-90	0	90	-1	0	-1	0
Target_CambioHerramientas_50	5	250	-1500	1399,217	-90	0	90	-1	0	-1	0
Target_CambioHerramientas_60	6	250	-1500	1649,631	-90	0	90	-1	1	-2	0
Target_CambioHerramientas_70	7	847,507	-1500	1649,631	-90	0	90	-1	1	-2	0
Target_CambioHerramientas_80	8	1051,69	-1500	1649,631	-90	0	140,257	-1	0	-1	0
Target_CambioHerramientas_90	9	1051,69	-1500	1649,631	-90	0	176,462	-1	0	-1	0
Target_CambioHerramientas_100	10	1051,69	-346,557	1649,631	-90	0	176,462	-1	0	-1	0
Home	11	1576,651	0	1491,593	-90	-30	180	0	0	0	0

Tabla 19: Tabla posiciones mesa de fresado

		X	Y	Z	°x	°y	°z	a	b	c	d
Mesa1Fresado		1500	-1000	1050	0	0	0				
HomeFresado_10	1	1372,811	0	1492,941	-90	-30	180	0	0	0	0
Target_TablaFresado_10	2	2034,489	137,378	1150	0	0	180	0	0	-2	0
Target_TablaFresado_20	3	2034,489	187,378	1150	0	0	180	0	0	-2	0
Target_TablaFresado_30	4	2011,494	137,378	1150	0	0	180	0	0	-2	0
Target_TablaFresado_40	5	2011,494	187,378	1150	0	0	180	0	0	-2	0
Target_TablaFresado_50	6	1988,5	137,378	1150	0	0	180	0	0	-2	0
Target_TablaFresado_60	7	1988,5	187,378	1150	0	0	180	0	0	-2	0
Target_TablaFresado_70	8	1965,506	137,378	1150	0	0	180	0	0	-2	0
Target_TablaFresado_80	9	1965,506	187,378	1150	0	0	180	0	0	-2	0
Target_TablaFresado_90	10	1954,009	-469,465	1150	180	0	180	0	0	0	0
Target_TablaFresado_100	11	1954,009	-519,465	1150	180	0	180	0	0	0	0
Target_TablaFresado_110	12	1977,003	-469,465	1150	180	0	180	0	0	0	0
Target_TablaFresado_120	13	1977,003	-519,465	1150	180	0	180	0	0	0	0
Target_TablaFresado_130	14	1999,997	-469,465	1150	180	0	180	0	0	0	0
Target_TablaFresado_140	15	1999,997	-519,465	1150	180	0	180	0	0	0	0
Target_TablaFresado_150	16	2022,992	-469,465	1150	180	0	180	0	0	0	0
Target_TablaFresado_160	17	2022,992	-519,465	1150	180	0	180	0	0	0	0
Target_TablaFresado_170	18	2045,992	-469,465	1150	180	0	180	0	0	0	0
Target_TablaFresado_180	19	2045,992	-519,465	1150	180	0	180	0	0	0	0
Target_TablaFresado_190	20	2045,992	-469,465	1000	180	0	180	0	0	0	0
Target_TablaFresado_200	21	2045,992	-519,465	1000	180	0	180	0	0	0	0
Target_TablaFresado_210	22	2022,992	-469,465	1000	180	0	180	0	0	0	0
Target_TablaFresado_220	23	2022,992	-519,465	1000	180	0	180	0	0	0	0
Target_TablaFresado_230	24	1999,997	-469,465	1000	180	0	180	0	0	0	0
Target_TablaFresado_240	25	1999,997	-519,465	1000	180	0	180	0	0	0	0

Target_TablaFresado_250	26	1977,003	-469,465	1000	180	0	180	0	0	0	0
Target_TablaFresado_260	27	1977,003	-519,465	1000	180	0	180	0	0	0	0
Target_TablaFresado_270	28	1954,009	-469,465	1000	180	0	180	0	0	0	0
Target_TablaFresado_280	29	1954,009	-519,465	1000	180	0	180	0	0	0	0
Target_TablaFresado_290	30	2034,489	137,378	1000	0	0	180	0	0	-2	0
Target_TablaFresado_300	31	2034,489	187,378	1000	0	0	180	0	0	-2	0
Target_TablaFresado_310	32	2011,494	137,378	1000	0	0	180	0	0	-2	0
Target_TablaFresado_320	33	2011,494	187,378	1000	0	0	180	0	0	-2	0
Target_TablaFresado_330	34	1988,5	137,378	1000	0	0	180	0	0	-2	0
Target_TablaFresado_340	35	1988,5	187,378	1000	0	0	180	0	0	-2	0
Target_TablaFresado_350	36	1965,506	137,378	1000	0	0	180	0	0	-2	0
Target_TablaFresado_360	37	1965,506	187,378	1000	0	0	180	0	0	-2	0

5.3.5.2 TRAYECTORIAS LINEALES Y “JOINT”

Una vez creadas las posiciones del robot, se procede a crear una trayectoria para el robot.

Hay dos maneras, seleccionando los puntos y en el menú “Añadir a nueva trayectoria”, o a una existente si ya estaba creada. La Figura 264 muestra como añadir puntos a una trayectoria existente o crear una nueva desde el menú desplegado en los puntos.

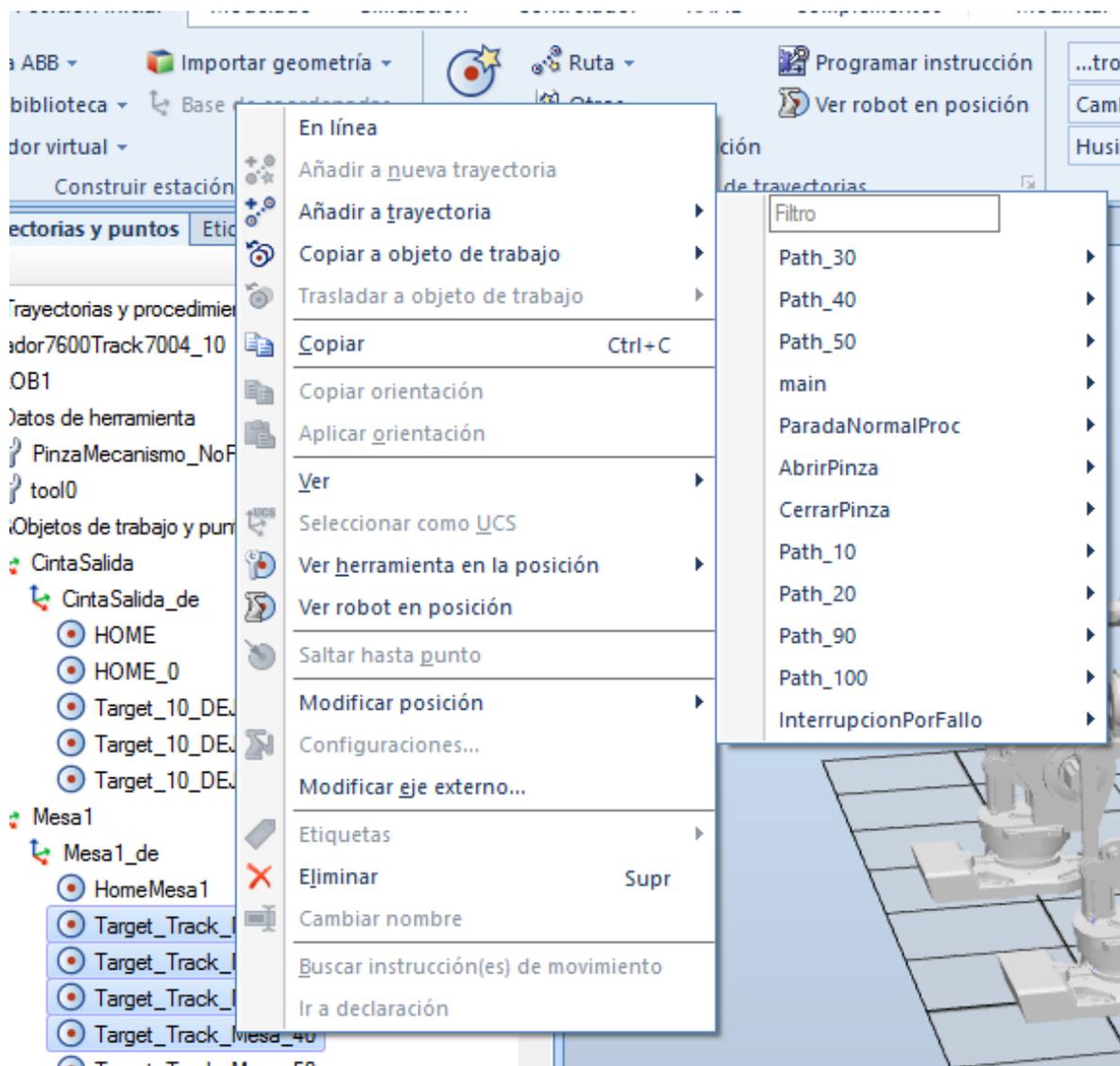


Figura 264: Crear trayectoria

O bien, arrastrando los puntos a una trayectoria existente (si no existe, se puede crear como se muestra en la imagen). La Figura 265 muestra como crear una trayectoria pulsando en la carpeta de trayectorias.

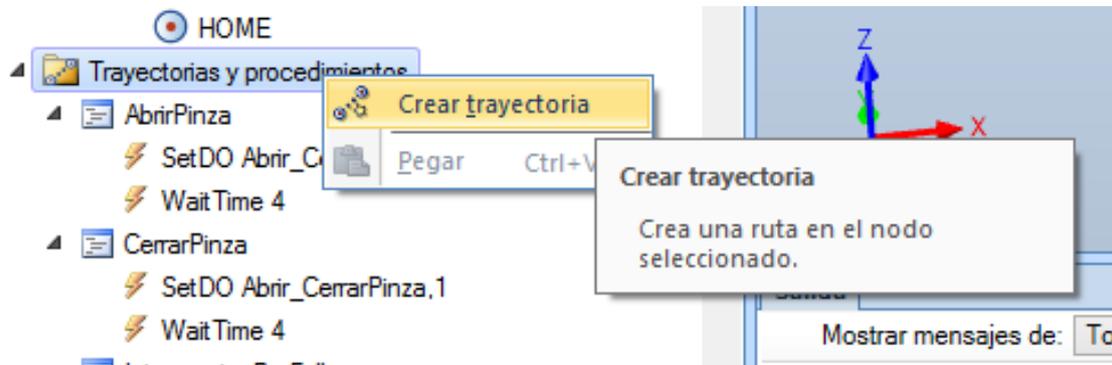


Figura 265: Crear trayectoria (2)

Estas trayectorias pueden ser lineales, circulares o “joint”.

Las trayectorias lineales y circulares harán cambiar al robot de una posición a otra siguiendo la trayectoria más corta, independientemente de la configuración del robot en cada punto. Si el robot no pudiese alcanzar un punto en una trayectoria de alguno de estos tipos, el programa presentará un error en este punto.

Una manera de solventarlo puede ser usando la trayectoria “joint” que buscará la manera de alcanzar el punto, realizando una trayectoria más larga. Sin embargo, este tipo de trayectoria tiene un peligro, y es que puede necesitar hacer un giro de la base en sentido contrario e impactar con el brazo en otros elementos de la estación, generando una situación de peligro.

Siempre que sea posible, se prescindirá de este tipo de movimientos. Aunque, usar este tipo de movimientos para detectar fallos en la configuración del robot en cada uno de los puntos es algo a tener en cuenta, ya que muestra que trayecto es el para llegar de un punto a otro. De esta manera, si el robot realiza giros inesperados de otras articulaciones del robot podrá identificarse que existe un posible fallo en la selección de la configuración del robot para cada punto.

Aunque no es lo idóneo, se han usado sólo trayectorias lineales y “joint” debido a problemas de fluidez y alcance del robot en distintas posiciones

Las trayectorias del proyecto:

Tray rob track

Path_10

MoveL Target_CintaEntrada_Tabla_60

MoveL Target_CintaEntrada_Tabla_70

Path_20

MoveJ HomeCintaEntrada_10

MoveJ Target_CintaEntrada_Giro_10

MoveJ Target_CintaEntrada_Giro_20

MoveJ Target_CintaEntrada_Giro_30

Path_30()

MoveL Target_CintaEntrada_Tabla_80

MoveL Target_CintaEntrada_Tabla_90

MoveL Target_CintaEntrada_Tabla_100

MoveJ Target_CintaEntrada_Tabla_130

MoveJ\Conc, Target_CintaEntrada_Tabla_140

Path_40()

MoveL HomeMesa1

MoveL Target_Track_Mesa_10

MoveJ Target_Track_Mesa_20

MoveJ Target_Track_Mesa_70

MoveJ Target_Track_Mesa_80

MoveL Target_Track_Mesa_40

Path_50()

MoveL Target_Track_Mesa_80

MoveL Target_Track_Mesa_70

MoveJ Target_Track_Mesa_20

MoveJ Target_Track_Mesa_10

MoveL HomeMesa1

Path_90()

MoveL HOME_0

MoveJ Target_10_DEJAR_Tabla_10

MoveL Target_10_DEJAR_Tabla_30

MoveL Target_10_DEJAR_Tabla_20
Path_100()
MoveL Target_10_DEJAR_Tabla_30
MoveL Target_10_DEJAR_Tabla_10
MoveJ HOME_0

Trayectorias robot fresado

Path_10 Husillo sube de herramienta1

MoveL Target_CambioHerramientas_10
MoveL Target_CambioHerramientas_20
MoveJ Target_CambioHerramientas_30

Path_20 Husillo baja a herramienta 1

MoveJ Target_CambioHerramientas_30
MoveL Target_CambioHerramientas_20
MoveL Target_CambioHerramientas_10

Path_40 Trayecto izquierda tabla 1

MoveJ Target_TablaFresado_20
MoveL Target_TablaFresado_10
MoveL Target_TablaFresado_290
MoveL Target_TablaFresado_300
MoveL Target_TablaFresado_40
MoveL Target_TablaFresado_30
MoveL Target_TablaFresado_310
MoveL Target_TablaFresado_320
MoveL Target_TablaFresado_60
MoveL Target_TablaFresado_50
MoveL Target_TablaFresado_330
MoveL Target_TablaFresado_340;
MoveL Target_TablaFresado_80
MoveL Target_TablaFresado_70
MoveL Target_TablaFresado_350
MoveL Target_TablaFresado_360

Path_50 Trayecto derecha tabla 1

MoveJ Target_TablaFresado_100
MoveJ Target_TablaFresado_90
MoveL Target_TablaFresado_270
MoveL Target_TablaFresado_280
MoveL Target_TablaFresado_120
MoveL Target_TablaFresado_110
MoveL Target_TablaFresado_250
MoveL Target_TablaFresado_260
MoveL Target_TablaFresado_140
MoveL Target_TablaFresado_130
MoveL Target_TablaFresado_230
MoveL Target_TablaFresado_240
MoveL Target_TablaFresado_160
MoveL Target_TablaFresado_150
MoveL Target_TablaFresado_210
MoveL Target_TablaFresado_220
MoveL Target_TablaFresado_180
MoveL Target_TablaFresado_170
MoveL Target_TablaFresado_190
MoveL Target_TablaFresado_200

Path_60 Husillo baja a herramienta milano

MoveJ Target_CambioHerramientas_60
MoveL Target_CambioHerramientas_50
MoveL Target_CambioHerramientas_40

Path_70(!)Husillo sube de herramienta milano

MoveL Target_CambioHerramientas_40
MoveL Target_CambioHerramientas_50
MoveL Target_CambioHerramientas_60
MoveJ Target_CambioHerramientas_70
MoveJ Target_CambioHerramientas_80
MoveJ Target_CambioHerramientas_90
MoveJ HomeFresado_10

5.3.5.3 MODIFICIACIÓN DE LA CONFIGURACIÓN DEL ROBOT

En determinadas ocasiones, como ya se ha comentado, alguno de los puntos de la trayectoria no se puede realizar correctamente porque la configuración actual del robot no permite alcanzar dicho punto, o bien, no se pueden realizar los movimientos en los ejes del robot entre esos 2 puntos si la trayectoria es Lineal.

Para ello, se puede modificar la configuración del robot en cada punto y seleccionar la que mejor convenga. La Figura 266 muestra dónde se encuentra el subapartado para modificar las configuraciones de una posición.

Si se marca la casilla “Incluir giros”, aparecen más opciones.

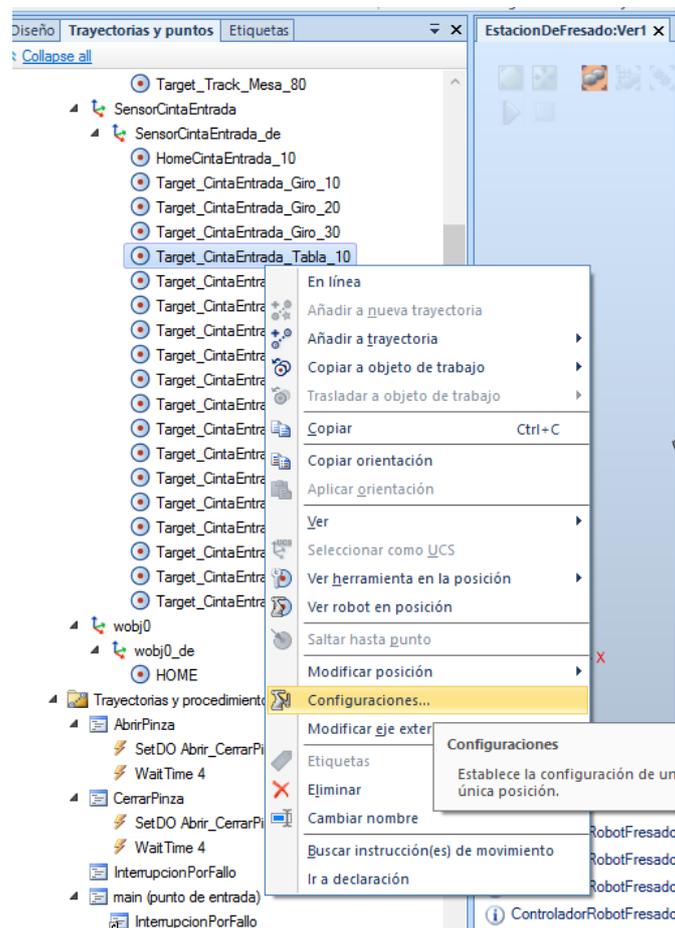


Figura 266: Configuraciones del robot

La Figura 267 muestra las opciones de la configuración disponibles. El símbolo amarillo representa que puede ser que el robot no alcance dicho punto con esa configuración.

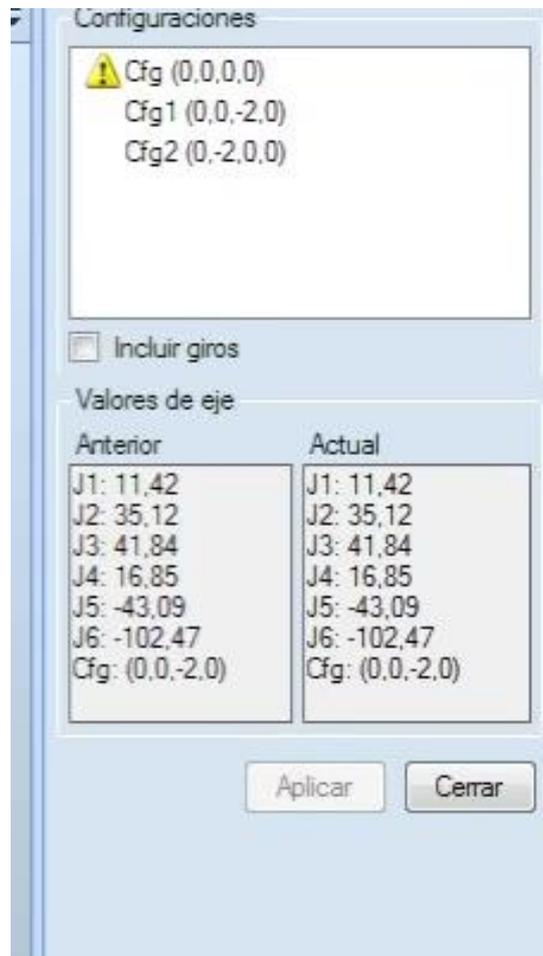


Figura 267: Opciones configuración del robot

La Figura 268 muestra todas las configuraciones, incluyendo los giros.

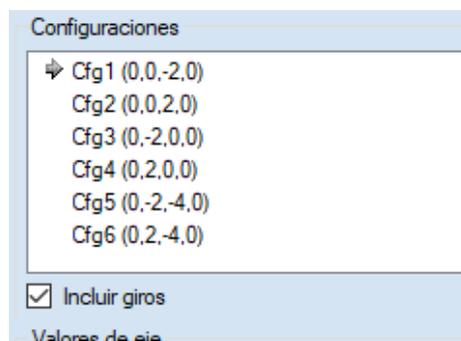


Figura 268: Opciones configuración del robot con giros

5.3.6 CONFIGURACIÓN DE LA ENTRADAS Y SALIDAS DE UN CONTROLADOR

La configuración de señales de entrada y salida digitales es imprescindible para el control de la estación: accionamiento de motores, detección de señales digitales de entrada (setas de emergencia, sensores), indicar acciones del robot (empezar el fresado de la pieza, recoger la pieza de la estación de fresado), etc.

Para organizar estas señales, se van a crear 2 paneles para cada controlador.

El primer panel constará de las señales de arranque y parada del controlador.

El segundo panel constará de las de control de la estación para cada robot.

Para crear un nuevo panel, será imprescindible que esté habilitada la opción de DeviceNet Master/Slave en la configuración del controlador.

Como ya se ha configurado previamente, el siguiente paso será la creación de un nuevo dispositivo (cada uno de los paneles) en la configuración I/O. La Figura 269 muestra el panel de configuración para un nuevo dispositivo.

Existen 2 manera para acceder a este menú:

- 1) En el panel desplegado en la izquierda, configuración, I/O system, DeviceNet Device.
- 2) En el panel superior, configuración, I/O system, DeviceNet Device.

Clic derecho en el espacio en blanco, Nuevo DeviceNet Device.

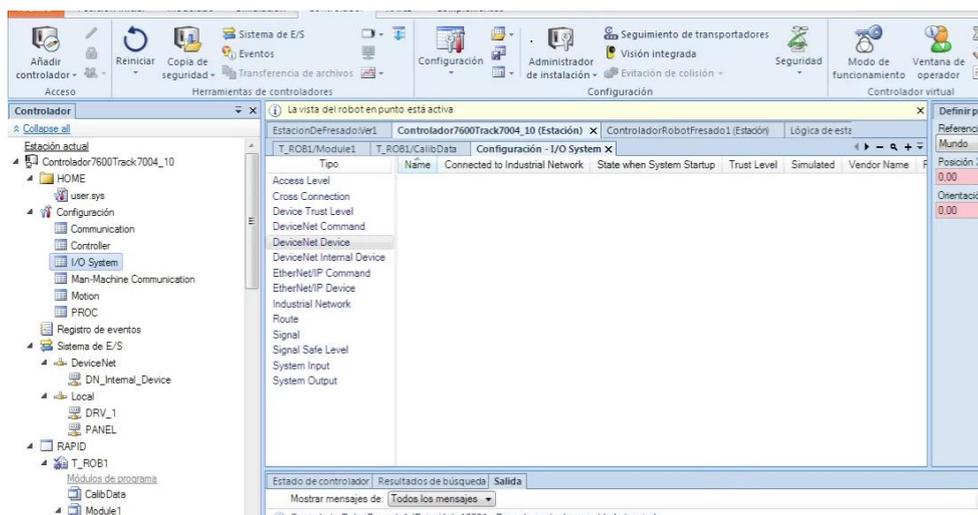


Figura 269: Crear dispositivo

La Figura 270 muestra la ventana desplegada, donde se rellena el espacio de nombre (“Name”) y se modifica el apartado Address, en el caso de configurar varios paneles/dispositivos.

Usar valores de la plantilla: <Predeterminado>

Nombre	Valor	Información
Name		¡El valor predeterminado no es correcto!
Connected to Industrial Network	DeviceNet	
State when System Startup	Activated	
Trust Level	DefaultTrustLevel	
Simulated	<input type="radio"/> Yes <input checked="" type="radio"/> No	
Vendor Name		
Product Name		
Recovery Time (ms)	5000	
Identification Label		
Address	63	
Vendor ID	75	
Product Code	0	
Device Type	0	
Production Inhibit Time (ms)	10	
Connection Type	Polled	
PollRate	1000	
Connection Output Size (bytes)	0	

Figura 270: Configurar dispositivo (1)

El primer panel se configura acorde a como lo muestra la Figura 271.

Usar valores de la plantilla: <Predeterminado>

Nombre	Valor	Información
Name	PanelPrincipa	Cambiado
Connected to Industrial Network	DeviceNet	
State when System Startup	Activated	
Trust Level	DefaultTrustLevel	
Simulated	<input type="radio"/> Yes <input checked="" type="radio"/> No	
Vendor Name		
Product Name		
Recovery Time (ms)	5000	
Identification Label		
Address	63	
Vendor ID	75	

Figura 271: Configurar dispositivo (2)

La Figura 272 indica la configuración del segundo panel.

Usar valores de la plantilla: <Predeterminado>

Nombre	Valor	Información
Name	PanelBotonera	Cambiado
Connected to Industrial Network	DeviceNet	
State when System Startup	Activated	
Trust Level	DefaultTrustLevel	
Simulated	<input type="radio"/> Yes <input checked="" type="radio"/> No	
Vendor Name		
Product Name		
Recovery Time (ms)	5000	
Identification Label		
Address	62	Cambiado
Vendor ID	75	
Product Code	n	

Figura 272: Configurar dispositivo (3)

Para configurar cada señal digital de entrada y salida, dentro del apartado Signal, click derecho, Nueva señal. La Figura 273 muestra la ventana para crear una nueva señal en el apartado indicado.

Category	Signal Name	Type	Module	Description	Address	Bit
EtherNet/IP Command	DRV1BRAKEOK	Digital Input	DRV_1	Brake Voltage OK	15	50
EtherNet/IP Device	DRV1CHAIN1	Digital Output	DRV_1	Chain 1 Interlocking Circuit	0	50
Industrial Network	DRV1CHAIN2	Digital Output	DRV_1	Chain 2 Interlocking Circuit	1	50
Route	DRV1EXTCONT	Digital Input	DRV_1	External customer contactor (X2d) at Contactor Board	4	50
Signal	DRV1FAN1	Digital Input	DRV_1	Drive Unit FAN1(X10:3 to X10:4) at Contactor Board	9	50
Signal Safe Level	DRV1FAN2	Digital Input	DRV_1	Drive Unit FAN2(X11:3 to X11:4) at Contactor Board	10	50
System Input	DRV1K1	Digital Input	DRV_1	Contactor K1 Read Back chain 1	2	50
System Output	DRV1K2	Digital Input	DRV_1	Contactor K2 Read Back chain 2	3	50
	DRV1LIM1	Digital Input	DRV_1	Limit Switch 1 (X2a) at Contactor Board	0	50
	DRV1LIM2	Digital Input	DRV_1	Limit Switch 2 (X2b) at Contactor Board	1	50
	DRV1PANCH1	Digital Input	DRV_1	Pressure Voltage contactor coil 1	5	50
	DRV1PANCH2	Digital Input	DRV_1	Pressure Voltage contactor coil 2	6	50
	DRV1PTCEXT	Digital Input	DRV_1	Motor temperature(X2d:1 to X2d:2)	8	50
	DRV1PTCINT	Digital Input	DRV_1	Motor temperature warning(X5:1 to X5:3) at Contactor Board	7	50
	DRV1SPEED	Digital Input	DRV_1	Signal(X1:7) at Contactor Board	12	50
	DRV1TEST1	Digital Input	DRV_1	Chain 1 glitch test	13	50
	DRV1TEST2	Digital Input	DRV_1	Chain 2 glitch test	14	50
	DRV1TESTE2	Digital Output	DRV_1	Activate ENABLE2 glitch test at Contactor Board	3	50
	DRV1VLD	Digital Input	PANEL	Overload Drive Modules	31	50
	EN1	Digital Input	PANEL	Teachpendant Enable(X10:3)	3	50
	EN2	Digital Input	PANEL	Teachpendant Enable backup(X10:4)	4	50

Figura 273: Configurar señal (1)

Dentro de esta nueva ventana, se han de rellenar los 4 primeros apartado:

En el segundo apartado, se optará por seleccionar Digital Input o Digital Output, en función de cada señal que se necesite configurar.

A continuación se asocia la nueva señal al panel que se quiera añadir.

Finalmente, se indica un indentificador único para cada señal. El valor se puede repetir entre señales de entrada y salida, pero no dentro de una misma categoría, es decir, no se puede identificar 2 señales de entrada con el valor “0” pero si 1 señal de entrada y otra de salida con el valor “0”.

La Figura 274 muestra la ventana para configurar la señal.

Nombre	Valor	Información
Name		¡El valor predeterminado no es correcto!
Type of Signal		¡El valor predeterminado no es correcto!
Assigned to Device		
Signal Identification Label		
Category		
Access Level	Default	

Figura 274: Configurar señal (2)

La Figura 275 muestra las opciones disponibles para configurar el tipo de señal.

Nombre	Valor	Información
Name		¡El valor predeterminado no es correcto!
Type of Signal		¡El valor predeterminado no es correcto!
Assigned to Device	Analog Input	
Signal Identification Label	Analog Output	
Category	Digital Input	
Access Level	Digital Output	
	Group Input	
	Group Output	

Figura 275: Configurar señal (3)

La Figura 276 muestra las opciones indicar en que panel se engloba la nueva señal.

Nombre	Valor	Información
Name		¡El valor predeterminado no es correcto!
Type of Signal		¡El valor predeterminado no es correcto!
Assigned to Device	DN_Internal_Device	
Signal Identification Label	PanelBotonera	
Category	PanelPrincipal	
Access Level		

Figura 276: Configurar señal (4)

La Figura 277 muestra los datos de la primera señal.

Nombre	Valor	Información	
Name	SensorCinta	Cambiado	
Type of Signal	Digital Input ▾	Cambiado	
Assigned to Device	PanelPrincipal ▾	Cambiado	
Signal Identification Label			
Device Mapping	0	Cambiado	
Category			
Access Level	Default ▾		
Default Value	0		
Filter Time Passive (ms)	0		
Filter Time Active (ms)	0		
Invert Physical Value	<input type="radio"/> Yes <input checked="" type="radio"/> No		



Value (Cadena)
Los cambios no entrarán en vigor hasta que reinicie el controlador.
El límite mínimo del parámetro es <no válido>. El número máximo de caracteres es <no válido>.

Figura 277: Configurar señal (5)

5.3.6.1 CONTROLADOR PRINCIPAL

El controlador principal consta de 2 paneles y las señales se muestran en la tabla inferior (Tabla 20).

Tabla 20: Tabla señales controlador principal: 7600

NOMBRE	TIPO SEÑAL	PANEL	ID
ArranqueRobot	Digital Input	PanelBotonera	0
ParadaEmergencia	Digital Input	PanelBotonera	1
ParadaNormal	Digital Input	PanelBotonera	2
CortinaSeguridadExterior	Digital Input	PanelBotonera	3
AlfombraSeguridadExterior	Digital Input	PanelBotonera	4
VarDetectada	Digital Output	PanelPrincipal	0
Abrir_CerrarPinza	Digital Output	PanelPrincipal	1
PosicionHOME	Digital Output	PanelPrincipal	2
PosicionadoMesa1	Digital Output	PanelPrincipal	3
RecogerVariable	Digital Output	PanelPrincipal	4
ObjetoEnPinza	Digital Output	PanelPrincipal	5
ResetMotorCinta	Digital Output	PanelPrincipal	6
ObjetoRecogidoMesa1	Digital Output	PanelPrincipal	7
ActivarMotorCinta2	Digital Output	PanelPrincipal	8
SensorCinta	Digital Input	PanelPrincipal	0
PinzaAbierta_Cerrada	Digital Input	PanelPrincipal	1
VariableEnviada	Digital Input	PanelPrincipal	2
PiezaENMesa	Digital Input	PanelPrincipal	3
LiberarMesa1	Digital Input	PanelPrincipal	4
EstadoRobot1	Digital Input	PanelPrincipal	5
PiezaSoltadaCinta2	Digital Input	PanelPrincipal	6

5.3.6.2 CONTROLADOR DE FRESADO

Para el segundo controlador, cuyo robot se encarga de fresar cada pieza, las señales son las mostradas en la siguiente tabla (Tabla 21):

Tabla 21: Tabla señales controlador de fresado

NOMBRE	TIPO SEÑAL	PANEL	ID
ArranqueRobot	Digital Input	PanelBotonera	0
ParadaEmergencia	Digital Input	PanelBotonera	1
ParadaNormal	Digital Input	PanelBotonera	2
CortinaSeguridadExterior	Digital Input	PanelBotonera	3
AlfombraSeguridadExterior	Digital Input	PanelBotonera	4
RobotMesa1Funcionamiento	Digital Output	PanelBotonera	0
ObjetoRecogido	Digital Input	MesaFresado	0
ObjetoEnMesa1	Digital Input	MesaFresado	1
liberarMesa1	Digital Output	MesaFresado	0
Activar1	Digital Output	MesaFresado	1
ActivarMilano	Digital Output	MesaFresado	2
SujetarPieza	Digital Output	MesaFresado	3
MesaLibreOcupada	Digital Output	MesaFresado	4

5.3.7 CONFIGURACIÓN DE UN “SMART OBJECT”

La Figura 278 muestra las propiedades del objeto “linear mover”.

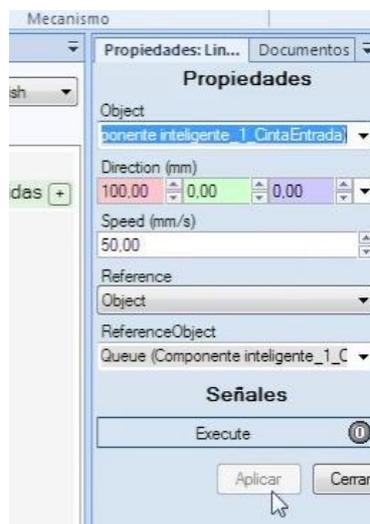


Figura 278: Propiedades linear mover

La Figura 279 muestra la ventana de una puerta lógica, con el operador lógico NOT:

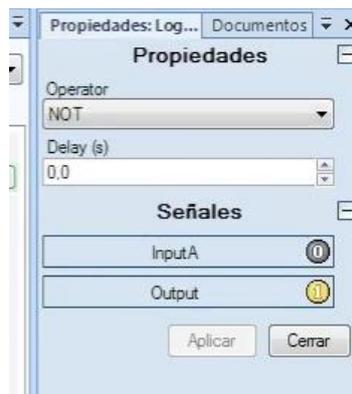


Figura 279: Puertas lógica NOT

La Figura 280 muestra los datos para configurar un sensor.



Figura 280: Configurar sensor

La Figura 281 muestra las propiedades del objeto “source”:

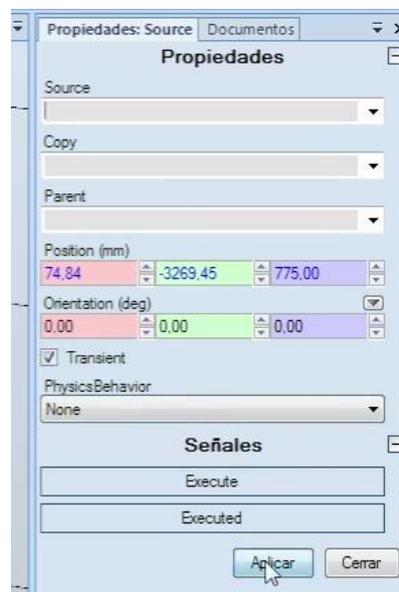


Figura 281:Source/Fuente- crear objeto que simule el mismo

La Figura 282 muestra como configurar el objeto de agarre.

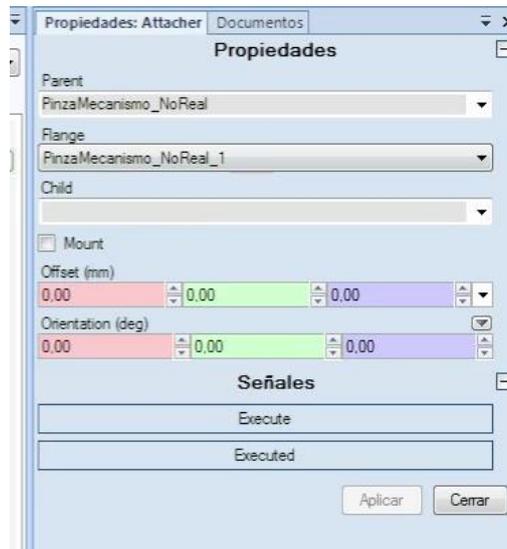


Figura 282: Configurar la acción de agarre a la pinza

La Figura 283 muestra las señales de entrada y salida del componente inteligente de la cinta de entrada.

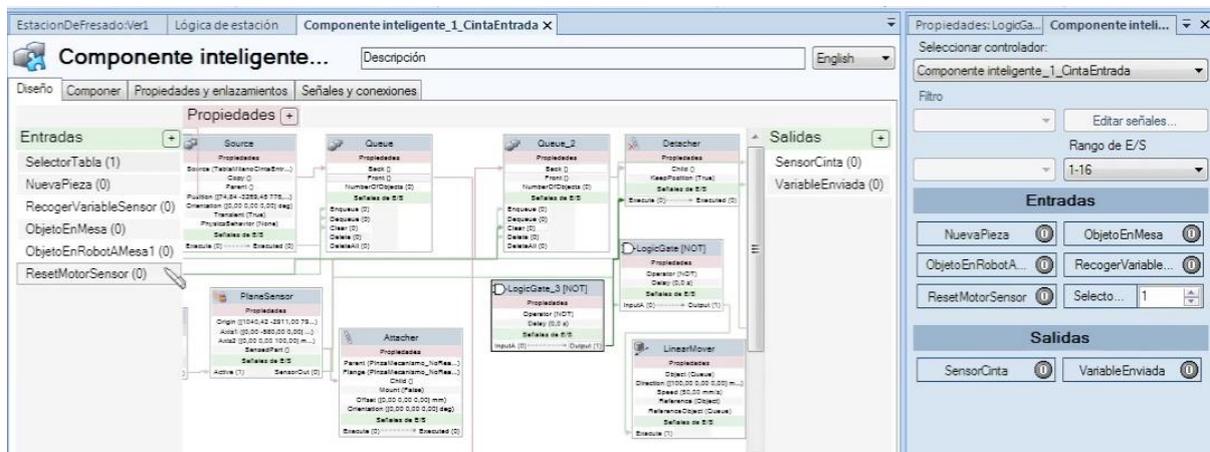


Figura 283: Configurar señales de entrada y salida de un componente inteligente

La Figura 284 muestra como configurar una tabla para poder generar varias piezas si se desea.

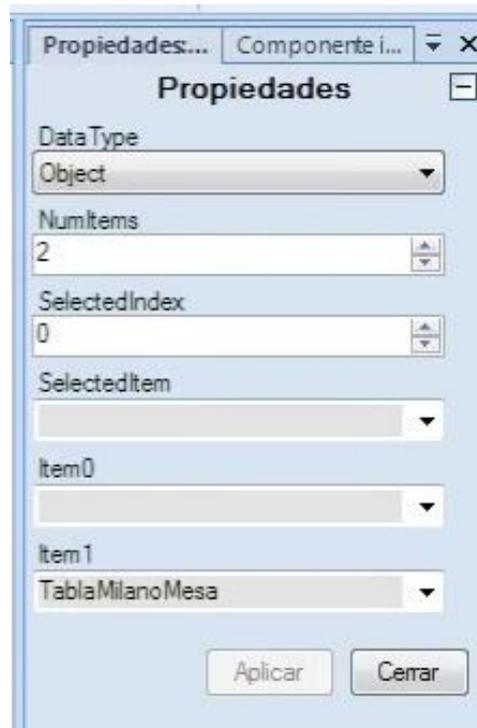


Figura 284: Configurar tabla para generar piezas

5.3.8 LÓGICA DE LA ESTACIÓN

5.3.8.1 INTERCONEXIÓN DE CONTROLADORES

La conexión entre controladores se puede realizar de 2 maneras: con la interfaz gráfica arrastrando una salida y conectando la flecha de E/S con la entrada deseada, o bien, mediante la pestaña de propiedades y entrelazamiento.

La Figura 285 muestra la lógica de la estación, mostrando los 2 controladores y los 3 componentes inteligentes.

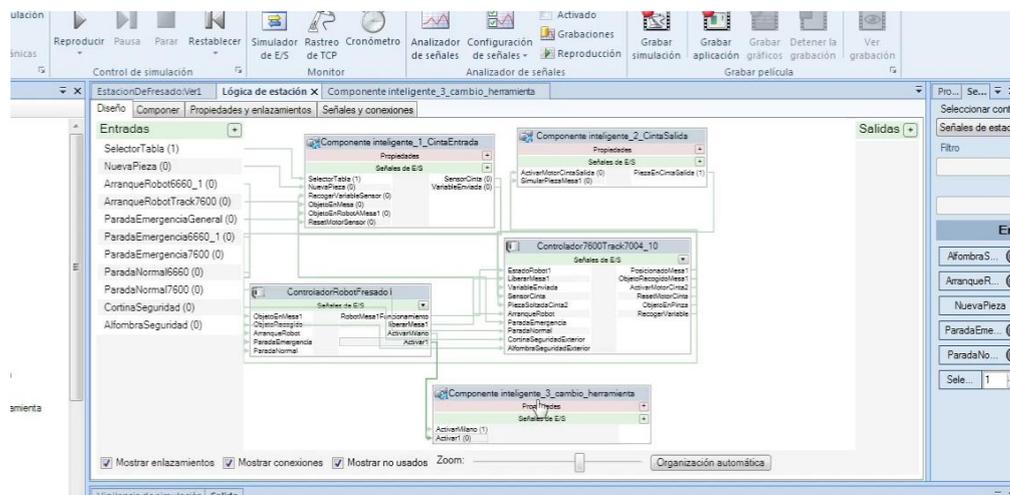


Figura 285: Lógica de la estación

Figura 286 muestra la lógica de la cinta de entrada.

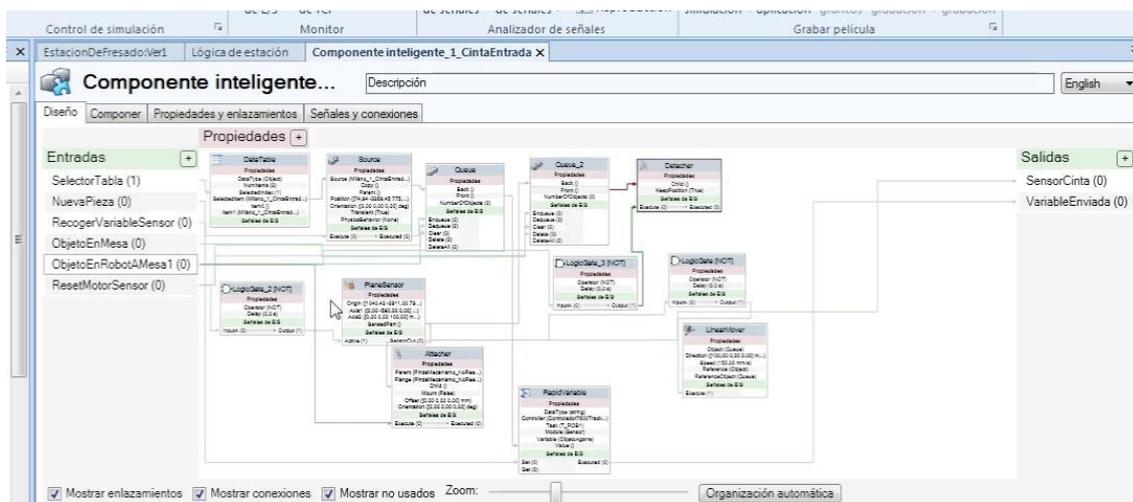


Figura 286: Cinta de entrada

La Figura 287 muestra la lógica para cambio de herramientas

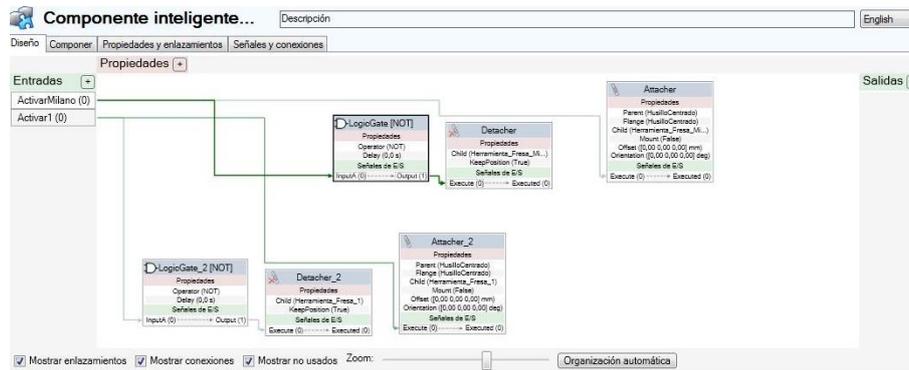


Figura 287: Componentes del cambio de herramientas

La Figura 288 muestra la lógica de la cinta de salida

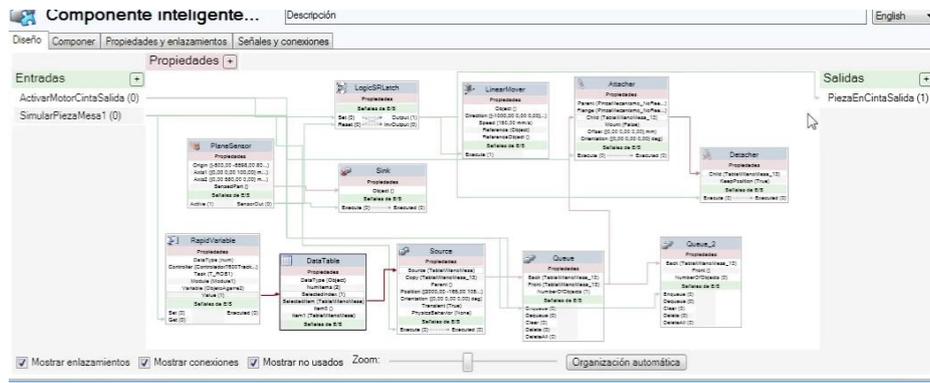


Figura 288: Componentes de la cinta de salida

5.3.8.2 SIMULACIÓN DE EVENTOS PARA MECANISMOS

Eventos de la pinza

Para poder accionar un mecanismo acorde a una señal digital, es necesario crear un evento para cada estado de la señal digital.

Se abre la ventana en el menú configurar. La Figura 289 muestra la ventana de eventos. El menú configurar se muestra en la esquina superior izquierda.

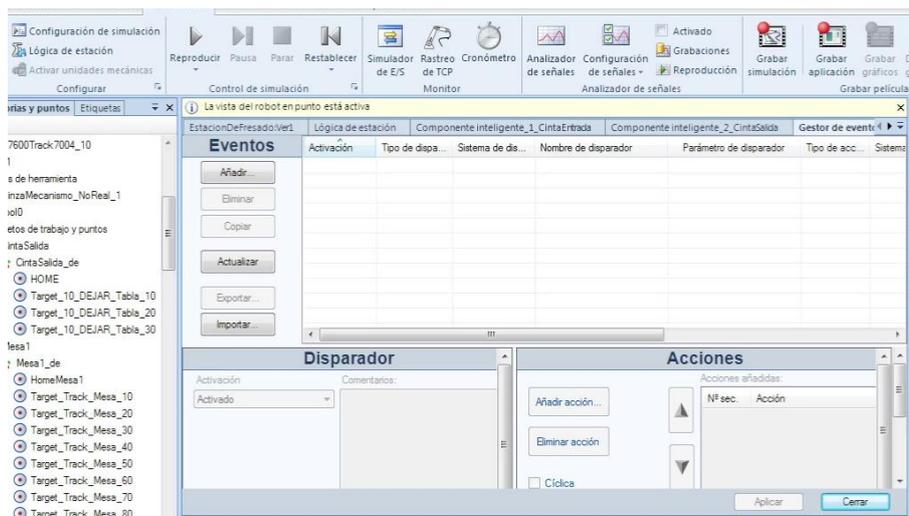


Figura 289: Ventana simulación de eventos

La Figura 290 muestra la primera ventana crear un evento con el botón añadir.

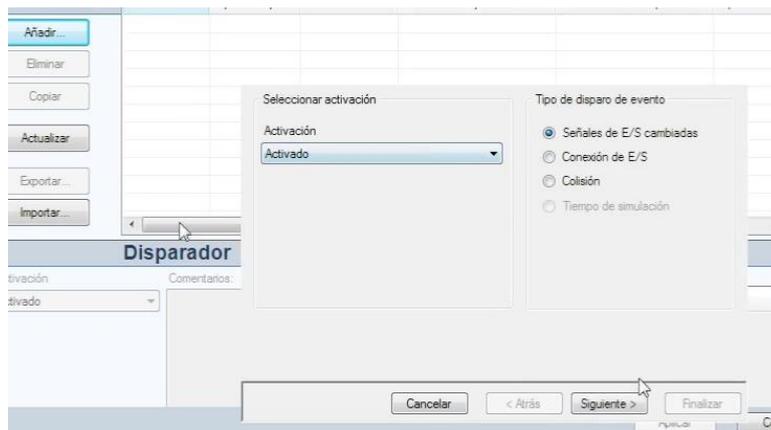


Figura 290: Crear un evento para cada estado de la señal

La Figura 291 muestra la señal utilizada del controlador, seleccionado en el desplegable del botón de la derecha. A la derecha, también, se selecciona el estado a configurar en primer lugar: 0 o 1.

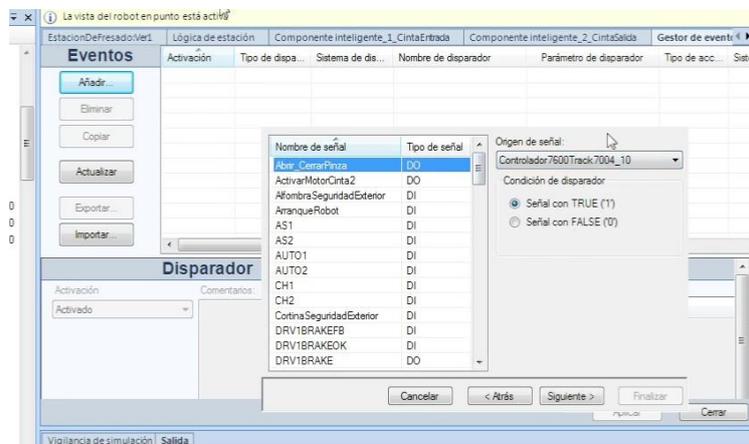


Figura 291: Seleccionar controlador y señal

La Figura 292 muestra la ventana para seleccionar el evento asociado a la señal del controlador. En este caso: “Mover mecanismo hasta pose”.

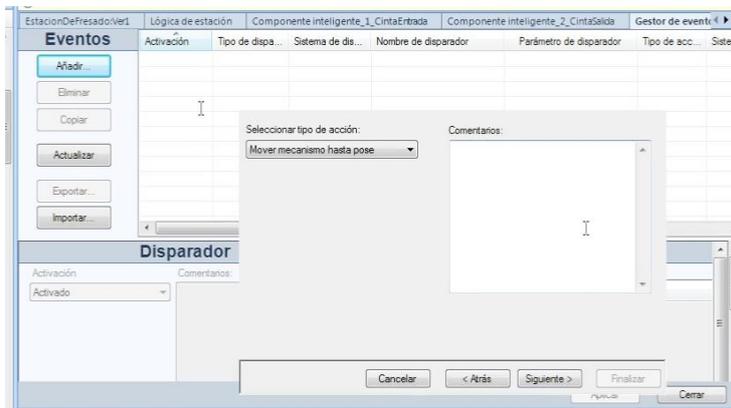


Figura 292: Seleccionar la opción de mover mecanismo hasta pose

La Figura 293 muestra las opciones que se muestran en la siguiente ventana.

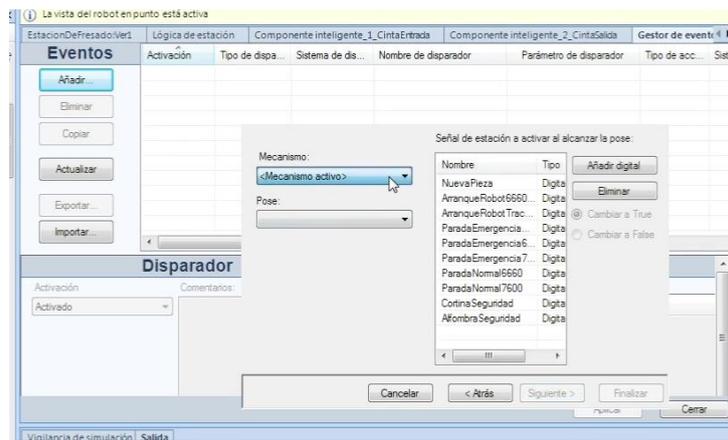


Figura 293: Ventana seleccionar mecanismo y pose

La Figura 294 muestra que mecanismo y pose se han escogido para la señal y estado, previamente, seleccionado.

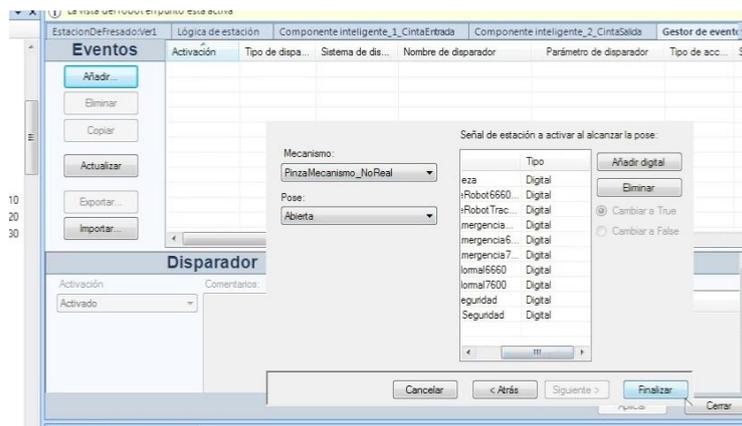


Figura 294: Se selecciona mecanismo y pose

Estado 0 → pinza abierta

Estado 1 → pinza cerrada

Se repite el mismo proceso para simular las señales que accionarían el mecanismo, en este caso se ha usado el mismo modelo de la pinza del robot, que inmovilizarían la pieza en la mesa de fresado.

Los estados serán los mismos, pero para la señal SujetarPieza, como se indica en la Figura 295.

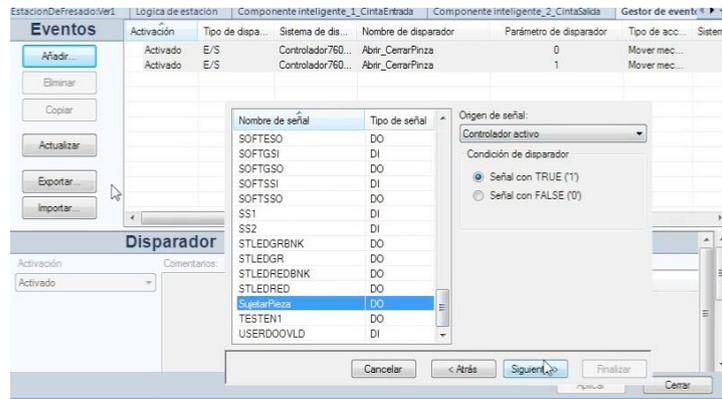


Figura 295: Seleccionar señal digital mesa

5.3.9 CONFIGURACIÓN DE LOS MÓDULOS DE LOS CONTROLADORES Y CÓDIGO

Prácticamente ya se ha explicado todo lo necesario para simular una estación en RobotStudio, pero sin un programa que haga uso de las trayectorias y de las señales digitales, sería como un coche sin conductor.

Bajo esta premisa, se han de disponer unas condiciones de uso del programa:

- 1) El robot sólo empezará a recoger una pieza de la cinta de entrada si ambos robots han sido arrancados
- 2) Si alguno de los 2 robots se para, la estación ha de ser reiniciada, ya que no se ha configurado ninguna variable persistente para guardar los diferentes estados.

Se ha configurado un paro normal y uno de emergencia.

- 3) El pasillo exterior estaría configurado con alfombras y cortinas de seguridad que hacen disminuir la velocidad de los robots, por si existiese un fallo y golpeasen la valla, que sea a menor velocidad y sea menos peligroso para los trabajadores.
- 4) Uso del FlexPendant como consola de salida para dar información del proceso de fresado.
- 5) Configuración de textos de error en el FlexPendant para indicar dónde se ha producido el fallo.

Cada controlador está compuesto por varios módulos: 2 del sistema y 2 del programa.

Los 2 del sistema no se van a modificar.

De los otros 2 restantes, el módulo CalibData almacena los objetos de trabajo y la herramienta de la muñeca del robot; y el módulo Module1 almacena las posiciones del robot, las trayectorias, el programa principal/main y el resto de procedimientos, variables, interrupciones que el usuario configure.

Éste último es el que se usará para determinar cómo funciona el programa, hacer uso de la lógica de la estación y de las señales configuradas previamente.

En la Figura 296 se muestran los módulos de un controlador.

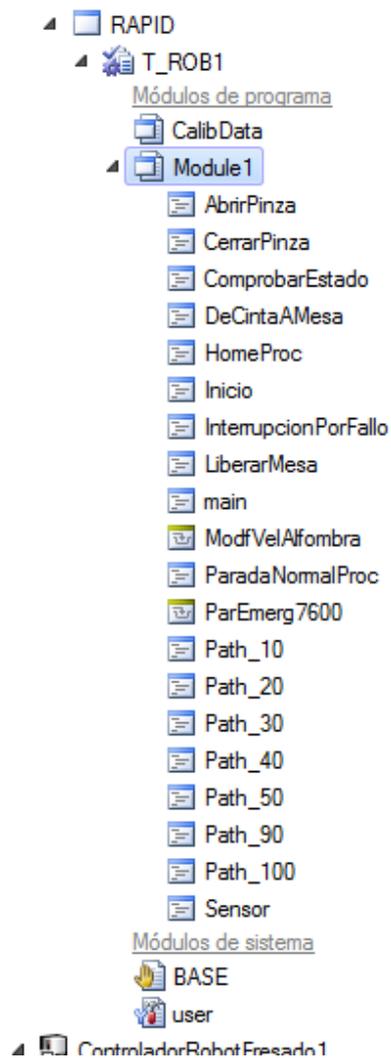


Figura 296: Ventana módulos de un controlador

5.3.9.1 PROCEDIMIENTOS

Un procedimiento en RobotStudio sirve para crear subdivisiones del programa que facilitan organizar el mismo.

Por ejemplo:

- 1) Para agrupar una serie de instrucciones que se necesiten ejecutar en ese orden varias veces
- 2) Organizar el programa para editar más cómodamente. Es decir, al configurar la serie de instrucciones que se han de ejecutar cuando el robot está fresando, cuando el robot necesita recoger una pieza de la mesa y dejarla en la mesa de salida, recoger una pieza de la cinta de entrada... Además, esta división crea un enlace en la columna de la izquierda que permite acceder a la línea del programa donde empieza el procedimiento de forma rápida.

Un procedimiento se inicializa con la palabra clave PROC, seguido del nombre deseado (siempre y cuando no interfiera con ninguno de RobotStudio) , seguido de las variables de entrada y salida deseadas y finaliza con ENDPROC en otra línea, como se ve en la Figura 297. Entre ambas líneas de código irán el resto de instrucciones que compongan el procedimiento.

```
-----  
PROC Inicio(inout string EstadoRobot,inout string ObjetoAgarre)  
ENDPROC
```

Figura 297: Apartados de un procedimiento

El apartado de variables puede estar vacío, pero los paréntesis han de seguir estando.

Cada variable de entrada/salida consta de 3 pasos:

- 1) Declaración: entrada/salida (INOUT), VAR, PERS, etc...
- 2) Tipo de la variable: si es numérica, cadena de caracteres, etc...
- 3) Nombre de la variable

5.3.9.2 INICIALIZAR VARIABLES

La previa declaración de variables en RAPID es obligatoria para poder hacer uso de éstas como contraposición de la declaración automática de variables que hace MATLAB.

La declaración de las variables puede ser global o local.

La declaración de las variables globales se realiza al inicio del módulo (previo al procedimiento Main) y permiten acceder y modificar esta variable desde cualquier procedimiento.

Sin embargo, la declaración local se realiza dentro de un procedimiento y no se puede acceder a la información de esta variable desde otros procedimientos con el nombre. La única forma de acceder a la información de esta variable es que se haya configurado en la lista de variables de entrada/salida de un procedimiento y almacenar esa información en una variable global o local en el procedimiento donde se quiera visualizar dicha información.

Vistas las ventajas de declarar las variables en local y global, se ha optado por declarar todas las variables globales, aunque se han mencionado las variables de entrada/salida en cada llamada a un procedimiento, aun no haciendo falta al ser variables globales [155].

5.3.9.3 INTERRUPCIONES

Las interrupciones permiten la ejecución de instrucciones ante eventos aleatorios: paro de emergencia, intrusión de un empleado en una zona de trabajo (cortinas y alfombras de seguridad), etc...[156].

Para crear una interrupción se necesitan de 3 pasos:

- 1) Declaración de la variable de interrupción

```
VAR intnum int_ParaEmer7600
```

- 2) Uso de la función CONNECT para asociar la variable a la función TRAP y a la señal digital de entrada. Este apartado se ha de incorporar dentro del Main

```
CONNECT int_ParaEmer7600 WITH ParEmerg7600;  
ISignalDI ParadaEmergencia,1,int_ParaEmer7600;
```

- 3) Función TRAP, localizada dentro del módulo al mismo nivel que un procedimiento. A continuación, se muestran 2 ejemplos distintos.

El primero, una parada de emergencia que se asegura que el pulsador con enclavamiento sigue dando la señal 1, escribe en el FlexPendant que hay una parada de emergencia y finaliza el programa.

```
trap ParEmerg7600
```

```
!Interrupción de la seta de emergencia  
WaitDI ParadaEmergencia,1;  
TPWrite “Parada de emergencia.”+”Robot7600_1”;  
  
EXIT;  
ENDTRAP
```

El segundo, una interrupción para disminuir o aumentar la velocidad del robot. Como se observa, cuando la cortina de seguridad detecta movimiento, inicia una interrupción y comprueba si alguien está pisando la alfombra de seguridad. Si es afirmativa, disminuye la velocidad. Por el contrario, al no haber nadie posado encima, vuelve a la velocidad normal.

```
trap ModfVelAlfombra
```

```
!interrupción de la alfombra y cortina de seguridad  
WaitTime 1;  
  
!Modifico las velocidades del robot si alguien se encuentra cerca para disminuir el peligro  
IF AlfombraSeguridadExterior=1 THEN  
VelocidadMovRobot:=v500;  
TPWrite “Velocidad reducida a v500”;  
ELSE  
  
VelocidadMovRobot:=v1000;  
TPWrite “Velocidad restablecida a v1000”;  
  
ENDIF  
ENDTRAP
```

5.3.9.4 FLEXPENDANT

El FlexPendant es una herramienta externa que permite, entre otras funciones, modificar algunos parámetros del robot y del programa, visualizar texto mostrado mediante la función TPWrite, muy útil para mostrar información relevante, etc.

5.3.9.5 CÓDIGO

Controlador 7600

MODULE Module1

```
CONST robtarget HomeCintaEntrada_10:=[[330.5,-  
3971.759,1447],[0.353553391,0.612372436,0.612372436,-  
0.353553391],[0,0,0,0],[2400,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];  
CONST robtarget Target_CintaEntrada_Tabla_10:=[[587.833,2053.121,228.833],[0.002205764,-  
0.046129532,0.997796742,0.047632587],[0,0,0,0],[2200,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];  
CONST robtarget Target_CintaEntrada_Tabla_20:=[[270.55,2001.16,305],[0,-  
0.707106781,0.707106781,0],[0,0,0,0],[2200,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];  
CONST robtarget Target_CintaEntrada_Tabla_30:=[[587.833,2053.121,228.833],[0.033716097,-  
0.706302502,-0.706302502,-0.033716097],[0,0,0,0],[2200,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];  
CONST robtarget Target_CintaEntrada_Tabla_40:=[[587.833,2017.459,227.128],[0.000055536,-  
0.707106779,-0.707106779,-0.000055536],[0,0,0,0],[2200,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];  
CONST robtarget Target_CintaEntrada_Tabla_50:=[[292.417,2006.048,102.245],[0.004126309,0.779399898,-  
0.626504376,0.003322631],[0,0,0,0],[2200,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];  
CONST robtarget Target_CintaEntrada_Tabla_60:=[[270.352,2011.767,549.196],[0.054433376,-  
0.704929044,0.704925383,0.056500049],[-2,0,0,0],[2200,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];  
CONST robtarget Target_CintaEntrada_Tabla_70:=[[270.55,2001.16,105],[0,-  
0.707106781,0.707106781,0],[-2,0,0,0],[2200,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];  
CONST robtarget Target_CintaEntrada_Tabla_80:=[[270.55,2001.16,105],[0,-  
0.707106781,0.707106781,0],[-2,0,0,0],[2200,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];  
CONST robtarget Target_CintaEntrada_Tabla_90:=[[270.55,2001.16,721.332],[0,-  
0.707106781,0.707106781,0],[-2,0,0,0],[2200,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];  
CONST robtarget Target_CintaEntrada_Tabla_100:=[[-695.44,2001.16,721.332],[0,-  
0.707106781,0.707106781,0],[-2,0,0,0],[2200,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];  
CONST robtarget Target_CintaEntrada_Tabla_110:=[[-727.53,-130.321,721.332],[0,-  
0.707106781,0.707106781,0],[0,0,0,0],[2200,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];  
CONST robtarget Target_CintaEntrada_Tabla_120:=[[-1510.649,-187.599,721.332],[0,-  
0.707106781,0.707106781,0],[0,0,0,0],[2200,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];  
CONST robtarget Target_CintaEntrada_Tabla_130:=[[-1510.649,-4056.435,721.333],[0,-  
0.707106781,0.707106781,0],[0,0,0,0],[2200,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];  
CONST robtarget Target_CintaEntrada_Tabla_140:=[[458.306,-4599.984,721.333],[0,0.887827433,-  
0.460176542,0],[0,0,0,0],[2200,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];  
CONST robtarget Target_CintaEntrada_Tabla_150:=[[3258.306,-4599.984,721.333],[0,0.887827433,-  
0.460176542,0],[0,0,0,0],[2200,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
```

```

CONST      robtarget      HomeMesa1:=[[6099.984,718.306,441.333],[0.078265545,-0.920703837,-
0.292090991,-0.24670185],[0,0,0,0],[5300,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
CONST      robtarget      Target_Track_Mesa_10:=[[5544.345,746.655,888.798],[0.009237589,-
0.952853756,-0.302284558,0.024666441],[0,0,0,0],[5300,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
CONST      robtarget      Target_Track_Mesa_20:=[[1466.675,-1636.556,888.798],[0.025695588,-
0.774969713,0.631449267,0.005788188],[-2,0,1,0],[5300,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
CONST      robtarget      Target_Track_Mesa_30:=[[1730.146,-1107.437,744.758],[0.000954881,-
0.776868961,0.623888843,0.085067131],[0,0,0,0],[5300,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
CONST      robtarget      Target_Track_Mesa_40:=[[500,835,100],[0,0,1,0],[-2,0,-
2,0],[5300,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
CONST      robtarget      Target_Track_Mesa_50:=[[1781.867,-1003.567,70.233],[0.08299046,-
0.772424028,0.629383661,0.018705934],[0,0,0,0],[5300,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
CONST      robtarget      Target_Track_Mesa_60:=[[1588.43,-98.129,194.829],[0.08299046,-
0.772424028,0.629383661,0.018705934],[0,0,0,0],[5300,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
CONST      robtarget      Target_Track_Mesa_70:=[[882.408,-238.344,150],[0.08299046,-
0.772424028,0.629383661,0.018705934],[-2,-1,1,0],[5300,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
CONST      robtarget      Target_Track_Mesa_80:=[[500,835,250],[0,0,1,0],[-2,0,-
2,0],[5300,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
CONST      robtarget      HOME:=[[3971.759526419,-
369.5,1447],[0.5,0,0.866025404,0],[0,0,0,0],[0,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
CONST      robtarget      Target_10_DEJAR_Tabla_10:=[[-949.844,-260,1447],[0,-
0.707106781,0.707106781,0],[0,0,0,0],[0,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
CONST      robtarget      Target_10_DEJAR_Tabla_20:=[[-949.844,-260,5],[0,-
0.707106781,0.707106781,0],[0,0,0,0],[0,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
CONST      robtarget      Target_10_DEJAR_Tabla_30:=[[-949.844,-260,405],[0,-
0.707106781,0.707106781,0],[0,0,0,0],[0,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

```

```

!*****
!
! Módulo: Module1
!
! Descripción:
! Fresado. Movimiento del 7600 en "Track". Programa principal.
! Conecta IRB 6660 con cintas de transporte
!
! Autor: Emilio
!
! Versión: 1.0
!
!*****

```

```

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

!*****
!DECLARACIÓN DE VARIABLES

!VARIABLES DE INTERRUPCION
VAR intnum int_ParaEmer7600;
VAR intnum int_ParadoAlfombra;

!VARIABLE DE VELOCIDAD DE MOVIMIENTOS ROBOT
VAR speeddata VelocidadMovRobot:=v1000;

!VARIABLES DEL PROGRAMA

VAR string ObjetoAgarre;!Variable tipo cadena de caracteres. Indica el objeto activo a recoger en la Cinta de
entrada
Var num ObjetoAgarre2;!Variable tipo numérica. Variable auxiliar para simular objeto en la Estación de fresado
(Mesa).

VAR string ObjetoAgarrePart;!Variable tipo cadena de caracteres. Variable auxiliar de ObjetoAgarre.
!Sirve para hacer uso de los datos de SmartObject (sensor) y permitir simular varios elementos idénticos en una
misma sesión.

VAR string EstadoRobot;!Variable tipo cadena de caracteres. Almacenas una variable con el estado del robot en
distintos puntos del programa.
!En ciertos casos, se usa en un procedimiento para realizar distintas acciones dentro de un procedimiento ordenado
y no
! en múltiples (ya que se entendería menos).

VAR num matrizMesas{2};!Variable tipo numérica y matricial. Vector para almacenar el estado de las estaciones

VAR num numeroMesasDisponibles:=0;!Variable tipo numérica. !Permite conocer la disponibilidad de
Estaciones para mantener en reposo
! el robot o realizar alguna acción determinada

VAR num contador;
CONST          robtarget          Target_CintaEntrada_Giro_10:=[[587.833,-
3971.759,1447],[0.353553391,0.612372436,0.612372436,-0.353553391],[0,-
1,0,0],[2200,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
CONST          robtarget          Target_CintaEntrada_Giro_20:=[[ -2157.622819851,-
1309.587017237,1446.999960003],[0.007700916,0.86592268,0.013338467,-0.499940689],[-1,-
1,0,0],[2200.000047684,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
CONST          robtarget          Target_CintaEntrada_Giro_30:=[[270.352,1521.759,1447],[0.353553391,-
0.612372436,0.612372436,0.353553391],[-2,-
1,0,0],[2200.000047684,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
CONST          robtarget          HOME_0:=[[3971.759526419,-
369.5,1447],[0.5,0,0.866025404,0],[0,0,0,0],[0,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
!Variable tipo numérica. Variable auxiliar.

```

!*****

PROC main()

!Inicio del programa

TPWrite “Inicializando programa”;

!Inicialización de la variable matrizMesas

FOR fila FROM 1 TO 2 DO!inicio matrizMesas
matrizMesas{fila}:=2;!inicio variable como no disponibles
ENDFOR

!DEFINIR INTERRUPCIONES*****

TPWrite “Definiendo interrupciones”;

!Interrupción por seta de EMERGENCIA.

!Importante que esté siempre activa.

CONNECT int_ParaEmer7600 WITH ParEmerg7600;

ISignalDI ParadaEmergencia,1,int_ParaEmer7600;

!Interrupción por las alfombra y las cortinas de seguridad.

!Importante que esté siempre activa.

CONNECT int_ParadoAlfombra WITH ModfVelAlfombra;

ISignalDI CortinaSeguridadExterior,1,int_ParadoAlfombra;

!*****

TPWrite “Esperando arranque robot 7600 o accionamiento de paro”;

!Esperar a que el RobotArranque o se de la orden de parada normal. La E.D. ParadaNormal...

!...podría estar habilitada por error. Comprobar si el programa termina de forma abrupta al arrancar

WaitUntil (ArranqueRobot=1) OR (ParadaNormal=1);

IF ParadaNormal=0 AND ArranqueRobot=1 THEN

Inicio EstadoRobot, ObjetoAgarre; !reinicio de variables y pos inicial programa

ELSEIF paradaNormal=1 THEN

!Termino el programa yendo al procedimiento de parada normal

GOTO FinParadaNormal;

ELSE

!Fallo con ArranqueRobot y ParadaNormal

TPWrite “Fallo en main. Problema con las E.D.”;

InterrupcionPorFallo;

ENDIF

WHILE ParadaNormal=0 DO

!Bucle del programa mientras éste esté activo.

HomeProc EstadoRobot, ObjetoAgarre, ObjetoAgarrePart, contador, matrizMesas,
numeroMesasDisponibles, ObjetoAgarre2; !procedimiento home (punto de retorno)

ENDWHILE

FinParadaNormal:

!Procedimiento de parada normal mediante la acción de la E.Digital: “ParadaNormal”

ParadaNormalProc;

ENDPROC

PROC Inicio(inout string EstadoRobot,inout string ObjetoAgarre)

TPWrite “Reiniciando salidas digitales (SD---DO)”;

EstadoRobot:=”Reiniciando”;!No se ha usado este dato pero ayuda con el entendimiento del
procemiento

!al leer el programa

!inicializar variable ObjetoAgarre

ObjetoAgarre:=”ninguno0”;!No debería usarse, pero si existe algún problema durante la ejecución,

!puede servir para identificar dónde se halla el problema

!Inicialización de las variables

!El programa sólo funciona correctamente si los estados iniciales del RobotPrincipal

!y estaciones de fresado se encuentran en el estado inicial

!ya que no se han creado variables persistentes ni formas de guardar todos los estados posibles

!Puede usarse tanto Reset con Setdo,.....,0 para desactivar S.Digital

!Puede usarse tanto Set con Setdo,.....,1 para activar S.Digital

Reset VarDetectada;!Salida auxiliar durante el proceso de desarrollo para encontrar fallos

Reset PosicionHOME;!Salida auxiliar durante el proceso de desarrollo para encontrar fallos
Reset RecogerVariable;!S.Digital (DO) para obtener el dato de ObjetoAgarre.
Reset PosicionadoMesa1; !S.Digital (DO) para permitir
Reset ObjetoEnPinza; !S.Digital (DO) que indica que existe un objeto en la pinza entre la cinta de

!entrada y la estación de fresado

!resetmotorcinta1

Reset ObjetoRecogidoMesa1;

!Reseteo del motor de la cinta de entrada

SetDO ResetMotorCinta,1;!activo

Reset ResetMotorCinta;!reseteo

!Inicializo la pinza abierta

AbrirPinza;

WaitTime 2;

ENDPROC

PROC HomeProc(inout string EstadoRobot,inout string ObjetoAgarre,inout string ObjetoAgarrePart,
INOUT num contador, inout num matrizMesas{*},INOUT num numeroMesasDisponibles,inout num
ObjetoAgarre2)

!Procedimiento principal del programa

!Establezco la posición de descanso e inicial del robot.

! ¡Cuidado, SÓLO sirve para la simulación!

!Para llevarlo a cabo en la realidad, sería necesario conocer la posición actual y revertir

!los movimientos necesarios para poder usar con seguridad la instrucción moveJ

TPWrite “Volviendo a pos home”;

MoveJDO

HomeCintaEntrada_10, VelocidadMovRobot,z100,PinzaMecanismo_NoReal_1\WObj:=SensorCintaE
ntrada,PosicionHOME,1;

TPWrite ObjetoAgarre;

contador:=0;

!Establezco el valor inicial de contador para poder acceder a los procedimientos

!Podría haberse inicializado al inicio del programa, pero al ser necesario su uso en este punto,

!no está demás estableces un valor que no interfiera negativamente.

!Compruebo la DISPONIBILIDAD de mesas/ESTACIONES haciendo una llamada al procedimiento ComprobarEstado,

!con el dato de EstadoRobot desado, ya que los datos obtenidos la primera vez son cruciales
!para la segunda llamada

EstadoRobot:="DisponibilidadMesa";

ComprobarEstado EstadoRobot, matrizMesas, contador, numeroMesasDisponibles;

EstadoRobot:="HOME";

ComprobarEstado EstadoRobot, matrizMesas, contador, numeroMesasDisponibles;

!Si no se ha obtenido un dato satisfactorio, se seguirán ejecutando ambos procedimientos hasta obtener un dato válido

TPWrite "Esperando a que esté disponible una estacion...";

WHILE numeroMesasDisponibles=0 DO

EstadoRobot:="DisponibilidadMesa";

ComprobarEstado EstadoRobot, matrizMesas, contador, numeroMesasDisponibles;

EstadoRobot:="HOME";

ComprobarEstado EstadoRobot, matrizMesas, contador, numeroMesasDisponibles;

WaitTime 2;!Esperar 2 segundos antes de volver a ejecutar el bucle

ENDWHILE

!Resultado favorable: Estación libre y Entrada Digital para liberar alguna ocupada

!Una vez se ha obtenido un resultado satisfactorio , se ha de cumplir una de las siguientes 2

! condiciones para continuar:

! 1.-El sensor de la cinta de entrada está activo

! 2.-Se ha dado la orden de liberar una estación

TPWrite "Esperando sensor cinta entrada o liberar una estacion de trabajo";

WaitUntil (LiberarMesa1=1) OR (SensorCinta=1);

TPWrite "Estado de la estacion 1" + NumToStr (matrizMesas{ 1 },1);!Elemento de control que permite conocer el estado de la

!estación de trabajo 1, la que funciona actualmente. El valor puede ser 0, 1 o 2.

!Inicia el movimiento en función de la tarea a realizar

TPWrite "Iniciando trayecto...";

!Compruebo los estados de las mesas y el procedimiento a seguir en función de los valores
!de matrizMesas y la ED: "LiberarMesa1"

contador:=0;

FOR fila FROM 1 TO 2 DO

contador:=contador+1;

IF matrizMesas{fila}=0 THEN

!Indica que la mesa 1 está libre y procede a llevar el elemento de la cinta de entrada a la mesa

TPWrite "Mesa"+ NumToStr(contador,1)+ "libre";!Elemento de control

!Accedo al procedimiento Sensor

Sensor ObjetoAgarre , ObjetoAgarrePart, matrizMesas, EstadoRobot,contador,
numeroMesasDisponibles,ObjetoAgarre2;

!Vuelvo al procedimiento Home al modo de espera

HomeProc EstadoRobot, ObjetoAgarre, ObjetoAgarrePart, contador, matrizMesas,
numeroMesasDisponibles,ObjetoAgarre2;

ELSEIF matrizMesas{fila}=1 THEN

!Mecanismo para liberar una estación de trabajo

TPWrite "Mesa"+ NumToStr(contador,1)+ "ocupada";!Elemento de control

!Cuando la mesa está ocupada, compruebo si la ED está activa

IF LiberarMesa1=1 THEN

!Ejecuto el procedimiento de liberar una estacion

LiberarMesa ObjetoAgarre, ObjetoAgarrePart, matrizMesas, EstadoRobot, contador,
numeroMesasDisponibles,ObjetoAgarre2;!liberar mesa proc

ELSEIF matrizMesas{2}=2 THEN

!!¿¿¿ comprobar???!!

WaitDI LiberarMesa1,1;

LiberarMesa ObjetoAgarre, ObjetoAgarrePart, matrizMesas, EstadoRobot, contador,
numeroMesasDisponibles,ObjetoAgarre2;!liberar mesa proc

ELSE

!El programa continúa con normalidad para comprobar el resto de mesas

endif

ELSE !value 2 u otr

!El programa no debería de acceder a este punto, pero se indica un mensaje en el
!FlexPendant por si existiese algún problema

```
TPWrite "Mesa"+ NumToStr(contador,1)+ "inhabilitada";!Elemento de control
TPWrite "Puede que el programa quede inhabilitado si se llega a este punto-PROC HOME =2";
TPWrite "Se va a proceder a finalizar por si acaso";
InterrupcionPorFallo;

ENDIF
ENDFOR
ENDPROC
PROC Sensor(inout string ObjetoAgarre,inout string ObjetoAgarrePart, inout num
matrizMesas{ * },inout string EstadoRobot,inout num contador,INOUT num numeroMesasDisponibles,
INOUT num objetoAgarre2)

!Procedimiento de la Cinta de entrada.
!Esperar a que el sensor se active
TPWrite "Esperando sensor cinta";
WaitDI SensorCinta,1;

TPWrite "Variable Objeto Agarre:"+ ObjetoAgarre;!Elemento de control, permite conocer el elemento
anterior en la cinta de entrada
Waittime 2;

!Esperar a obtener el tipo de objeto a fresar, mediante una cadena de caracteres
TPWrite "Esperando Variable";
!Doy la orden de obtener el valor
SetDO RecogerVariable,1;
!Espero hasta recibirlo
WaitDi VariableEnviada,1;
TPWrite "Variable Objeto Agarre:"+ ObjetoAgarre;!Compruebo el elemento del sensor
Reset RecogerVariable;
IF ObjetoAgarre="" THEN
TPWrite "Vacío. Error en el sensor, finalizar programa. Reiniciar el controlador";
InterrupcionPorFallo;
ENDIF

!Para la simulación es necesario establecer un límite de dígitos para obtener la cadena
!de caracteres necesaria para usarla en el programa. Se va a truncar a 8 caracteres
ObjetoAgarrePart :=StrPart(ObjetoAgarre,1,8);
```

TPWrite “Variable Objeto Agarre Parcial:”+ ObjetoAgarrePart;!

WaitTime 2;

!Compruebo el objeto para establecer la ruta de movimiento y forma de agarre

TEST ObjetoAgarrePart

CASE “cilindro”:

!Objeto usado de prueba durante el desarrollo.

!El programa no debería poder acceder aquí, pero ayuda a entender la función TEST

!y ampliar la funcionalidad con más objetos al comparar distintos ejemplos

ObjetoAgarre2:=0;!Valor que permite simular este objeto en la estación de trabajo

TPWrite “cilindro encontrado”;

InterrupcionPorFallo;

stop;

CASE “ninguno0”:

!Objeto usado de prueba durante el desarrollo.

!El programa no debería poder acceder aquí, pero ayuda a entender la función TEST

!y ampliar la funcionalidad con más objetos al comparar distintos ejemplos

TPWrite “ninguno seleccionado”;

InterrupcionPorFallo;

Stop;

CASE “Milano_1”:

!Objeto principal usado como ejemplo principal. Simula un objeto al que se le realiza

!un fresado de cola de milano, procedimiento complejo al hacerlo de forma manual, impreciso

!y largo. Al automatizarlo, se aumenta la calidad y se disminuye el tiempo de trabajo

ObjetoAgarre2:=1;!Valor que permite simular este objeto en la estación de trabajo

!Indico la acción a realizar por el FlexPendant

TPWrite “Yendo a cinta-milano 1”;

Reset PosicionHOME;!!Salida auxiliar durante el proceso de desarrollo para encontrar fallos

EstadoRobot:=”YendoAporPiezaMilano1”;

path_20;

path_10;

EstadoRobot:=”AgarrarPiezaMilano1”;

TPWrite “Estado mesa 1”+NumToStr(matrizMesas{1},1);!Elemento de control

TPWrite “Estado mesa 2”+NumToStr(matrizMesas{2},1);!Elemento de control

!Cierro la pinza para agarrar la tabla

```

CerrarPinza;!VoyRutaCerrarPinza
!Establezo la Salida Digita: ObjetoEnPinza en alto para simular el agarre de la pieza y
!como elemento de control que se puede mostrar en un panel donde se muestren los estado posibles
SetDO ObjetoEnPinza,1;
!Compruebo la ruta a realizar con el estado "AgarrarPiezaMilano1"
ComprobarEstado EstadoRobot, matrizMesas, contador, numeroMesasDisponibles;

DEFAULT:

!Si se detecta otro objeto, el programa no está pensado para ello y entra en el procedimiento
!de fallo genérico
TPWrite ObjetoAgarre;
TPWrite "Fallo. No existe procedimientos válidos para el objeto actual";
TPWrite "Finalizando programa";
InterrupcionPorFallo;
Stop;

ENDTEST
ENDPROC

PROC ComprobarEstado(inout string EstadoRobot,inout num matrizMesas{*},inout num contador,
INOUT num numeroMesasDisponibles)

!Procedimiento para comprobar distintos estados del robot y ejecutar distintas acciones
TEST EstadoRobot

CASE "AgarrarPiezaMilano1":

!Ejecuta el trayecto de la cinta de entrada a la mesa para el caso de Milano1
DeCintaAMesa matrizMesas, contador ;

CASE "HOME":

!Evaluación del caso HOME
TPWrite "Home:numero mesas";
numeroMesasDisponibles:=0;!Reinicio la variable
FOR fila FROM 1 TO 2 DO
IF matrizMesas{fila}=0 THEN
!Si la mesa está libre, añado 1 a la variable de control: numeroMesasDisponibles
numeroMesasDisponibles:=numeroMesasDisponibles+1;
ELSEIF matrizMesas{fila}=1 or matrizMesas{fila}=2 THEN
IF matrizMesas{fila}=1 AND LiberarMesa1=1 THEN
!Si la mesa está ocupada pero con la orden de liberarla,

```

```

!añado 1 a la variable de control: numeroMesasDisponibles
!Para permitir saltarse el bucle y continuar en el proceso HomeProc
numeroMesasDisponibles:=numeroMesasDisponibles+1;
ELSEIF matrizMesas{fila}=2 AND ParadaNormal=1 THEN
!Si la mesa está apagada o estropeada, y se ha pulsado el botón de paro normal
!Se ejecuta el procedimiento de paro normal
ParadaNormalProc;

!Si se habilita una segunda mesa, esta parte ha de ser cambiada y comprobada después del FOR
!y compararla con el número de mesas disponibles y comprobar cuantas mesas están inhabilitadas,
    paradas
!o en paro por fallo (código 2 en matrizMesas). El programa no se ha terminado de diseñar
!para acoger todos los escenarios posibles, por lo que se para en aquellos no deseados.

ENDIF
ELSE !Valor distinto a 0, 1 y 2

!Error por imposibilidad de valor
TPWrite “Error Comp estado Home”;
InterrupcionPorFallo;
stop;

ENDIF
ENDFOR

CASE “DisponibilidadMesa”:

!Establece el valor de matrizMesas en función de 2 entradas digitales EstadoRobot1 (indicia si el robot
    1 esta en funcionamiento)
! y si la mesa 1 está ocupada
TPWrite “DisponibilidadMesas”;
IF EstadoRobot1=1 and posicionadoMesa1=0 THEN
matrizMesas{1}:=0;!HabilitoMesa1AProcesoFresado
ELSEIF EstadoRobot1=1 AND PosicionadoMEsa1=1 THEN
matrizMesas{1}:=1;!Mesa ocupada
ELSE
matrizMesas{1}:=2;!Mesa-no en funcionamiento
ENDIF

!Mesa2 no disponible aún y estable un valor de fallo

```

```

matrizMesas{2}:=2;

ENDTEST
ENDPROC

PROC DeCintaAMesa(inout num matrizMesas{*},inout num contador)
!Proceso de cinta de entrada a mesa de trabajo
If matrizMesas{1}=0 THEN
!Trayecto de cinta a zona reposo
Path_30;!movimiento cinta hasta reposo frente a mesa 1
!Indico que hago
TPWrite “Yendo de cinta a mesa1”;
TPWrite “Valor mesa”+ NumToStr(matrizMesas{1},1);!Elemento de control
TPWrite “Valor mesa”+ NumToStr(matrizMesas{2},1);!Elemento de control
Path_40;!trayecto de cinta pos enfrente mesa1 a mesa 1
matrizMesas{contador}:=1;
TPWrite “Modificada la matriz mesa”+NumToStr(matrizMesas{contador},1);

TPWrite “Valor mesa”+NumToStr(matrizMesas{1},1);!Elemento de control
TPWrite “Valor mesa”+NumToStr(matrizMesas{2},1);!Elemento de control

!Dejo la pieza en la mesa 1
AbrirPinza;
SetDO ObjetoEnPinza,0;!Indico que ya he soltado la pieza y lo simulo
Path_50;!trayecto de vuelta hasta pos reposo
SetDO PosicionadoMesa1,1;!Indico que ya he dejado la pieza y el robot ha salido del
!espacio de trabajo del robot de fresado para empezar.

ELSEIF matrizMesas{2}=0 THEN
!El programa no debería estar aquí
TPWrite “La mesa 2 no está disponible”;
matrizMesas{contador}:=2;!valor 2-estropeada/inhabilitada
TPWrite “Inhabilitando procedimiento mesa 2”;
AbrirPinza;!Abro la pinza para evitar problemas
SetDO ObjetoEnPinza,0;
Path_30;!Voy a una posición segura
InterrupcionPorFallo;!Interrumpo el programa para corregir el problema

```

```

ELSE
!No debería estar el programa aquí, se indica el error y el programa se para
TPWrite “Todas las mesas ocupadas....”;
TPWrite “Error de procedimiento, no debería estar habilitada esta opcion....”;
InterrupcionPorFallo;
Stop;
ENDIF
endproc
PROC LiberarMesa(inout string ObjetoAgarre,inout string ObjetoAgarrePart, inout num
matrizMesas{*},inout string EstadoRobot,inout num contador,INOUT num
numeroMesasDisponibles,inout num ObjetoAgarre2)
!Procedimiento para liberar una mesa
If matrizMesas{1}=1 THEN !si mesa 1 ocupada
!Trayecto zona de reposo a mesa 1
!seleccionar mesa
TPWrite “Yendo de cinta a mesa1”;
TPWrite “Valor mesa”+ NumToStr(matrizMesas{1},1);!Elemento de control
TPWrite “Valor mesa”+ NumToStr(matrizMesas{2},1);!Elemento de control
Path_40;!trayecto de reposo a mesa 1
!Agarro la pieza
CerrarPinza;
WaitTime 2;
!ObjetoAgarre2:=ObjetoAgarre2;!¿elemento control?
Set ObjetoRecogidoMesa1;!Indico que cojo un objeto para simular agarre
WaitTime 1;
TPWrite “Número objeto agarre” + numtostr(ObjetoAgarre2,1);
!Modifico valor matrizMesas
matrizMesas{contador}:=0;
TPWrite “Valor mesa”+ NumToStr(matrizMesas{1},1);!Elemento de control
TPWrite “Valor mesa”+ NumToStr(matrizMesas{2},1);!Elemento de control
!Trayecto de mesa 1 a reposo
WaitTime 3;
Path_50;

```

SetDO PosicionadoMesa1,0;!Restablezco valor de PosicionadoMesa1, para indicar que ya está disponible de nuevo

!Me desplazo a la posición de reposo home2

MoveJDO

HomeCintaEntrada_10, VelocidadMovRobot, z100, PinzaMecanismo_NoReal_1\WObj:=SensorCintaEntrada, PosicionHOME, 1;

!trayecto de home/reposo a cinta salida

Path_90;

!Suelto pieza en la cinta salida

AbrirPinza;

Reset ObjetoRecogidoMesa1;!

Set ActivarMotorCinta2;!Activo motor cinta salida y simular soltar pieza

WaitDI PiezaSoltadaCinta2, 1;!Espero a obtener certeza que la pieza está en la cinta para

!mover el robot a la posición de reposo

path_100;

!Me aseguro que la pinza se mantiene abierta

AbrirPinza;

Reset ActivarMotorCinta2;!Reseteo salida digital. El paro del motor viene dado por el sensor.

Reset ObjetoEnPinza;!Restablezco el valor de ObjetoEnPinza, por si acaso y así asegurar en correcto funcionamiento

!Vuelvo al procedimiento HomePRoc

HomeProc EstadoRobot, ObjetoAgarre, ObjetoAgarrePart, contador, matrizMesas, numeroMesasDisponibles, ObjetoAgarre2;

ELSEIF matrizMesas{2}=1 THEN

TPWrite “El objeto actual no ha entrado en proceso de fresado”;

MoveJDO

HomeCintaEntrada_10, VelocidadMovRobot, z100, PinzaMecanismo_NoReal_1\WObj:=SensorCintaEntrada, PosicionHOME, 1;

!Trayecto de home a cinta salida

Path_90;

AbrirPinza;

```

path_100;
AbrirPinza;
Reset ObjetoEnPinza;
Reset ActivarMotorCinta2;

HomeProc EstadoRobot, ObjetoAgarre, ObjetoAgarrePart, contador, matrizMesas,
numeroMesasDisponibles,ObjetoAgarre2;
ELSE

TPWrite “Error de procedimiento, no debería estar habilitada esta opcion....”;
InterrupcionPorFallo;
Stop;

ENDIF
ENDPROC

PROC ParadaNormalProc()
!Procedimiento de parada normal
TPWrite “Robot deteniéndose”;
StopMove;
WaitTime 2;
TPWrite “Programa detenido”;
Stop;

ENDPROC

PROC AbrirPinza()
!Procedimiento de apertura de la pinza
TPWrite “AbriendoPinza....”;
SetDO Abrir_CerrarPinza,0;!abro pinza
WaitTime 4;!Tiempo apertura pinza
TPWrite “Pinza Abierta....”;

ENDPROC

PROC CerrarPinza()
!Procedimiento de cerrado de la pinza
TPWrite “Cerrando Pinza....”;
SetDO Abrir_CerrarPinza,1;!cierro pinza
WaitTime 4;!Tiempo cerrado pinza
TPWrite “Pinza cerrada....”;

ENDPROC

```

PROC Path_10()

MoveL

Target_CintaEntrada_Tabla_60, VelocidadMovRobot, fine, PinzaMecanismo_NoReal_1\WObj:=SensorCintaEntrada;

MoveL

Target_CintaEntrada_Tabla_70, VelocidadMovRobot, fine, PinzaMecanismo_NoReal_1\WObj:=SensorCintaEntrada;

ENDPROC

PROC Path_20()

MoveJ HomeCintaEntrada_10, v1000, z100, PinzaMecanismo_NoReal_1\WObj:=SensorCintaEntrada;

MoveJ

Target_CintaEntrada_Giro_10, VelocidadMovRobot, z100, PinzaMecanismo_NoReal_1\WObj:=SensorCintaEntrada;

MoveJ

Target_CintaEntrada_Giro_20, VelocidadMovRobot, z100, PinzaMecanismo_NoReal_1\WObj:=SensorCintaEntrada;

MoveJ

Target_CintaEntrada_Giro_30, VelocidadMovRobot, z100, PinzaMecanismo_NoReal_1\WObj:=SensorCintaEntrada;

ENDPROC

PROC Path_30()

MoveL

Target_CintaEntrada_Tabla_80, VelocidadMovRobot, fine, PinzaMecanismo_NoReal_1\WObj:=SensorCintaEntrada;

MoveL

Target_CintaEntrada_Tabla_90, VelocidadMovRobot, fine, PinzaMecanismo_NoReal_1\WObj:=SensorCintaEntrada;

MoveL

Target_CintaEntrada_Tabla_100, VelocidadMovRobot, fine, PinzaMecanismo_NoReal_1\WObj:=SensorCintaEntrada;

MoveJ

Target_CintaEntrada_Tabla_130, VelocidadMovRobot, fine, PinzaMecanismo_NoReal_1\WObj:=SensorCintaEntrada;

MoveJ\Conc,

Target_CintaEntrada_Tabla_140, VelocidadMovRobot, fine, PinzaMecanismo_NoReal_1\WObj:=SensorCintaEntrada;

ENDPROC

PROC Path_40()

MoveL HomeMesa1, VelocidadMovRobot, fine, PinzaMecanismo_NoReal_1\WObj:=Mesa1;

MoveL

Target_Track_Mesa_10, VelocidadMovRobot, fine, PinzaMecanismo_NoReal_1\WObj:=Mesa1;

MoveJ

Target_Track_Mesa_20, VelocidadMovRobot, fine, PinzaMecanismo_NoReal_1\WObj:=Mesa1;

MoveJ

Target_Track_Mesa_70, VelocidadMovRobot, z100, PinzaMecanismo_NoReal_1\WObj:=Mesa1;

MoveJ

Target_Track_Mesa_80, VelocidadMovRobot, fine, PinzaMecanismo_NoReal_1\WObj:=Mesa1;

MoveL

Target_Track_Mesa_40, VelocidadMovRobot, fine, PinzaMecanismo_NoReal_1\WObj:=Mesa1;

ENDPROC

PROC Path_50()

MoveL

Target_Track_Mesa_80, VelocidadMovRobot, fine, PinzaMecanismo_NoReal_1\WObj:=Mesa1;

MoveL

Target_Track_Mesa_70, VelocidadMovRobot, fine, PinzaMecanismo_NoReal_1\WObj:=Mesa1;

MoveJ

Target_Track_Mesa_20, VelocidadMovRobot, fine, PinzaMecanismo_NoReal_1\WObj:=Mesa1;

MoveJ

Target_Track_Mesa_10, VelocidadMovRobot, fine, PinzaMecanismo_NoReal_1\WObj:=Mesa1;

MoveL HomeMesa1, VelocidadMovRobot, fine, PinzaMecanismo_NoReal_1\WObj:=Mesa1;

ENDPROC

PROC Path_90()

MoveL HOME_0, VelocidadMovRobot, fine, PinzaMecanismo_NoReal_1\WObj:=CintaSalida;

MoveJ

Target_10_DEJAR_Tabla_10, VelocidadMovRobot, fine, PinzaMecanismo_NoReal_1\WObj:=CintaSalida;

MoveL

Target_10_DEJAR_Tabla_30, VelocidadMovRobot, fine, PinzaMecanismo_NoReal_1\WObj:=CintaSalida;

```

MoveL
Target_10_DEJAR_Tabla_20, VelocidadMovRobot, fine, PinzaMecanismo_NoReal_1\WObj:=CintaSa
lida;
ENDPROC
PROC Path_100()
MoveL
Target_10_DEJAR_Tabla_30, VelocidadMovRobot, fine, PinzaMecanismo_NoReal_1\WObj:=CintaSa
lida;
MoveL
Target_10_DEJAR_Tabla_10, VelocidadMovRobot, fine, PinzaMecanismo_NoReal_1\WObj:=CintaSa
lida;
MoveJ HOME_0, VelocidadMovRobot, fine, PinzaMecanismo_NoReal_1\WObj:=CintaSalida;
ENDPROC

```

```

trap ParEmerg7600

```

```

!Interrupción de la seta de emergencia

```

```

WaitDI ParadaEmergencia, 1;

```

```

TPWrite "Parada de emergencia."+"Robot7600_1";

```

```

EXIT;

```

```

ENDTRAP

```

```

trap ModfVelAlfombra

```

```

!Interrupción de la alfombra y cortina de seguridad

```

```

WaitTime 1;

```

```

!Modifico las velocidades del robot si alguien se encuentra cerca para disminuir el peligro

```

```

IF AlfombraSeguridadExterior=1 THEN

```

```

VelocidadMovRobot:=v500;

```

```

TPWrite "Velocidad reducida a v500";

```

```

ELSE

```

```

VelocidadMovRobot:=v1000;

```

```

TPWrite "Velocidad restablecida a v1000";

```

```

ENDIF

```

```

ENDTRAP

```

```

proc InterrupcionPorFallo()

```

```

!procedimiento genérico de fallo

```

```
TPWrite "Problema en el código";
```

```
EXIT;
```

```
endproc
```

```
ENDMODULE
```

Controlador 6600

MODULE Module1

CONST robtarget Target_CambioHerramientas_10:=[[150,0,0],[0.5,-0.5,-0.5,0.5],[-1,-2,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

CONST robtarget Target_CambioHerramientas_20:=[[150,0,149.217],[0.5,-0.5,-0.5,0.5],[-1,-2,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

CONST robtarget Target_CambioHerramientas_30:=[[150,0,399.631],[0.5,-0.5,-0.5,0.5],[-1,-1,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

CONST robtarget Target_CambioHerramientas_40:=[[-150,0,0],[0.5,-0.5,-0.5,0.5],[-1,0,-1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

CONST robtarget Target_CambioHerramientas_50:=[[-150,0,149.217],[0.5,-0.5,-0.5,0.5],[-1,0,-1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

CONST robtarget Target_CambioHerramientas_60:=[[-150,0,399.631],[0.5,-0.5,-0.5,0.5],[-1,1,-2,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

CONST robtarget Target_CambioHerramientas_70:=[[447.507,0,399.631],[0.5,-0.5,-0.5,0.5],[-1,1,-2,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

CONST robtarget Target_CambioHerramientas_80:=[[651.69,0,399.631],[0.240353932,-0.240353932,-0.66500375,0.66500375],[-1,0,-1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

CONST robtarget Target_CambioHerramientas_90:=[[651.69,0,399.631],[0.021828365,-0.021828365,-0.70676978,0.70676978],[-1,0,-1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

CONST robtarget Target_CambioHerramientas_100:=[[651.69,1153.443,399.631],[0.021828365,-0.021828365,-0.70676978,0.70676978],[-1,2,-3,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

CONST robtarget HomeFresado_10:=[[-127.189,1000,442.941],[0.183012702,0.183012702,-0.683012702,0.683012702],[0,0,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

CONST robtarget Target_TablaFresado_10:=[[534.489,1137.378,100],[0,0,0,1],[0,0,-2,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

CONST robtarget Target_TablaFresado_20:=[[534.489,1187.378,100],[0,0,0,1],[0,0,-2,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

CONST robtarget Target_TablaFresado_30:=[[511.494,1137.378,100],[0,0,0,1],[0,0,-2,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

CONST robtarget Target_TablaFresado_40:=[[511.494,1187.378,100],[0,0,0,1],[0,0,-2,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

CONST robtarget Target_TablaFresado_50:=[[488.5,1137.378,100],[0,0,0,1],[0,0,-2,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

CONST robtarget Target_TablaFresado_190:=[[545.992,530.535,-50],[0,0,1,0],[0,0,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

CONST robtarget Target_TablaFresado_200:=[[545.992,480.535,-50],[0,0,1,0],[0,0,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

CONST robtarget Target_TablaFresado_210:=[[522.992,530.535,-50],[0,0,1,0],[0,0,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

CONST robtarget Target_TablaFresado_220:=[[522.992,480.535,-50],[0,0,1,0],[0,0,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

CONST robtarget Target_TablaFresado_230:=[[499.997,530.535,-50],[0,0,1,0],[0,0,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

CONST robtarget Target_TablaFresado_240:=[[499.997,480.535,-50],[0,0,1,0],[0,0,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

CONST robtarget Target_TablaFresado_250:=[[477.003,530.535,-50],[0,0,1,0],[0,0,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

CONST robtarget Target_TablaFresado_260:=[[477.003,480.535,-50],[0,0,1,0],[0,0,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

CONST robtarget Target_TablaFresado_270:=[[454.009,530.535,-50],[0,0,1,0],[0,0,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

CONST robtarget Target_TablaFresado_280:=[[454.009,480.535,-50],[0,0,1,0],[0,0,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

CONST robtarget Target_TablaFresado_290:=[[534.489,1137.378,-50],[0,0,0,1],[0,0,-2,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

CONST robtarget Target_TablaFresado_300:=[[534.489,1187.378,-50],[0,0,0,1],[0,0,-2,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

CONST robtarget Target_TablaFresado_310:=[[511.494,1137.378,-50],[0,0,0,1],[0,0,-2,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

CONST robtarget Target_TablaFresado_320:=[[511.494,1187.378,-50],[0,0,0,1],[0,0,-2,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

CONST robtarget Target_TablaFresado_330:=[[488.5,1137.378,-50],[0,0,0,1],[0,0,-2,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

CONST robtarget Target_TablaFresado_340:=[[488.5,1187.378,-50],[0,0,0,1],[0,0,-2,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

CONST robtarget Target_TablaFresado_350:=[[465.506,1137.378,-50],[0,0,0,1],[0,0,-2,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

CONST robtarget Target_TablaFresado_360:=[[465.506,1187.378,-50],[0,0,0,1],[0,0,-2,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

CONST

robtarget

```
Target_Home=[[1176.650887875,1500,241.592668655],[0.183012702,0.183012702,-  
0.683012702,0.683012702],[0,0,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
```

```

|*****
!
! Módulo: Module1
!
! Descripción:
! Fresado con IRB 6660 y cambio de herramientas
!
! Autor: Emilio
!
! Versión: 1.0
!
|*****
|*****
!
! Procedimiento Main
!
! Este es el punto de entrada de su programa
!
|*****

!*****
!DECLARACIÓN DE VARIABLES
!VARIABLES DE INTERRUPCION
VAR intnum int_ParEmer;
VAR intnum int_ParadoAlfombra;

!VARIABLE DE VELOCIDAD DE MOVIMIENTOS ROBOT
VAR speeddata VelocidadMovRobot:=v1000;

|*****

PROC main()
!Reseteo DO
Reset SujetarPieza;!Abro mecanismo
Reset MesaLibreOcupada;!cambiar luego
Reset liberarMesa1;
Reset RobotMesa1Funcionamiento;
Reset Activar1;
reset ActivarMilano;
TPWrite "Inicio Programa";

WaitDI ArranqueRobot,1;
TPWrite "Robot 1 arrancado";
SetDO RobotMesa1Funcionamiento,1;

!DEFINIR INTERRUPCIONES*****
TPWrite "Definiendo interrupciones";
!Interrupción por seta de EMERGENCIA.
!Importante que esté siempre activa.

CONNECT int_ParEmer WITH CheckParEmerg;
ISignalDI ParadaEmergencia,1,int_ParEmer;

!Interrupción por las alfombra y las cortinas de seguridad.
!Importante que esté siempre activa.
CONNECT int_ParadoAlfombra WITH ModfVelAlfombra;
ISignalDI CortinaSeguridadExterior,1,int_ParadoAlfombra;

```

WHILE ParadaNormal=0 DO

WaitDI ObjetoEnMesa1,1;

SetDO MesaLibreOcupada,1;

!Sujetar pieza a la mesa

EstabilizarPieza;

!Camino herramienta milano

Path_80;

Path_60;

!Acciono motor coger herramienta

Set ActivarMilano;

path_70;

!Ir a trayecto izquierda

path_40;

MoveJ Target_Home, VelocidadMovRobot, z100, HusilloCentrado\WObj:=CambioHerramientas;

!IR a trayecto derecha

Path_50;

MoveJ Target_Home, VelocidadMovRobot, z100, HusilloCentrado\WObj:=CambioHerramientas;

Path_80;

!Dejo herramienta milano

path_60;

!Acciono motor dejar herramienta

Reset ActivarMilano;

path_70;

!Pruebo el funcionamiento del cambio de herramienta

!Camino herramienta 1

Path_20;

!Acciono motor coger herramienta

set Activar1;

path_10;

!Camino dejar herramienta 1

Path_20;

!Acciono motor dejar herramienta

Reset Activar1;

path_10;

!Posición reposo

MoveJ Target_Home, VelocidadMovRobot, z100, HusilloCentrado\WObj:=CambioHerramientas;

!Pieza a cinta salida

PermitirRetiradaPieza;!Libero la pieza de la mesa

!Dar orden de liberar mesa 1

SetDO liberarMesa1,1;

TPWrite "Liberar Mesa....";

!Cuando se libere, indicar mesa 1 DO libre

SetDO MesaLibreOcupada,0;

WaitDI ObjetoRecogido,1;

WaitDI ObjetoEnMesa1,0;

Reset liberarMesa1;

ENDWHILE

Reset RobotMesa1Funcionamiento;

TPWrite "Robot deteniéndose";

StopMove;

WaitTime 2;

```

TPWrite "Programa detenido";
EXIT;

ENDPROC
PROC EstabilizarPieza()
TPWrite "Estabilizando pieza...";
SetDO SujetarPieza,1;!Estabilizo pieza
WaitTime 4;!Tiempo cerrado mecanismo
TPWrite "Pieza estabilizada...";

ENDPROC
PROC PermitirRetiradaPieza()
TPWrite "Abriendo mecanismo...";
SetDO SujetarPieza,0;!abro mecanismo
WaitTime 4;!Tiempo apertura mecanismo
TPWrite "Mecanismo abierto...";

ENDPROC
PROC Path_10()!Husillo sube de herramienta1
MoveL
Target_CambioHerramientas_10,VelocidadMovRobot,fine,HusilloCentrado\WObj:=CambioHerramientas;
MoveL
Target_CambioHerramientas_20,VelocidadMovRobot,fine,HusilloCentrado\WObj:=CambioHerramientas;
MoveJ
Target_CambioHerramientas_30,VelocidadMovRobot,fine,HusilloCentrado\WObj:=CambioHerramientas;
ENDPROC
PROC Path_20()!Husillo baja a herramienta 1
MoveJ
Target_CambioHerramientas_30,VelocidadMovRobot,fine,HusilloCentrado\WObj:=CambioHerramientas;
MoveL
Target_CambioHerramientas_20,VelocidadMovRobot,fine,HusilloCentrado\WObj:=CambioHerramientas;

```

```

MoveL
Target_CambioHerramientas_10, VelocidadMovRobot, fine, HusilloCentrado\WObj:=CambioHerramientas;
ENDPROC
PROC Path_40()!Trayecto izquierda tabla 1
    MoveJ
    Target_TablaFresado_20, VelocidadMovRobot, fine, HusilloCentrado\WObj:=Mesa1Fresado;
    MoveL
    Target_TablaFresado_10, VelocidadMovRobot, fine, HusilloCentrado\WObj:=Mesa1Fresado;
    MoveL
    Target_TablaFresado_290, VelocidadMovRobot, fine, HusilloCentrado\WObj:=Mesa1Fresado;
    MoveL
    Target_TablaFresado_300, VelocidadMovRobot, fine, HusilloCentrado\WObj:=Mesa1Fresado;
    MoveL
    Target_TablaFresado_40, VelocidadMovRobot, fine, HusilloCentrado\WObj:=Mesa1Fresado;
    MoveL
    Target_TablaFresado_30, VelocidadMovRobot, fine, HusilloCentrado\WObj:=Mesa1Fresado;
    MoveL
    Target_TablaFresado_310, VelocidadMovRobot, fine, HusilloCentrado\WObj:=Mesa1Fresado;
    MoveL
    Target_TablaFresado_320, VelocidadMovRobot, fine, HusilloCentrado\WObj:=Mesa1Fresado;
    MoveL
    Target_TablaFresado_60, VelocidadMovRobot, fine, HusilloCentrado\WObj:=Mesa1Fresado;
    MoveL
    Target_TablaFresado_50, VelocidadMovRobot, fine, HusilloCentrado\WObj:=Mesa1Fresado;
    MoveL
    Target_TablaFresado_330, VelocidadMovRobot, fine, HusilloCentrado\WObj:=Mesa1Fresado;
    MoveL
    Target_TablaFresado_340, VelocidadMovRobot, fine, HusilloCentrado\WObj:=Mesa1Fresado;
    MoveL
    Target_TablaFresado_80, VelocidadMovRobot, fine, HusilloCentrado\WObj:=Mesa1Fresado;
    MoveL
    Target_TablaFresado_70, VelocidadMovRobot, fine, HusilloCentrado\WObj:=Mesa1Fresado;
    MoveL
    Target_TablaFresado_350, VelocidadMovRobot, fine, HusilloCentrado\WObj:=Mesa1Fresado;

```

```

    MoveL
Target_TablaFresado_360,VelocidadMovRobot,fine,HusilloCentrado\WObj:=Mesa1Fresado;
ENDPROC
PROC Path_50()!Trayecto derecha tabla 1
    MoveJ
Target_TablaFresado_100,VelocidadMovRobot,fine,HusilloCentrado\WObj:=Mesa1Fresado;
    MoveJ
Target_TablaFresado_90,VelocidadMovRobot,fine,HusilloCentrado\WObj:=Mesa1Fresado;
    MoveL
Target_TablaFresado_270,VelocidadMovRobot,fine,HusilloCentrado\WObj:=Mesa1Fresado;
    MoveL
Target_TablaFresado_280,VelocidadMovRobot,fine,HusilloCentrado\WObj:=Mesa1Fresado;
    MoveL
Target_TablaFresado_120,VelocidadMovRobot,fine,HusilloCentrado\WObj:=Mesa1Fresado;
    MoveL
Target_TablaFresado_110,VelocidadMovRobot,fine,HusilloCentrado\WObj:=Mesa1Fresado;
    MoveL
Target_TablaFresado_250,VelocidadMovRobot,fine,HusilloCentrado\WObj:=Mesa1Fresado;
    MoveL
Target_TablaFresado_260,VelocidadMovRobot,fine,HusilloCentrado\WObj:=Mesa1Fresado;
    MoveL
Target_TablaFresado_140,VelocidadMovRobot,fine,HusilloCentrado\WObj:=Mesa1Fresado;
    MoveL
Target_TablaFresado_130,VelocidadMovRobot,fine,HusilloCentrado\WObj:=Mesa1Fresado;
    MoveL
Target_TablaFresado_230,VelocidadMovRobot,fine,HusilloCentrado\WObj:=Mesa1Fresado;
    MoveL
Target_TablaFresado_240,VelocidadMovRobot,fine,HusilloCentrado\WObj:=Mesa1Fresado;
    MoveL
Target_TablaFresado_160,VelocidadMovRobot,fine,HusilloCentrado\WObj:=Mesa1Fresado;
    MoveL
Target_TablaFresado_150,VelocidadMovRobot,fine,HusilloCentrado\WObj:=Mesa1Fresado;
    MoveL
Target_TablaFresado_210,VelocidadMovRobot,fine,HusilloCentrado\WObj:=Mesa1Fresado;
    MoveL
Target_TablaFresado_220,VelocidadMovRobot,fine,HusilloCentrado\WObj:=Mesa1Fresado;

```

```

    MoveL
Target_TablaFresado_180, VelocidadMovRobot, fine, HusilloCentrado\WObj:=Mesa1Fresado;
    MoveL
Target_TablaFresado_170, VelocidadMovRobot, fine, HusilloCentrado\WObj:=Mesa1Fresado;
    MoveL
Target_TablaFresado_190, VelocidadMovRobot, fine, HusilloCentrado\WObj:=Mesa1Fresado;
    MoveL
Target_TablaFresado_200, VelocidadMovRobot, fine, HusilloCentrado\WObj:=Mesa1Fresado;

ENDPROC
PROC Path_60()!Husillo baja a herramienta milano
    MoveJ
Target_CambioHerramientas_60, VelocidadMovRobot, fine, HusilloCentrado\WObj:=CambioHerramientas;
    MoveL
Target_CambioHerramientas_50, VelocidadMovRobot, fine, HusilloCentrado\WObj:=CambioHerramientas;
    MoveL
Target_CambioHerramientas_40, VelocidadMovRobot, fine, HusilloCentrado\WObj:=CambioHerramientas;
    MoveL
Target_CambioHerramientas_40, VelocidadMovRobot, fine, HusilloCentrado\WObj:=CambioHerramientas;
    MoveL
Target_CambioHerramientas_50, VelocidadMovRobot, fine, HusilloCentrado\WObj:=CambioHerramientas;
    MoveL
Target_CambioHerramientas_50, VelocidadMovRobot, fine, HusilloCentrado\WObj:=CambioHerramientas;
    MoveL
Target_CambioHerramientas_60, VelocidadMovRobot, z100, HusilloCentrado\WObj:=CambioHerramientas;
    MoveJ
Target_CambioHerramientas_70, VelocidadMovRobot, z100, HusilloCentrado\WObj:=CambioHerramientas;
    MoveJ
Target_CambioHerramientas_80, VelocidadMovRobot, z100, HusilloCentrado\WObj:=CambioHerramientas;

```

```
Movej
Target_CambioHerramientas_90, VelocidadMovRobot, z100, HusilloCentrado\WObj:=CambioHerrami
entas;
```

```
MoveJ HomeFresado_10, VelocidadMovRobot, fine, HusilloCentrado\WObj:=Mesa1Fresado;
```

```
ENDPROC
```

```
trap CheckParEmerg
```

```
!Interrupción de la seta de emergencia
```

```
WaitDI ParadaEmergencia, 1;
```

```
TPWrite "Parada de emergencia."+"Robot6600_1";
```

```
EXIT;
```

```
ENDTRAP
```

```
trap ModfVelAlfombra
```

```
!interrupción de la alfombra y cortina de seguridad
```

```
WaitTime 1;
```

```
!Modifico las velocidades del robot si alguien se encuentra cerca para disminuir el peligro
```

```
IF AlfombraSeguridadExterior=1 THEN
```

```
VelocidadMovRobot:=v500;
```

```
TPWrite "Velocidad reducida a v500";
```

```
ELSE
```

```
VelocidadMovRobot:=v1000;
```

```
TPWrite "Velocidad restablecida a v1000";
```

```
ENDIF
```

```
ENDTRAP
```

```
proc InterrupcionPorFallo()
```

```
!procedimiento genérico de fallo
```

```
TPWrite "Problema en el código";
```

```
EXIT;
```

```
ENDPROC
```

```
PROC Path_80()
```

```
MoveJ Target_Home, VelocidadMovRobot, z100, HusilloCentrado\WObj:=CambioHerramientas;
```

```
MoveJ HomeFresado_10, VelocidadMovRobot, z100, HusilloCentrado\WObj:=Mesa1Fresado;
```

```
MoveJ
Target_CambioHerramientas_90, VelocidadMovRobot, z100, HusilloCentrado\WObj:=CambioHerrami
entas;
MoveJ
Target_CambioHerramientas_80, VelocidadMovRobot, z100, HusilloCentrado\WObj:=CambioHerrami
entas;
MoveJ
Target_CambioHerramientas_70, VelocidadMovRobot, z100, HusilloCentrado\WObj:=CambioHerrami
entas;
ENDPROC
ENDMODULE
```

5.3.10 ERRORES ENCONTRADOS EN EL SOFTWARE

Si se presiona ALT+TAB, RobotStudio mantiene las opciones superpuestas en otros programas. Al pulsar en alguna de ellas, abre la opción en RobotStudio.

Este error fue notificado a ABB y dijeron que no existía; por más que se le enseñase la prueba en video. El error se observe claramente en la Figura 298.

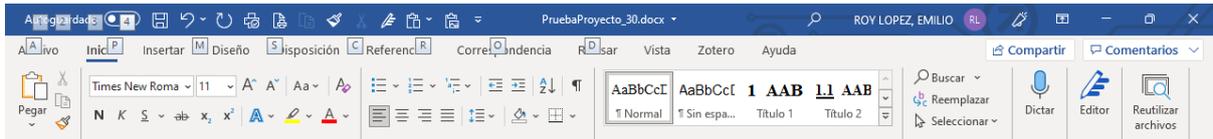


Figura 298: Problemas al trabajar con más programas a la vez que RobotStudio

En muchas ocasiones, cada vez que se cancelaba y restauraba la simulación, se quedaba activada una de las señales del controlador que no debería, y el programa no hacía lo que debía. Se configuró una instancia de error y un mensaje en FlexPendant, como se muestra en la Figura 299, para saber cada vez de ocurría. La solución: cerrar y abrir RobotStudio.

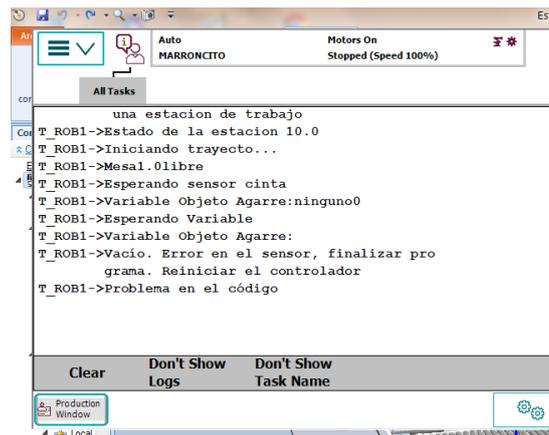


Figura 299:Error en FlexPendant por error en el software de RobotStudio

Otro error habitual era la imposibilidad de acceder a la ventana de RAPID tras simular porque se quedaba en blanco y RobotStudio se colapsaba.

Ahora se muestran 2 errores muy graves. La única solución para evitar estos problemas es tener copias de los controladores y de la estación. Para crear una copia de la estación se usa la opción de “PACK & GO”, muy recomendable para evitar problemas graves o consultar estancias anteriores por si se ha borrado algo en el proceso.

El primer fallo trata de problemas de imposibilidad de hallar una versión de RobotWare para un controlador. Como se muestra, las copias si encuentran esa misma versión, pero un error de RobotStudio, hizo renombrar algo en los controladores, y hacerlos inviables de restaurar, perdiendo toda la información, salvo algo del código y entradas y salida que se puede acceder con un editor de texto en la carpeta donde se almacena en el ordenador. La Figura 300 muestra este error.

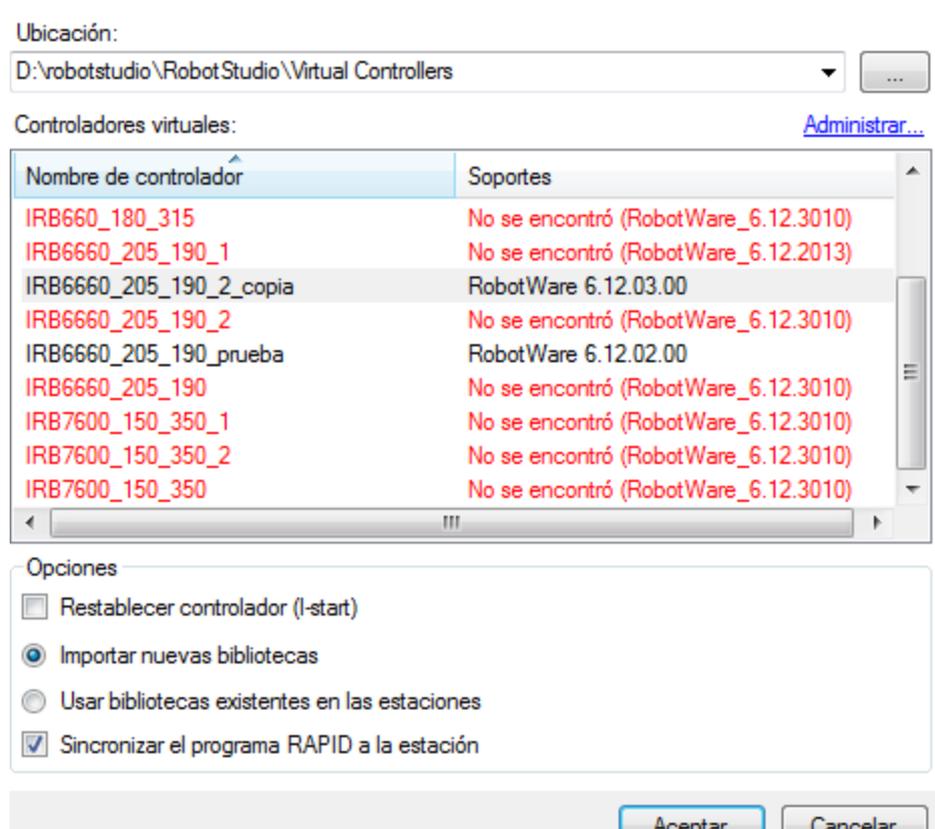


Figura 300: Error de los controladores con RobotWare

El otro fallo grave tiene que ver con un fallo en el archivo de la estación. Un fallo grave y se pierde toda la estación si no se tiene una copia, ya que los controladores quedan inservibles por completo. Este error puede ser ocasionado al ver la ventana de la Figura 301.

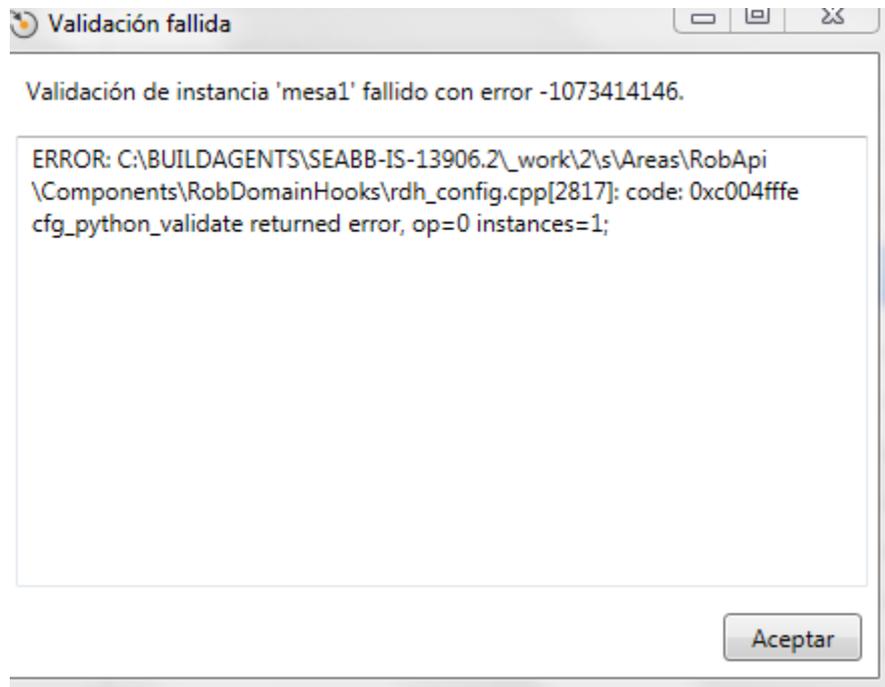


Figura 301: Error grave en RobotStudio

6 CONCLUSIONES

Para concluir, el proyecto puede darse como resuelto de forma satisfactoria.

No sólo se han cumplido los objetivos principales, creación de una estación de fresado usando un robot de ABB, IRB 6660, con cabezales de fresado intercambiables, ajustados a la normativa vigente; sino, además; se ha constituido un método de obtención de los valores de centro de gravedad y momento de inercia para cualquier pieza usando 2 programas ajenos a ABB: Matlab e Inventor; aún con el inconveniente de tener que usar RobotStudio para obtener la pieza en la orientación y posición correcta para poder usar Inventor a continuación, ya que no permite girar las piezas con facilidad en el modo ensamblaje.

No sólo se ha cumplido con el objetivo secundario de obtener unos valores reales del momento de inercia, sino que se ha establecido una tabla de materiales (BOM) para los distintos elementos ajenos a los productos de ABB.

En medida de seguridad, se han implementado varios mecanismos mediante setas de emergencia, vallado, alfombras de seguridad y cortinas de seguridad.

Finalmente, ante la imposibilidad de encontrar herramientas que satisficiesen la pinza, para mover las piezas de fresado, y la propia mesa donde fresar, se ha optado por crear unos elementos en RobotStudio que ocupasen ese lugar sin ser funcionales al llevarlo al plano real.

Durante la creación de estos elementos se muestra como configurar una herramienta-mecanismo en RobotStudio, permitiendo así indicar de forma sencilla los pasos a seguir cuando se implementase una pinza real.

Este escollo, permite dejar varias líneas de proyectos abiertas acorde a:

- 1) Creación de una mesa de fresado versátil
- 2) Creación de una pinza que se ajuste a las piezas que se deseen fresar.
- 3) Creación de una conexión a la brida con mejor versatilidad y propiedades físicas.

7 BIBLIOGRAFÍA

Realizada con Zotero. Estilo usado: “*American Institute Of Aeronautics and Astronautics*”.

- [1] marek[at]promokit.eu. TMFB. *Tableros y Molduras Félix Bermejo, SL*. <https://tmolduras-bermejo.es/>. Accessed Jan. 28, 2022.
- [2] jaic61. Propiedades de La Madera. , 11:23:15 UTC.
- [3] Rosmer Aguilar Cabanillas. PROPIEDADES DE LA MADERA. , 21:10:43 UTC.
- [4] Joseph Marie Jacquard. Wikipedia, la enciclopedia libre, Nov 15, 2021.
- [5] Ie34.Pdf. <https://www.pertiga.es/pdf/ie/ie34.pdf>. Accessed Jan. 28, 2022.
- [6] 🏆 ¿Qué es un robot Delta? Aplicaciones y comparativa de 2022. REVISTA DE ROBOTS, Jun 06, 2020.
- [7] The Difference between AGV and AMR | MiR. <https://www.mobile-industrial-robots.com/insights/get-started-with-amrs/agv-vs-amr-whats-the-difference/>. Accessed Jan. 28, 2022.
- [8] ¿Qué es un Robot Móvil Autónomo (AMR)? Robotnik, Aug 11, 2021.
- [9] Univision. BigDog: el robot transportista. *Univision*. <https://www.univision.com/explora/bigdog-el-robot-transportista>. Accessed Jan. 28, 2022.
- [10] La Darpa Quiere al Mejor Robot de Rescate. <https://www.xataka.com/robotica-e-ia/la-darpa-quiere-al-mejor-robot-de-rescate>. Accessed Jan. 28, 2022.
- [11] Robot humanoide. Wikipedia, la enciclopedia libre, Nov 24, 2020.
- [12] Herráez, M. Tesla Bot, el nuevo invento de Elon Musk y compañía. *Autobild.es*. <https://www.autobild.es/noticias/tesla-bot-nuevo-invento-elon-musk-compania-918593>. Accessed Jan. 28, 2022.
- [13] Fresadora. Wikipedia, la enciclopedia libre, Dec 12, 2021.
- [14] ¿Cómo Afecta El Tipo de Aislamiento En La Vida Útil de Un Motor? <https://www.risoul.com.mx/blog/como-afecta-el-tipo-de-aislamiento-en-la-vida-util-de-un-motor>. Accessed Jan. 28, 2022.
- [15] Electromandrino con control de fuerza axial para soldadura... (1). <https://patentados.com/2013/electromandrino-con-control-de-fuerza.1>. Accessed Jan. 28, 2022.
- [16] May, 31 and 2021. THE SPINDLE OR ELECTROSPINDLE. General Driver Motor, May 31, 2021.
- [17] Mayo, 31 and 2021. EL SPINDLE O ELECTROMANDRINO. General Driver Motor, May 31, 2021.
- [18] Pozueta, M. Á. R. “Máquinas Eléctricas I (G862). Tema 3. Máquinas Asíncronas o de Inducción.” p. 94.
- [19] Pozueta, M. Á. R. “Máquinas Eléctricas I (G862). Tema 4. Máquinas Síncronas.” p. 96.
- [20] ESTUDIO, A., and ESTUDIO, A. Elinsur. Productos de Electronica Industrial. Variadores de Velocidad. Motores Electricos. Representantes de Yaskawa. http://www.electromaquinas.com/productos/motores_cc_variacion_velocidad/. Accessed Aug. 28, 2021.
- [21] Palacios y Rodriguez - 2011 - MEDICIÓN Y CONTROL DE POSICIÓN ANGULAR EMPLEANDO S.Pdf. <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/7069/tesis532.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Accessed Aug. 28, 2021.
- [22] ¿Qué es un encoder, cuáles son sus tipos y para qué sirven? De Máquinas y Herramientas.
- [23] ENCODER-TEC.Pdf. <https://www.guemisa.com/sicod/docus/ENCODER-TEC.pdf>. Accessed Aug. 28, 2021.
- [24] Sensores y Encoders. Elion.
- [25] Tipos de encoders y aplicaciones en motores. Sep 28, 2017.
- [26] ENCODER | Que es, para que sirve, tipos y como funciona. Jan 04, 2018.
- [27] Company, E. P. Article | ¿Qué Es Un Encoder? <https://www.encoder.com/article-que-es-un-encoder>. Accessed Aug. 28, 2021.

- [28] 1596186415631827r9l.Pdf. <https://www.wolong-electric.com/upload/2020/07/31/1596186415631827r9l.pdf>. Accessed Aug. 28, 2021.
- [29] Milling Head, Machining Head - All Industrial Manufacturers - Videos. <https://www.directindustry.com/industrial-manufacturer/milling-head-80183.html>. Accessed Aug. 28, 2021.
- [30] JUARISTI Boring and Milling Machines. Universal Milling Head ACD2 | JUARISTI Boring and Milling Machines. 2020.
- [31] Boquilla de sujeción. Wikipedia, la enciclopedia libre, Aug 26, 2020.
- [32] HDS490 - 2-Axis Milling Head by Wolong Electric Group | DirectIndustry. <https://www.directindustry.com/prod/wolong-electric-group/product-236802-2387877.html>. Accessed Jan. 28, 2022.
- [33] AMB ELEKTRIK. SPINDLE WITH MANUAL TOOL CHANGE SYSTEM - FOR PROFESSIONALS. 2020.
- [34] B.V, D. QuickToolChanger C41/47-C-DB-HSK32C-2.2kW-18.000-24.000RPM. <https://www.damencnc.com/en/quicktoolchanger-c41-47-c-db-hsk32c-2-2kw-18-000-24-000rpm/a2>. Accessed Aug. 29, 2021.
- [35] Stoney CNC. Mill It MEGA CNC Milling System QTC Quick Tool Change System. 2017.
- [36] AMB Fräsmotor 1050 FME-U 230V (für ER16 Präzisions-Spannzangen). *AMB-ELEKTRIK*. <https://www.amb-elektrik.de/produkte/fraesmotoren-mit-werkzeug-wechsel-systemen/556/amb-fraesmotor-1050-fme-u-230v-fuer-er16-praezisions-spannzangen>. Accessed Aug. 29, 2021.
- [37] AMB ELEKTRIK. Fräsmotor Mit Manuellem Wechselsystem - Die Profi-Spindel. 2020.
- [38] NC35 Series, MTC - Manual Tool Changer Electros spindles, Teknomotor. https://www.teknomotor.com/eng/prodotti-dettaglio/mtc_manual_tool_changer_electros spindles-4/nc35_series-14-18.php/frm_pagina=1. Accessed Aug. 29, 2021.
- [39] ATC71 Motor ISO30 | DamenCNC B.V. <https://www.damencnc.com/en/milling-motors/teknomotor/atc71-motor-iso30>. Accessed Aug. 28, 2021.
- [40] 1781_ATC_catalogue.Pdf. https://www.damencnc.com/userdata/file/1781_ATC_catalogue.pdf. Accessed Aug. 28, 2021.
- [41] 1781_ATC71-C-ISO30-SN_Drawing_2D.Pdf. https://www.damencnc.com/userdata/file/1781_ATC71-C-ISO30-SN_Drawing_2D.pdf. Accessed Aug. 28, 2021.
- [42] "ATC71-ISO30 INSTRUCTION MANUAL." p. 42.
- [43] B.V, D. Automatic Toolchanger ATC71-C-ISO30-SN S1(7.5kW)S6(9.0kW) 12krpm Max24krpm. <https://www.damencnc.com/en/automatic-toolchanger-atc71-c-iso30-sn-s1-7-5kw-s6-9-0kw-12krpm-max24krpm/a11>. Accessed Aug. 13, 2021.
- [44] B.V, D. Automatic Toolchanger ATC71-C-HSK63-LN S1(7.5kW)S6(9.0kW) 12krpm Max24krpm. <https://www.damencnc.com/en/automatic-toolchanger-atc71-c-hsk63-ln-s1-7-5kw-s6-9-0kw-12krpm-max24krpm/a24>. Accessed Aug. 13, 2021.
- [45] ATC41-ISO20-SN, Teknomotor. https://www.teknomotor.com/eng/prodotti-categoria/atc_automatic_tool_changer_electros spindles-11/. Accessed Aug. 12, 2021.
- [46] ATC Electros spindles - CNC Automatic Tool Change | Hiteco. <https://www.hiteco.net/en/products/electros spindles-a.t.c.c8190>. Accessed Aug. 12, 2021.
- [47] ATC71-A-ISO30-SN, ATC - Automatic Tool Changer Electros spindles, Teknomotor. https://www.teknomotor.com/eng/prodotti-dettaglio/atc_automatic_tool_changer_electros spindles-11/atc71_a_iso30_sn-17-51.php/frm_pagina=1. Accessed Aug. 12, 2021.
- [48] DIN 69871 ISO30/ISO40/ISO50. <http://www.diviprec.com/es/productos/portaherramientas/din-69871-iso30-iso40-iso50.html>. Accessed Aug. 29, 2021.
- [49] Diferencias DIN / EN / ISO. <https://www.imporpernos.com/blog/diferencias-din-en-iso>. Accessed Aug. 29, 2021.

- [50] B.V, D. Flange for Robotic Milling (KUKA KR200,ABB IRB 6600). <https://www.damencnc.com/en/flange-for-robotic-milling-kuka-kr200-abb-irb-6600/a3749>. Accessed Aug. 29, 2021.
- [51] B.V, D. TeknoMotor MountingPlate ICP4030. <https://www.damencnc.com/en/teknomotor-mountingplate-icp4030/a924>. Accessed Aug. 29, 2021.
- [52] B.V, D. TeknoMotor MountingPlate V4 for 40x160L Profile. <https://www.damencnc.com/en/teknomotor-mountingplate-v4-for-40x160l-profile/a493>. Accessed Aug. 29, 2021.
- [53] qabil. Here's the Flange for the Robot. Note Colors for Locations of Pins on Interface Plate. *SlideServe*. <https://www.slideserve.com/qabil/here-s-the-flange-for-the-robot-note-colors-for-locations-of-pins-on-interface-plate>. Accessed Aug. 13, 2021.
- [54] Hiteco. 2nd #HitecoTutorial | Mechanical Fixing. .
- [55] Officine MORARI - Right Angle Head Double Collet/Blade Disk. <http://www.morari.it/home/en/right-angle-heads/double-colletblade-disk>. Accessed Aug. 29, 2021.
- [56] Pull Studs | Secotools.Com. https://www.secotools.com/article/m_7380. Accessed Aug. 29, 2021.
- [57] 01_sistemas-de-Sujecion-Orba-Ayma-Catalogo-General.Pdf. https://www.ayma.es/archivos/201805/01_sistemas-de-sujecion-orba-ayma-catalogo-general.pdf?2. Accessed Aug. 13, 2021.
- [58] ¿Qué Es El Mecanizado Por Arranque de Viruta? :: Kuzu Decoletaje. <https://kuzudecoletaje.es/mecanizado-arranque-viruta/>. Accessed Jan. 28, 2022.
- [59] Fresado En Escuadra. *Sandvik Coromant*. <https://www.sandvik.coromant.com/es-es/knowledge/milling/pages/shoulder-milling.aspx>. Accessed Jan. 28, 2022.
- [60] Planeado. *Sandvik Coromant*. <https://www.sandvik.coromant.com/es-es/knowledge/milling/pages/face-milling.aspx>. Accessed Jan. 28, 2022.
- [61] Fresado de Perfiles. *Sandvik Coromant*. <https://www.sandvik.coromant.com/es-es/knowledge/milling/pages/profile-milling.aspx>. Accessed Jan. 28, 2022.
- [62] Fresado de Ranuras. *Sandvik Coromant*. <https://www.sandvik.coromant.com/es-es/knowledge/milling/pages/groove-or-slot-milling.aspx>. Accessed Jan. 28, 2022.
- [63] Fresado de Chaflanes. *Sandvik Coromant*. <https://www.sandvik.coromant.com/es-es/knowledge/milling/pages/chamfer-milling.aspx>. Accessed Jan. 28, 2022.
- [64] Tornofresado. *Sandvik Coromant*. <https://www.sandvik.coromant.com/es-es/knowledge/milling/pages/turn-milling.aspx>. Accessed Jan. 28, 2022.
- [65] Fabricación de Engranajes. *Sandvik Coromant*. <https://www.sandvik.coromant.com/es-es/knowledge/milling/pages/gear-manufacturing.aspx>. Accessed Jan. 28, 2022.
- [66] Fresado de Agujeros y Cavidades/Alojamientos. *Sandvik Coromant*. <https://www.sandvik.coromant.com/es-es/knowledge/milling/milling-holes-cavities-pockets/pages/default.aspx>. Accessed Jan. 28, 2022.
- [67] Guía de compra de fresadoras para madera. *Tecnitool*. <https://www.tecnitool.es/fresadoras-para-madera/>. Accessed Jan. 28, 2022.
- [68] Fresado. *Sandvik Coromant*. <https://www.sandvik.coromant.com/es-es/knowledge/machining-formulas-definitions/pages/milling.aspx>. Accessed Jan. 28, 2022.
- [69] Formula for Face Milling | MITSUBISHI MATERIALS CORPORATION. http://www.mitsubishicarbide.com/en/technical_information/tec_rotating_tools/face_mills/tec_milling_formula/tec_milling_formula. Accessed Jan. 28, 2022.
- [70] CNC Router Bits – A Simple Guide. *All3DP*. <https://all3dp.com/2/guide-to-cnc-router-bits-all-you-need-to-know/>. Accessed Aug. 30, 2021.
- [71]  6 Tipos de Fresas para Madera - JUEGO de Fresas - CM. Feb 14, 2020.
- [72] Tecnocorte, P. por. Información técnica fresas CON mango en fresadora de madera y cnc. Tecnocorte, Dec 07, 2018.
- [73] FRESAR. TIPOS DE FRESAS. <http://www.bricotodo.com/fresar.htm>. Accessed Aug. 13, 2021.

- [74] What Are the Parts of a Trend Router Cutter? <https://www.wonkeedonkeetrend.co.uk/trend-router-cutters-general-information/parts-of-trend-router-cutters/what-are-the-parts-of-a-trend-router-cutter/>. Accessed Aug. 30, 2021.
- [75] Routing Basics - Part 3: Straight Bits. <https://www.canadianwoodworking.com/tipstechniques/routing-basics-part-3-straight-bits>. Accessed Aug. 30, 2021.
- [76] Vallado perimetral de seguridad para máquinas. *FERAX*. <https://www.ferax.es/es/productos/protecciones-industriales/vallas-de-seguridad/vallado-perimetral>. Accessed Jan. 28, 2022.
- [77] Inicio | ValladodeSeguridad. *Vatryx*. <https://www.vatryx.com/vallado-de-seguridad>. Accessed Jan. 28, 2022.
- [78] Vallado Perimetral de Seguridad - Logismarket. <https://www.logismarket.es/vallado-perimetral-de-seguridad>. Accessed Jan. 28, 2022.
- [79] Cortinas Fotoeléctricas de Seguridad | SICK. <https://www.sick.com/es/es/dispositivos-de-proteccion-optoelectronicos/cortinas-fotoelectricas-de-seguridad/c/g185751>. Accessed Jan. 28, 2022.
- [80] C40S-0901AA030 | Sick | WIAutomation. https://es.wiautomation.com/sick/productos-generales/fotocelulas/C40S0901AA0301022204?utm_source=shopping_free&utm_medium=organic&utm_content=ES60386&gclid=Cj0KCQjw4eaJBhDMARIsANhrQAAtOCBf7sC1yIF7ghhIU56KgAmEgM5he6-9Eu2_gbKS0VZPXF1eocAaAhLSEALw_wcB. Accessed Jan. 28, 2022.
- [81] Alfombra de seguridad industrial. <https://www.starautomation.es/productos/alfombra-gsts>. Accessed Jan. 28, 2022.
- [82] Controlador lógico programable. Wikipedia, la enciclopedia libre, Oct 08, 2021.
- [83] Automatas Programables PLC | ABB. <https://new.abb.com/plc/es/>. Accessed Jan. 28, 2022.
- [84] humans.txt. Pulsador (Unidad Completa) Siemens SIRIUS ACT 3SU1150-0AB20-1BA0. <https://www.automation24.es/pulsador-unidad-completa-siemens-sirius-act-3su1150-0ab20-1ba0>. Accessed Jan. 31, 2022.
- [85] Schneider Electric XALK178 | RS Components. <https://es.rs-online.com/web/p/botones-pulsadores-de-parada-de-emergencia/7951295>. Accessed Jan. 31, 2022.
- [86] UNE - Asociación Española de Normalización. <https://www.une.org/>. Accessed Jan. 28, 2022.
- [87] iTeh Standards - The Source for Standards and Specifications. *iTeh Standards Store*. <https://standards.iteh.ai>. Accessed Jan. 28, 2022.
- [88] INTRODUCIO RAPID.Pdf. <http://personal.biada.org/~jhorriillo/INTRODUCCIO%20RAPID.pdf>. Accessed Sep. 12, 2021.
- [89] Robot selector. *Robotics*. <https://new.abb.com/products/robotics/es/robots-industriales/selector-robots>. Accessed Aug. 20, 2021.
- [90] industrial intelligence 4.0_beyond automation. *KUKA AG*. <https://www.kuka.com/es-es>. Accessed Aug. 20, 2021.
- [91] Robots Antropomórficos (de Brazo Articulado): Características y Suministradores-Robótica y Automática. <https://www.interempresas.net/Robotica/Productos/Robots-antropomorficos.html>. Accessed Sep. 7, 2021.
- [92] IRB 6660 | ABB. *SmartLinks*. <https://new.abb.com/products/es/3HAC020536-013/irb-6660>. Accessed Aug. 12, 2021.
- [93] IRB 6660 Premecanizado. *Robotics*. <https://new.abb.com/products/robotics/es/robots-industriales/irb-6660-premecanizado>. Accessed Aug. 13, 2021.
- [94] IRB 7600 - Robots Industriales | ABB. <https://new.abb.com/products/robotics/es/robots-industriales/irb-7600>. Accessed Jan. 28, 2022.
- [95] IRBT 7004 para IRB 7600. *Robotics*. <https://new.abb.com/products/robotics/es/equipamiento-accesorios-aplicaciones/posicionadores-de-robot-control-de-movimiento/irbt-7004-para-irb-7600>. Accessed Jan. 28, 2022.

- [96] Product Specification - IRB 6660.Pdf. <https://library.e.abb.com/public/91504b95a1734759a3e5b3eb5fc20560/3HAC028207%20PS%20IRB%206660-en.pdf>. Accessed Aug. 12, 2021.
- [97] Pre-Machining | Cutting, Milling, Peeling and Turning of Cast Iron | TassoBar. <https://www.tasso-bar.com/pre-machining/>. Accessed Aug. 20, 2021.
- [98] Ajustes y Tolerancias En Los Procesos de Mecanizado. <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn19.html>. Accessed Aug. 13, 2021.
- [99] Loncho1988. Acotación. , 23:14:47 UTC.
- [100] Acotado. <http://www.profesoraltuna.com/dibujo2/4Acotado/4Acotado.htm>. Accessed Aug. 12, 2021.
- [101] Valores y Vectores Propios. <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica3/numerico/propios/propios.html>. Accessed Jan. 28, 2022.
- [102] Momento y Tensor de Inercia (CMR). [http://laplace.us.es/wiki/index.php/Momento_y_tensor_de_inercia_\(CMR\)](http://laplace.us.es/wiki/index.php/Momento_y_tensor_de_inercia_(CMR)). Accessed Jan. 28, 2022.
- [103] Tools, E. End Mills. The Essential Beginners Guide. *Eternal Tools*. <https://www.eternaltools.com/blog/end-mills-the-essential-beginners-guide>. Accessed Jan. 28, 2022.
- [104] B.V, D. Spare Pullstud for TeknoMotor ATC71 ISO30. <https://www.damencnc.com/en/spare-pullstud-for-teknomotor-atc71-iso30/a696>. Accessed Jan. 31, 2022.
- [105] Aceros.Pdf. <https://www.tt-e.es/doc/aceros.pdf>. Accessed Jan. 31, 2022.
- [106] A2 Tool Steel (UNS T30102) - Air-Hardening, Medium-Alloy, Cold-Work Steels. *AZoM.com*. <https://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=6218>. Accessed Jan. 31, 2022.
- [107] Portaherramientas DIN ISO 7388-1 SK30/SK40/SK50 - HAIMER. *Haimer GmbH*. <https://www.haimer.es/productos/portaherramientas/din-iso-7388-1-sk30sk40sk50-antigua-din-69871.html>. Accessed Jan. 31, 2022.
- [108] TABLA-DE-ACEROS-BILTRA.Pdf. <https://www.biltra.com/wp-content/uploads/2018/09/TABLA-DE-ACEROS-BILTRA.pdf>. Accessed Jan. 31, 2022.
- [109] AISI 4130 Steel | 25CrMo4 | 1.7218 | 708A25 | SCM430 - Special Steel. <https://www.astmsteel.com/product/4130-steel-aisi-25crmo4-7218-scm430/>. Accessed Jan. 31, 2022.
- [110] Tungsten Carbide/Cobalt WC 94/Co 6 - Supplier Data by Goodfellow. *AZoM.com*. <https://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=2278>. Accessed Jan. 31, 2022.
- [111] NAHAK, S., Dewangan, S., Chattopadhyaya, S., Krolczyk, G., and Hloch, S. “Discussion on Importance of Tungsten Carbide - Cobalt (Wc-Co) Cemented Carbide and Its Critical Characterization for Wear Mechanisms Based on Mining Applications.” *Archives of Mining Sciences*, Vol. 63, 2018, pp. 229–246. <https://doi.org/10.24425/118897>.
- [112] Catalogue Welcome - Goodfellow. <https://www.goodfellow.com/uk/en-us/catalogue-welcome>. Accessed Jan. 31, 2022.
- [113] UTOPEX2.Pdf. <https://steelselector.sij.si/data/pdf/UTOPEX2.pdf>. Accessed Jan. 31, 2022.
- [114] ASTM B366 Hastelloy C276 Stub End,C-276 Stub End Long Stub Ends, Short Stubends. Pipe fittings,Flange,piping material manufacturer, Jan 27, 2019.
- [115] Hastelloy | Densidad, resistencia, dureza, punto de fusión. *Material Properties*. <https://material-properties.org/es/hastelloy-densidad-resistencia-dureza-punto-de-fusion/>. Accessed Jan. 31, 2022.
- [116] Hastelloy Nickel Base Spring Material | Spring Engineers. <http://www.springhouston.com/materials/nickel-base-alloy/hastelloy-spring.html>. Accessed Jan. 31, 2022.
- [117] Catalogue Welcome - Goodfellow. <https://www.goodfellow.com/us/en-us/catalogue-welcome>. Accessed Jan. 31, 2022.
- [118] AISI 4140 - ACEROS ESPECIALES ACES.S.A. <http://www.acerosespeciales.net/aisi4140.html>. Accessed Jan. 31, 2022.

- [119] Mundial, M. SAE AISI Acero 4140 Ficha Tecnica, Propiedades, Dureza, Caracteristicas, Tratamiento Termico. *Material Mundial Grados*. <https://www.materialmundial.com/sae-aisi-acero-4140-ficha-tecnica-propiedades/>. Accessed Jan. 31, 2022.
- [120] 50CrMo4. <https://steelnavigator.ovako.com/steel-grades/50crmo4/>. Accessed Jan. 31, 2022.
- [121] MatWeb - The Online Materials Information Resource. <http://matweb.com/errorUser.aspx?msgid=2&ckck=nocheck>. Accessed Jan. 31, 2022.
- [122] Stainless Steel 304 - 1.4301 Data Sheet Thyssenkrupp Materials (UK). *Materials UK*. <https://www.thyssenkrupp-materials.co.uk/stainless-steel-304-14301.html>. Accessed Jan. 31, 2022.
- [123] Density of Stainless Steel - Thyssenkrupp Materials (UK). *Materials UK*. <https://www.thyssenkrupp-materials.co.uk/density-of-stainless-steel>. Accessed Jan. 31, 2022.
- [124] SUS304 Stainless Steel Material Properties, Chemical Composition, Meaning. <https://www.theworldmaterial.com/sus304-stainless-steel-material/>. Accessed Jan. 31, 2022.
- [125] About Stainless Steel (SUS) | Steel Sale/ Inventory | Matsuikozai, Inc. <http://www.matsuikozai.com/en/steelstock/index.html>. Accessed Jan. 31, 2022.
- [126] Stainless Steel 304 - 1.4301 Data Sheet Thyssenkrupp Materials (UK). <https://www.thyssenkrupp-materials.co.uk/stainless-steel-304-14301.html>. Accessed Jan. 31, 2022.
- [127] 41Cr4. <https://steelnavigator.ovako.com/steel-grades/41cr4/>. Accessed Jan. 31, 2022.
- [128] Mat.No. 1.7035, DIN 41Cr4, AISI 5140 - Co., Ltd. <https://www.htsteelmill.com/es/mat-no-1-7035-din-41cr4-aisi-5140.html>. Accessed Jan. 31, 2022.
- [129] EN 10277-5 Grade 41Cr4 Cold Drawn - Chromium Steel - Matmatch. <https://matmatch.com/materials/minfm30637-en-10277-5-grade-41cr4-cold-drawn>. Accessed Jan. 31, 2022.
- [130] 40Cr Steel Equivalent, Mechanical Properties & Chemical Composition. <https://www.theworldmaterial.com/40cr-steel/>. Accessed Jan. 31, 2022.
- [131] Euro Inox. *Stainless Steel: Tables of Technical Properties*. Euro Inox, Brussel, 2007.
- [132] Properties: Stainless Steel - Grade 304 (UNS S30400). *AZoM.com*. <https://www.azom.com/properties.aspx?ArticleID=965>. Accessed Jan. 31, 2022.
- [133] says, B. C. J. Stainless Steel – Grade 440C (UNS S44004). *AZoM.com*. <https://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=6846>. Accessed Jan. 31, 2022.
- [134] Steelinex B.V. - Acero Inoxidable 1.4125 / AISI 440C | Steelinex. <https://www.steelex.nl/es/cualidades/aceros-inoxidables/1.4125-aisi-440c-x105crmo17>. Accessed Jan. 31, 2022.
- [135] AISI 1095 Carbon Steel (UNS G10950). *AZoM.com*. <https://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=6561>. Accessed Jan. 31, 2022.
- [136] AISI 1095 Springs - AISI 1095 Carbon Steel Springs | Coiling Technologies, Inc. <https://www.coilingtech.com/aisi-1095-springs/>. Accessed Jan. 31, 2022.
- [137] DIN 17222 Grade Ck101 Cold Rolled and Soft Annealed (+C+A) - Acero de Alto Carbono - Matmatch. <https://matmatch.com/es/materials/minfm31977-din-17222-grade-ck101-cold-rolled-and-soft-annealed-c-a->. Accessed Jan. 31, 2022.
- [138] Grade 19 Ti 3Al 8V 6Cr 4Zr 4Mo Alloy (UNS R58153). *AZoM.com*. <https://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=9364>. Accessed Jan. 31, 2022.
- [139] Grade 19Ti Beta-CTM3Al-8V-6Cr-4Zr-4Mo. ACNIS International.
- [140] H11 Tool Steel AISI | 1.2343 | X37CrMoV5-1 | SKD6 | BH11 - Otai Special Steel. <http://www.astmsteel.com/product/h11-tool-steel/>. Accessed Jan. 31, 2022.
- [141] admin. 16MnCr5 Alloy Steel Round Bar | T-1 Round Bar | Ssroundbar. .
- [142] Tool Steel H11. *Tech Steel & Materials*. <https://www.techsteel.net/alloy/tool-steel/h11>. Accessed Jan. 31, 2022.
- [143] Tool Steel H11 | Tech Steel & Materials. <https://www.techsteel.net/alloy/tool-steel/h11>. Accessed Jan. 31, 2022.
- [144] 16MnCr5 Alloy Steel Round Bar | T-1 Round Bar | Ssroundbar. <https://www.ssroundbar.com/roundbar-rodbar/alloysteel-roundbar-alloysteel-rodbar/rodbar-type-16mncr5-alloy-roundbar/>. Accessed Jan. 31, 2022.

- [145] 20CrMnTi (GB) - Worldwide Equivalent Grades.
http://www.steelnumber.com/en/equivalent_steel_iron_eu.php?zname_id=5984. Accessed Jan. 31, 2022.
- [146] admin. 16MnCr5 Alloy Steel Round Bar | T-1 Round Bar | Ssroundbar. .
- [147] Linge, M. 1.7131 ficha técnica - Aceros de cementación y nitruración - German Special Steel. gss-spain.com.
- [148] Tool Holders, Collets and Machine Accessories ER Collets - MariTool.
<https://www.maritool.com/ER-Collets>. Accessed Jan. 31, 2022.
- [149] Collet. Wikipedia, Sep 12, 2021.
- [150] Teknomotor S.r.l. | Spindles and Electric Motor Manufacturers. .
- [151] ERColletChuck-Features.Pdf. <https://www.lyndexnikken.com/images/files/ERColletChuck-features.pdf>. Accessed Jan. 31, 2022.
- [152] Çalışkan, H., Kurşuncu, B., Kurbanoglu, C., and Güven, Ş. Y. “Material Selection for the Tool Holder Working under Hard Milling Conditions Using Different Multi Criteria Decision Making Methods.” *Materials & Design*, Vol. 45, 2013, pp. 473–479.
<https://doi.org/10.1016/j.matdes.2012.09.042>.
- [153] BT30-ER32-60 Collet Holder with 25mm Facemill | 3D CAD Model Library | GrabCAD.
<https://grabcad.com/library/bt30-er32-60-collet-holder-with-25mm-facemill-1>. Accessed Sep. 5, 2021.
- [154] RotaxAams. Create Mechanism Gripper Abb Robotstudio. 2018.
- [155] Técnicas Mecatronicas Automation. ABB RobotStudio RAPID 2.2 Matrices y Registros. 2018.
- [156] José María Delgado Casado. RobotStudio - Interrupciones En RAPID. 2020.

8 ANEXO

Figura 1: Ejemplo de robot cartesiano	13
Figura 2: Partes de un robot antropomórfico	14
Figura 3: Robot colaborativo de ABB	14
Figura 4: Robot Delta (paralelo)	15
Figura 5: Robot SCARA	15
Figura 6: Robot móvil de la marca Robotnik	16
Figura 7: Ejemplo de robot zoomórfico: BigDog	16
Figura 8: Ejemplo de robot humanoide	17
Figura 9: Fresado del siglo XIX	17
Figura 10: Cabeza de fresado 1	20
Figura 11: Cabeza de fresado 2	20
Figura 12: Partes externas de un electro-husillo	21
Figura 13: Placa del motor	21
Figura 14: Acople correcto boquilla y tuerca	22
Figura 15: Ejemplo de acople “quick tool change”	22
Figura 16: ATC71-C	23
Figura 17: Acople circular	24
Figura 18: Placa rectangular, 2 pletinas	24
Figura 19: Placa rectangular, pletina larga	24
Figura 20: Boquilla de ajuste	25
Figura 21: Nomenclatura de las boquillas de ajuste	25
Figura 22: Tuercas Modelos ER 11, 16 y 20	26
Figura 23: Tuerca Modelo ER32	26
Figura 24: Llave para ER32	27
Figura 25: Cabezal portaherramientas ISO 30 y HSK 63F de Teknomotor	27
Figura 26: Portaherramientas 90°	28
Figura 27: Tirante tipo A acorde a la normativa UNE 15009-94/2	29
Figura 28: Variedad de portaherramientas 1	30
Figura 29: Variedad de portaherramientas 2	31
Figura 30: Fresado de escuadra	33
Figura 31: Fresado planeado	34
Figura 32: Fresado de perfiles (1)	34
Figura 33: Fresado de perfiles (2)	34
Figura 34: Inclinación punta redonda	37
Figura 35: Fresado de ranuras (2)	37
Figura 36: Fresado de ranuras (1)	37
Figura 37: Achaflanado de un agujero	39
Figura 38: Achaflanado de una arista	39
Figura 39: Torno-fresado	39

Figura 40: Fresado de engranajes (1)	40
Figura 41: Fresado de engranajes (2)	40
Figura 42: Mecanizado de cavidades	41
Figura 43: Sentido correcto del fresado de madera	42
Figura 44: Fresado correcto (2)	42
Figura 45: Fresado correcto (1)	42
Figura 46: Fresado incorrecto (2)	43
Figura 47: Fresado incorrecto (1)	43
Figura 48: Avance por diente	45
Figura 49: Distancia de corte y longitud de mecanizado	47
Figura 50: Ángulo del filo	47
Figura 51: Diámetros de corte de la fresa	48
Figura 52: Profundidad de corte	48
Figura 53: Número de filos efectivos	49
Figura 54: Distancia entre filos	49
Figura 55: Partes fresa	51
Figura 56: Punta de corte intercambiable	52
Figura 57: Tipos de fresas (1)	53
Figura 58: Tipos de fresas (2)	54
Figura 59: Acople fresa a la boquilla de ajuste	55
Figura 60: Tabla dimensiones panel de seguridad	56
Figura 61: Panel de seguridad con distancia al suelo de 150 mm	56
Figura 62: Cortina de seguridad	57
Figura 63: Alfombra de seguridad	57
Figura 64: PLC	58
Figura 65: Seta de emergencia	59
Figura 66: Botón industrial	59
Figura 67: Formato Test	66
Figura 68: Imagen función	67
Figura 69: Comando MoveC	67
Figura 70: Comando MoveLDO	67
Figura 71: Comando WaitDI	67
Figura 72: Comando SetDO	67
Figura 73: TCP	68
Figura 74: símbolo "source"	69
Figura 75: Símbolo de cola	69
Figura 76: Símbolo para mover linealmente.	69
Figura 77: Símbolo sensor	69
Figura 78: Símbolo para sensores de colisión.	69
Figura 79: Símbolo de agarrar	70

Figura 80: Símbolo soltar	70
Figura 81: Símbolo de puerta lógica	70
Figura 82: Distintas configuraciones del IRB 6660	73
Figura 83: Configuración de los 6 ejes	74
Figura 84: Diferencia entre los modelos 100/3.3 y 205/1.9	74
Figura 85: Modelo IRB 6660-205/1.9	75
Figura 86: Grado funcionamiento de los ejes	76
Figura 87: Velocidad máxima de los ejes	76
Figura 88: Área máxima de trabajo	77
Figura 89: Tabla posiciones A-G	78
Figura 90: Tabla posiciones H-K	78
Figura 91: Protección contra viruta (serrín)	79
Figura 92: Par motor y fuerza	80
Figura 93: Diagrama de carga	81
Figura 94: Diagrama con 10° de inclinación de la “muñeca”	82
Figura 95: Esquema movimiento completo	83
Figura 96: Esquema movimiento limitado	84
Figura 97: Tornillos para la base	85
Figura 98: Orificios fijación de la base del robot	85
Figura 99: Diagrama placa de la base	86
Figura 100: Diagrama de la placa de la base (2)	86
Figura 101: Diagrama de la placa de la base (3)	87
Figura 102: Tolerancias placa de la base	87
Figura 103: Diagrama de la placa de la base (4)	87
Figura 104: Especificaciones de la posición A	88
Figura 105: Manguito guía	88
Figura 106: Referencias de la brida	89
Figura 107: Especificaciones de la brida	90
Figura 108: Tabla con las especificaciones A, B y C	90
Figura 109: Vista isométrica electro-husillo ATC71	91
Figura 110: Especificaciones técnicas de funcionamiento ATC71	92
Figura 111: Propiedades de los cables de funcionamiento	92
Figura 112: Especificaciones de los sensores inductivos	93
Figura 113: Estados del husillo en función de los sensores S1, S2 y S5	93
Figura 114: Esquema de los sensores en el conector	93
Figura 115: Diagrama del conector neumático	94
Figura 116: Esquema neumático del pistón	94
Figura 117: Esquema del conector de corriente	95
Figura 118: Esquema de limpieza del orificio del portaherramientas	95
Figura 119: Esquemas de los sensores	96

Figura 120: Información de los sensores _____	96
Figura 121: Esquema eléctrico de los sensores _____	97
Figura 122: Comparativa de los 3 modelos del ATC71 _____	97
Figura 123: Especificaciones del estator y del rotor. _____	97
Figura 124: Dispositivo de enclavamiento y expulsión del portaherramientas _____	98
Figura 125: Salida del sensor 3 _____	98
Figura 126: Elementos mirar el centro de gravedad en RS _____	105
Figura 127: Referencia a bloque. 1 elemento _____	106
Figura 128: Usar Descomponer _____	107
Figura 129: División de la pieza en elementos más sencillos. Referencia a bloque: 4 elementos _	108
Figura 130: 8 elementos: 3 sólidos y 5 referencias a bloque _____	108
Figura 131: Referencia a bloque de la fresa _____	109
Figura 132: Plaquitas de la fresa _____	109
Figura 133: 8 sólidos 3D _____	110
Figura 134: Imagen del husillo en AutoCAD _____	111
Figura 135: Propiedades del husillo obtenidas con AutoCAD _____	112
Figura 136: Imagen del portaherramientas con la fresa _____	113
Figura 137: Propiedades del portaherramientas con la fresa obtenidas con AutoCAD _____	114
Figura 138: Propiedades en Inventor _____	118
Figura 139: Propiedades en Inventor (2), antes de actualizar el valor de la densidad _____	119
Figura 140: Propiedades en Inventor (3), después de actualizar el valor de la densidad _____	119
Figura 141: Lista de las propiedades de Inventor _____	120
Figura 142: Selección un componente dentro de una pieza compuesta _____	121
Figura 143: Especificar la densidad para 1 componente _____	122
Figura 144: Propiedades en Inventor _____	122
Figura 145: Modelo 3D del husillo en RobotStudio _____	129
Figura 146: Agrupar los elementos en una sola pieza _____	129
Figura 147: Crear el sistema de coordenadas para el TCP _____	130
Figura 148: Modificar orientación del sistema de coordenadas para el TCP _____	130
Figura 149: Primera ventana para definir la herramienta: Husillo _____	131
Figura 150: Segunda ventana para definir la herramienta: Husillo _____	131
Figura 151: Modelo del portaherramientas con la fresa de cola de milano _____	132
Figura 152: Sistema de coordenadas TCP para la cola de milano _____	132
Figura 153: Primera ventana para definir la herramienta: Portaherramientas con fresa de cola de milano _____	133
Figura 154: Segunda ventana para definir la herramienta: Portaherramientas con fresa de cola de milano _____	133
Figura 155: Modelo del portaherramientas con la fresa1 _____	134
Figura 156: Reorientar la pieza _____	134
Figura 157: Exportar la pieza orientada _____	135

Figura 158: Seleccionar la herramienta para medir distancias	135
Figura 159: Se mide la distancia entre el centro del extremo del vástago de la fresa y el extremo de la plaquita	136
Figura 160: Creación del sistema de coordenadas para el TCP con la corrección de la altura de la plaquita	136
Figura 161: Orientar el TCP	137
Figura 162: Posición del sistema de coordenadas	137
Figura 163: Orientar el TCP	138
Figura 164: Primera ventana para definir la herramienta: Portaherramientas con fresa1	138
Figura 165: Segunda ventana para definir la herramienta: Portaherramientas con fresa1	139
Figura 166: Definir parámetros de la base (1). Cilindro	140
Figura 167: Definir parámetros de la base (2). Prisma rectangular	141
Figura 168: Definir dimensiones de los dedos de la pinza. Prisma rectangular	141
Figura 169: Modificar origen local	142
Figura 170: Posicionar la segunda parte de la base en el centro gracias a modificar el origen local	142
Figura 171: Posicionar el prisma rectangular para conformar la base	143
Figura 172: Colocar un dedo de la pinza de forma errónea	143
Figura 173: Posicionar el dedo correctamente	143
Figura 174: Seleccionar el segundo dedo	144
Figura 175: Colocar el segundo dedo	144
Figura 176: Colocar el segundo dedo (2)	145
Figura 177: Creación del sistema de coordenadas TCP de la pinza	145
Figura 178: Comprobar el centro de gravedad con RobotStudio (1)	146
Figura 179: Comprobar el centro de gravedad con RobotStudio (2)	146
Figura 180: Comprobar el centro de gravedad con RobotStudio (3)	147
Figura 181: Ventana para definir la herramienta-mecanismo: Pinza.	147
Figura 182: Creación de los eslabones	148
Figura 183: Creación de un eje	148
Figura 184: Creación de un eje (2)	149
Figura 185: Creación del 2º eje	149
Figura 186: Establecer la distancia para la tabla de milano	150
Figura 187: Longitud máxima entre los dedos de la pinza	150
Figura 188: Establecer los datos clásicos de una herramienta en RobotStudio. Pinza	151
Figura 189: Crear pose: Abierta	151
Figura 190: Crear pose: Cerrada	152
Figura 191: Ventana de tiempos de transición. Antes	152
Figura 192: Ventana de tiempos de transición. Después	152
Figura 193: Crear una estación	153
Figura 194: Estación vacía	153
Figura 195: Lista de robots	154

Figura 196: Importar robot 6660-205/1.9 _____	154
Figura 197: Robot 6660 en la posición (0,0,0) _____	155
Figura 198: Más elementos en la lista de robots _____	155
Figura 199: Los 3 robots y el posicionador en la estación al importarlos. _____	156
Figura 200: Botón importar _____	157
Figura 201: Importar herramientas. Carpeta _____	157
Figura 202: Importar herramientas. Husillo _____	158
Figura 203: Menú propiedades _____	158
Figura 204: Seleccionar Husillo para acoplarlo al robot _____	159
Figura 205: Ventana para confirmar acoplar el Husillo al robot _____	159
Figura 206: Husillo en el robot _____	160
Figura 207: Colocar las fresas (1) _____	161
Figura 208: Colocar las fresas (2) _____	161
Figura 209: Girar las herramientas conforme a su posición final (1) _____	162
Figura 210: Girar las herramientas conforme a su posición final (2) _____	162
Figura 211: Posición final de las herramientas de fresado con el portaherramientas _____	162
Figura 212: Establecer el origen local en la tabla _____	163
Figura 213: Posición de la tabla en la cinta de entrada _____	163
Figura 214: Error de posicionamiento de la tabla en la cinta de salida _____	164
Figura 215: Cambiar el origen local para corregir el error _____	164
Figura 216: Posicionar la tabla en la cinta de salida _____	165
Figura 217: Fijar la posición. _____	167
Figura 218: Situar el posicionador acorde al sistema de coordenadas del mismo _____	167
Figura 219: Acoplar robot al posicionador (1) _____	168
Figura 220: Acoplar robot al posicionador (2) _____	168
Figura 221: Ventana con las versiones del RobotWare IRC5 _____	169
Figura 222: Opciones para el controlador virtual _____	170
Figura 223: Ventana crear un controlador (1). IRB 6660 _____	171
Figura 224: Ventana crear un controlador (2). IRB 6660. Seleccionar robot de la estación _____	171
Figura 225: Ventana crear un controlador (1). IRB 7600 y posicionador _____	172
Figura 226: Ventana crear un controlador (2). IRB 7600. Seleccionar robot de la estación y posicionador _____	172
Figura 227: Ventana crear un controlador (3). Tareas del controlador _____	173
Figura 228: Ventana seleccionar la opción para configurar señales de entrada y salida _____	173
Figura 229: Ventana final del controlador IRB 6660. _____	174
Figura 230: Ventana final del controlador IRB 7600 _____	174
Figura 231: Ventana cambiar opciones controlador _____	175
Figura 232: Ventana emergente al usar el botón _____	176
Figura 233: Ventana con las opciones para administrar la creación y modificaciones de los controladores virtuales. _____	176

Figura 234: Apartado donde se muestran los controladores virtuales existentes _____	177
Figura 235: Ventana donde se muestran las opciones que se pueden añadir a un controlador ____	177
Figura 236: Ventana emergente al no encontrar el robot IRB 6660 _____	178
Figura 237: Ventana para añadir el robot IRB 6660 _____	178
Figura 238: Ventana para añadir el robot IRB 6660 (2) _____	178
Figura 239: Botón reiniciar el controlador _____	179
Figura 240: Botón para ver la configuración de movimientos del robot _____	179
Figura 241: Posición del robot según la estación _____	180
Figura 242: Posición del robot almacenada en el controlador _____	180
Figura 243: Comprobar que el robot este asociado al posicionador en el controlador _____	181
Figura 244: Panel superior donde se muestra la opción de sincronizar _____	182
Figura 245: Crear objeto de trabajo _____	183
Figura 246: Crear objeto de trabajo. Propiedades _____	183
Figura 247: Valores objeto de trabajo: Cinta de entrada _____	184
Figura 248: Modificar posición (1) _____	185
Figura 249: Modificar posición (2) _____	185
Figura 250: Valores objeto de trabajo: Cinta de salida _____	186
Figura 251: Valores objeto de trabajo: Mesa _____	186
Figura 252: Valores objeto de trabajo: Cambio de herramientas _____	187
Figura 253: Posición del objeto de trabajo en el cambio de herramientas. _____	187
Figura 254: Valores objeto de trabajo: Mesa para el robot IRB 6660 _____	188
Figura 255: Crear punto _____	189
Figura 256: Propiedades crear punto _____	190
Figura 257: Botón añadir posición del robot _____	190
Figura 258: Movimientos lineales _____	191
Figura 259: Giros de la muñeca del robot _____	191
Figura 260: Programar posición robot _____	192
Figura 261: Movimientos ejes del robot _____	192
Figura 262: Modificar eje externo (posicionador) _____	193
Figura 263. Ventana modificar eje externo _____	193
Figura 264: Crear trayectoria _____	200
Figura 265: Crear trayectoria (2) _____	201
Figura 266: Configuraciones del robot _____	205
Figura 267: Opciones configuración del robot _____	206
Figura 268: Opciones configuración del robot con giros _____	206
Figura 269: Crear dispositivo _____	207
Figura 270: Configurar dispositivo (1) _____	208
Figura 271: Configurar dispositivo (2) _____	208
Figura 272: Configurar dispositivo (3) _____	209
Figura 273: Configurar señal (1) _____	209

<i>Figura 274: Configurar señal (2)</i>	210
<i>Figura 275: Configurar señal (3)</i>	210
<i>Figura 276: Configurar señal (4)</i>	210
<i>Figura 277: Configurar señal (5)</i>	211
<i>Figura 278: Propiedades linear mover</i>	214
<i>Figura 279: Puertas lógica NOT</i>	214
<i>Figura 280: Configurar sensor</i>	215
<i>Figura 281: Source/Fuente- crear objeto que simule el mismo</i>	215
<i>Figura 282: Configurar la acción de agarre a la pinza</i>	216
<i>Figura 283: Configurar señales de entrada y salida de un componente inteligente</i>	216
<i>Figura 284: Configurar tabla para generar piezas</i>	217
<i>Figura 285: Lógica de la estación</i>	218
<i>Figura 286: Cinta de entrada</i>	218
<i>Figura 287: Componentes del cambio de herramientas</i>	219
<i>Figura 288: Componentes de la cinta de salida</i>	219
<i>Figura 289: Ventana simulación de eventos</i>	220
<i>Figura 290: Crear un evento para cada estado de la señal</i>	220
<i>Figura 291: Seleccionar controlador y señal</i>	221
<i>Figura 292: Seleccionar la opción de mover mecanismo hasta pose</i>	221
<i>Figura 293: Ventana seleccionar mecanismo y pose</i>	222
<i>Figura 294: Se selecciona mecanismo y pose</i>	222
<i>Figura 295: Seleccionar señal digital mesa</i>	223
<i>Figura 296: Ventana módulos de un controlador</i>	225
<i>Figura 297: Apartados de un procedimiento</i>	226
<i>Figura 298: Problemas al trabajar con más programas a la vez que RobotStudio</i>	261
<i>Figura 299: Error en FlexPendant por error en el software de RobotStudio</i>	261
<i>Figura 300: Error de los controladores con RobotWare</i>	262
<i>Figura 301: Error grave en RobotStudio</i>	263

<i>Fórmula 1: Velocidad de corte</i>	45
<i>Fórmula 2: Velocidad de giro</i>	45
<i>Fórmula 3: Avance por diente (1)</i>	45
<i>Fórmula 4: Avance por diente (2)</i>	45
<i>Fórmula 5: Avance por revolución</i>	46
<i>Fórmula 6: Velocidad de avance</i>	46
<i>Fórmula 7: Arranque de viruta</i>	46
<i>Fórmula 8: Tiempo de mecanizado</i>	47
<i>Fórmula 9: Potencia neta</i>	47
<i>Fórmula 10: Par de apriete</i>	47
<i>Tabla 1: Velocidad de sincronismo a 50 Hz</i>	19
<i>Tabla 2: Fresado de perfiles</i>	35
<i>Tabla 3: Diámetro de corte entre las distintas terminaciones</i>	36
<i>Tabla 4: Fresado de ranuras</i>	38
<i>Tabla 5: Abreviaturas propiedades fresado</i>	44
<i>Tabla 6: Tabla con las partes de la fresa</i>	51
<i>Tabla 7: Ancho de corte y máxima velocidad en RPM</i>	55
<i>Tabla 8: Tabla fuerza y par</i>	80
<i>Tabla 9: Tabla con valores máximos a 10º</i>	82
<i>Tabla 10: Tabla unidades</i>	83
<i>Tabla 11: Tabla momento inercia (movimiento completo eje 5)</i>	83
<i>Tabla 12: Tabla momento inercia (movimiento limitado eje 5)</i>	84
<i>Tabla 13: "Bill Of Materials" (BOM)-Lista de materiales</i>	117
<i>Tabla 14: Posición de los sistemas de coordenadas</i>	166
<i>Tabla 15: Tabla valores posiciones cinta de salida</i>	195
<i>Tabla 16: Tabla posiciones en la mesa</i>	195
<i>Tabla 17: Tabla posiciones robot cinta de entrada</i>	196
<i>Tabla 18: Tabla posiciones cambio de herramienta</i>	197
<i>Tabla 19: Tabla posiciones mesa de fresado</i>	198
<i>Tabla 20: Tabla señales controlador principal: 7600</i>	212
<i>Tabla 21: Tabla señales controlador de fresado</i>	213

