

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ELCHE

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA



"SIMULACIÓN DE ESTACION DE PALETIZADO Y
ESTACION REAL A ESCALA CON ROBOT ABB
120"

TRABAJO FIN DE GRADO

Junio -2020

AUTOR: Maria Llorente Martínez

DIRECTOR:

César Fernández Peris

Juan Sánchez Solana

Con esfuerzo todo se consigue

Resumen

Este proyecto lo vamos a dividir en dos partes, una será la simulación y otra que será la de una estación a escala, la realizamos a escala ya que el brazo robótico que tenemos en el instituto es educativo.

Tanto la simulación como la estación a escala la vamos a hacer con un brazo robótico de marca ABB, modelo IRB 120, de 6 grados de libertad.

Para realizar la parte de la simulación vamos a usar el programa propio de la marca siendo este Robot Studio y código rapid.

La segunda parte es la de la estación a escala, esto se hará con sus componentes eléctricos, electrónicos y neumáticos, creando los circuitos correspondientes.

Índice

Capítulo 1 Introducción.....	8
1.1 Justificación del proyecto.....	9
1.2 Objetivos.....	10
1.3 Estructura de la memoria	11
Capítulo 2 Estudio previo	12
2.1 Introducción al paletizado	13
2.2 Robot industrial. Aplicaciones.....	16
2.3 Evolución histórica.....	22
2.4 Equipos utilizados	23
Capítulo 3 Desarrollo del proyecto	24
3.1 Gestión del robot	25
3.2 Diseño 3D.....	28
3.3 Tarea a realizar con el robot.....	33
3.4 Conceptos código rapid	34
Capítulo 4 Resultados.....	37
4.1 Sistema robótico.....	38
4.1.1 Simulación.....	38
4.1.2 Desarrollo sobre el entorno real.....	47
Capítulo 5 Estudio económico	51
5.1 Costes directos.....	52
5.1.1 Costes asociados al equipo.....	52
5.1.2 Costes asociados a la mano de obra.....	52
5.2 Costes indirectos.....	53
5.3 Coste total del proyecto.....	53
Anexos	
Anexo A Componentes	
Anexo B Planos de la instalación: Generales, Eléctricos, Neumático	
Anexo C Bibliografía	

Capítulo 1: Introducción

1.1 Justificación del proyecto

Terminando la carrera de ingeniería mecánica, me dije que por qué iba a perder tanto tiempo en casa sólo estudiando las 3 asignaturas que me quedaban y decidí meterme a un grado superior para tener más conceptos que podrían ser complementarios con mi carrera.

Me planteé hacer automoción ya que también me llama la atención, pero luego pensé que en la Región de Murcia no hay mucha industria automovilística, así que me terminé decantando por el grado superior de automatización y robótica industrial en el cual además de tener conceptos teóricos iba a ser todo más práctico y así fue.

He aprendido mucha electricidad con programas nuevos como Eplan y de automatización como la programación de PLC's con programas como Rockwell y Tia Portal.

Después de realizar el grado superior de automatización y robótica industrial y unas prácticas en la empresa Vidal Golosinas, me dio la curiosidad de cómo se programaría una estación de paletizado, ya que en dicha empresa poseen 5 brazos robóticos de la marca ABB y en el instituto tengo la posibilidad de poder manejar uno de estos, pero a menor escala.

Una vez terminado el grado superior, me planteé realizar el proyecto de hacer una estación de paletizado con el robot de dicho instituto, y los profesores me ofrecieron poder realizar el proyecto con todos los materiales del instituto.

1.2 Objetivos

Con este proyecto he querido aprender a diseñar una estación de paletizado y todo lo que conlleva, es decir, además de programar y pelearse con el programa de la marca, también es necesario saber cómo usar las salidas y las entradas del controlador del robot.

Por supuesto, también son necesarios los conceptos mínimos de electricidad para utilizar bien los componentes eléctricos, entre ellos los que protegen tanto los demás elementos como el propio brazo en el caso de que tuviéramos algún cortocircuito o sobretensión.

También debemos conocer y poner en funcionamiento los elementos básicos que conforman una célula de paletizado, como sensores tenemos el vacuostato y fotocélula de diferentes tecnologías de detección y como actuadores se controlan, las válvulas electroneumáticas, cilindro neumático, cinta transportadora o el generador de vacío mediante efecto Venturi.

Todo esto, se realiza usando las herramientas correctas, dado que, si no es así, podemos estropear los elementos de la estación.

1.3 Estructura de la memoria

La memoria se estructura de la siguiente manera:

Capítulo 1: Introducción. Aquí podemos ver, la justificación y los objetivos que tenemos para nuestro proyecto.

Capítulo 2: Estudio previo. En este capítulo se pretende ver ampliamente lo que es un robot y sus aplicaciones, también queremos aprender un poco del paletizado para comprender como se colocan las cajas en una estación real y los equipo usados para nuestra estación.

Capítulo 3: Desarrollo del proyecto. Vamos a saber cómo podemos gestionar el brazo robótico, vamos a ver las piezas creadas con las funciones 3D del programa, comentaremos cada paso que se va a realizar en la estación para entender mejor posteriormente el código rapid, y ver cómo debemos de programar el brazo con rapid para tener un código más eficiente.

Capítulo 4: Resultados. Aquí vamos a explicar las soluciones tomadas tanto en la simulación como en la estación real.

Capítulo 5: Estudio económico. En este capítulo, vamos a comprobar lo que nos costaría poner la misma estación de paletizado que poseemos en el instituto, con todos los gastos que conlleva.

También se incluyen en los anexos, los planos, los componentes y la bibliografía.

Capítulo 2: Estudio previo

2.1 Introducción al paletizado

El elemento principal del paletizado es un palet en nuestro caso europeo, es un armazón que de forma general está fabricado en madera. Este se utiliza para mover la carga de mercancías con la finalidad de levantarla y desplazarla mediante carretillas elevadoras.

La estandarización de las medidas del palet surgió por la necesidad de sistematizar o normalizar el uso de los palets con el fin de mejorar el aprovechamiento del espacio. Este palet también es conocido como europalet o EPAL, la regla que registra estas medidas es la UNE_EN 13698-1.

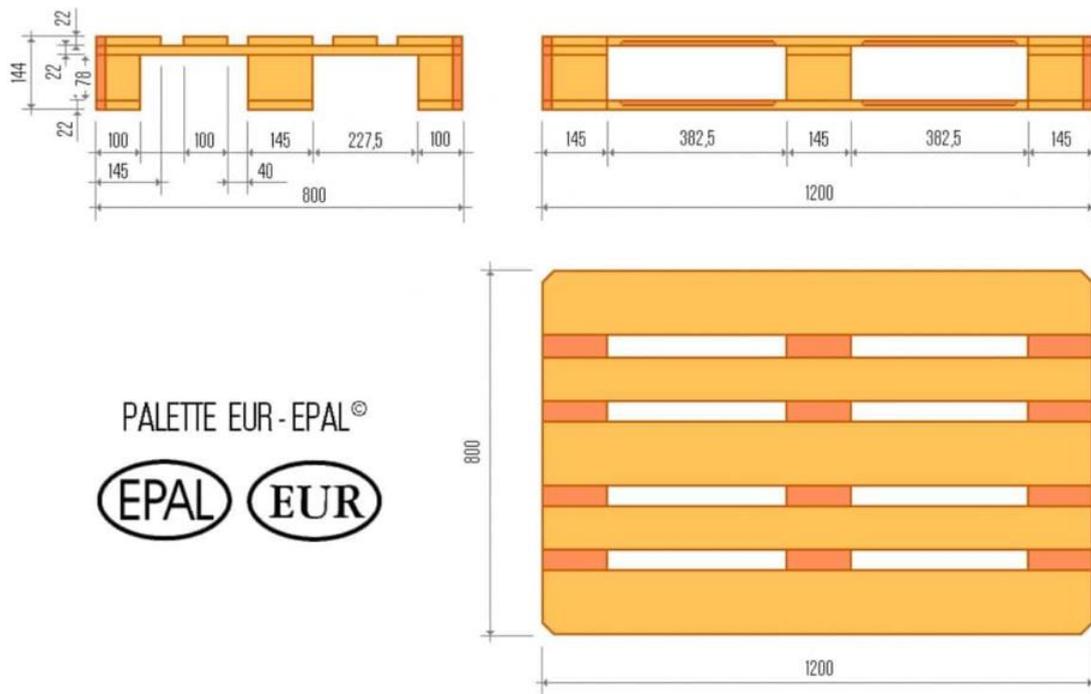


Ilustración 1 Medidas europalet

Las medidas de un europalet son 1200 x 800 mm, también hay otras medidas de palets, 1200 x 1000 mm o 1200 x 1200 mm. El europalet es el más usado debido a que se adaptaron a las medidas del remolque de los tráilers, pudiendo de esta manera poner dos palets en un sentido y 3 en el otro.

Además de palet de madera tenemos de plástico y de cartón, dependiendo de sus usos se usará un tipo u otro.

En la siguiente tabla expondré algunas de las características de cada tipo.

Madera	Plástico	Cartón
Resistente e idóneo para mercancías pesadas.	Gran capacidad de carga y superficie deslizante.	Peso ligero.
Reutilizable.	Pesa poco.	100% reciclable.
Fácil disponibilidad y más económico.	Resistente a la humedad y a la corrosión.	Un solo uso.
En el caso de transporte a otro país, es importante saber si la madera está tratada según la normativa del país de destino.	Es el único permitido para la industria alimentaria y farmacéutica (según la normativa ISO 14644, Salas Blancas).	No recomendable para cargas pesadas.

Tabla 1 Características de los diferentes materiales de los palets

Apilado en palets.

- Apilado en columna:

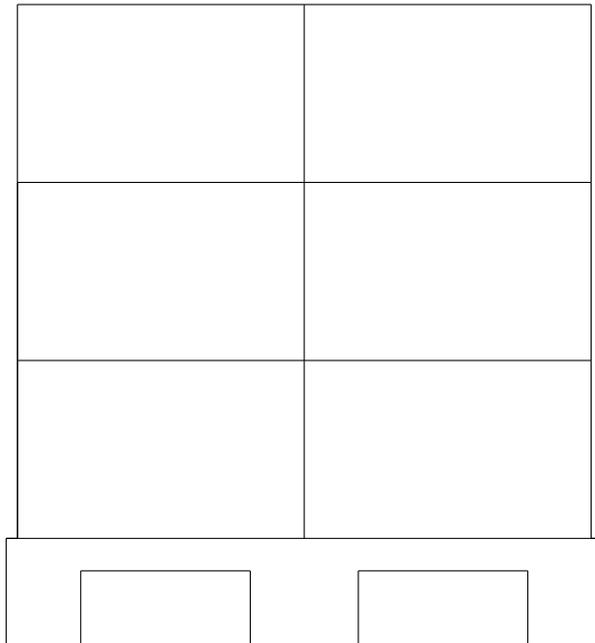


Ilustración 2 Apilado en columna

La carga de cajas en columna en un palet es la manera más idónea para mantener su resistencia durante el transporte y evitar que se aplaste el contenido.

Cargar las cajas en columnas de esquina a esquina para conseguir una resistencia óptima. El palet se puede estabilizar y asegurar utilizando flejes o esquineras.

- Apilado intercalado:

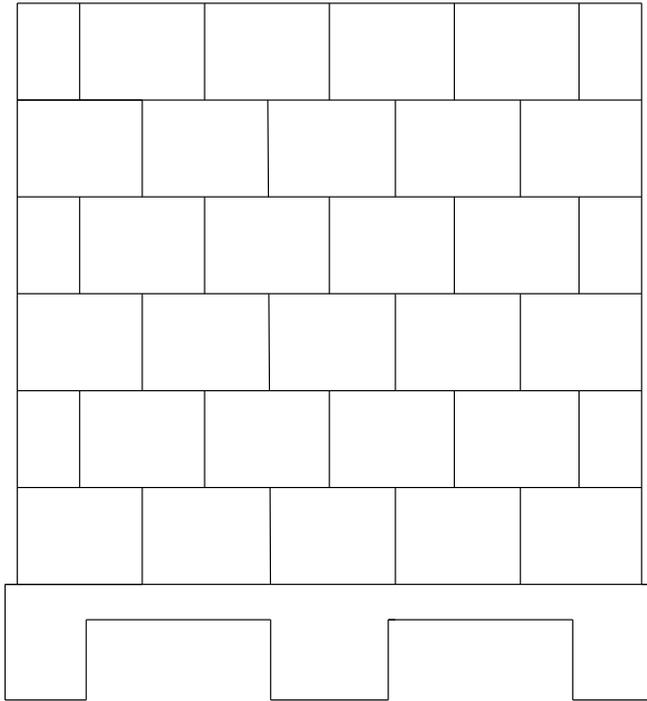


Ilustración 3 Apilado intercalado

Con un contenido rígido, este sería el mejor método, mientras que, si este no lo es, se reduciría un 50% de la resistencia, pudiendo hacer más susceptibles de sufrir daños.

Formas de proteger nuestra carga:

Protectores de bordes: estos protectores reducen los daños a los ángulos de las cajas durante el transporte y estabilizan la carga.

Planchas de cartón: la colocación de estas planchas de cartón consigue distribuir el peso de las cajas de la parte superior con respecto a la base.

Anclaje: en el caso de que nuestro contenido sean piezas voluminosas, deben estar anclados al palet, previniendo así el desplazamiento durante el transporte.

2.2 Robot industrial

Podemos comenzar hablando de la definición de robot según la Asociación de Industrias Robóticas (RIA): Un robot industrial es un manipulador multifuncional reprogramable, capaz de mover materias, piezas, herramientas, o dispositivos especiales, según trayectorias variables, programadas para realizar tareas diversas.

Generalmente los manipuladores tienen forma de uno o varios brazos terminados en una articulación a la que podemos denominar como muñeca. Estos brazos de forma general se utilizan para hacer tareas cíclicas, aunque se pueden adaptar a otra sin cambios permanentes en su material.

Las configuraciones más comunes son:

- Configuración cartesiana.

Posee tres movimientos lineales, queriendo decir con esto que tiene 3 grados de libertad, estos corresponden a los movimientos en los ejes X, Y y Z.

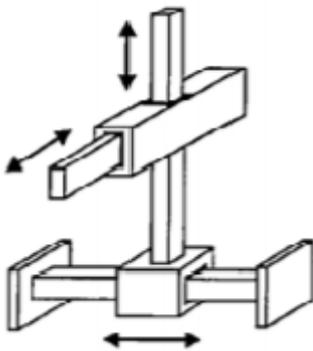


Ilustración 4 Configuración cartesiana

- Configuración cilíndrica.

El robot tiene un movimiento de rotación sobre su base, una articulación lineal para la altura, y otra lineal para el largo. Este robot se adapta bien en espacios de trabajo redondos.

Al poder realizar dos movimientos lineales y uno rotacional, podemos decir que posee tres grados de libertad.

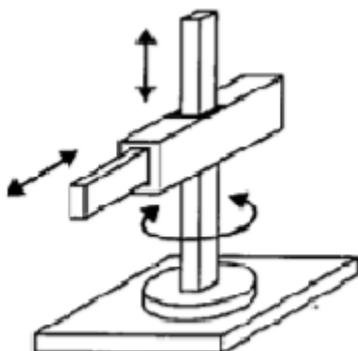


Ilustración 5 Configuración cilíndrica

- Configuración esférica o polar.

El robot se mueve linealmente en un eje y rotacionalmente respecto a otros dos, teniendo 3 grados de libertad.

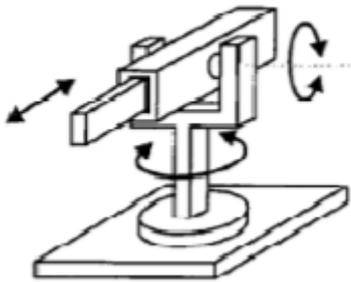


Ilustración 6 Configuración esférica

- Configuración SCARA.

Esta configuración es muy parecida a la cilíndrica, pero la rotación y el radio se obtiene por uno o dos eslabones. Posee un mayor alcance debido a sus dos articulaciones rotacionales. Además de los dos movimientos rotacionales también puede hacer un movimiento lineal en su tercera articulación.

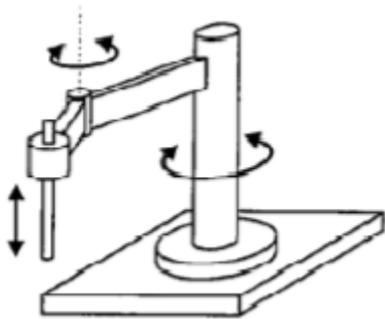


Ilustración 7 Configuración SCARA

- Configuración angular o antropomórfica.

El robot como mínimo usa 3 ejes de rotación para posicionarse. Generalmente el volumen de trabajo es esférico. Este tipo de robot se parece al cuerpo humano, con cintura, hombro, codo y muñeca.

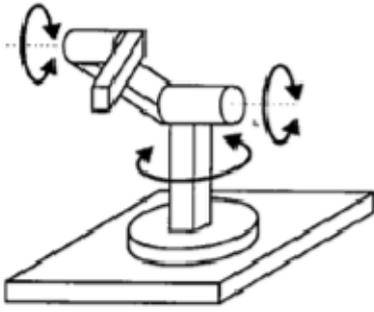


Ilustración 8 Configuración angular

- Configuración paralela.

La configuración paralela está constituida por una parte móvil y una fija, pudiendo generar con ello movimientos rotacionales, prismáticos, universales, esféricas, siempre dependiendo del tipo de articulación que le hayamos colocado. Destaca por su ligereza, alta precisión y velocidad.

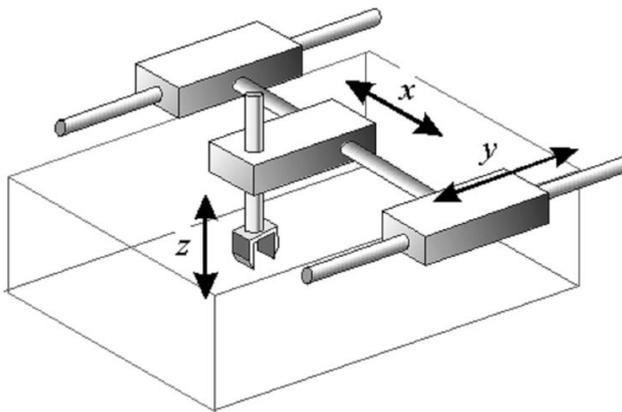


Ilustración 9 Configuración paralela

Las principales características de los robots industriales son:

- Grados de libertad.

Un grado de libertad es cada movimiento independiente (rotacional y lineal) que realiza cada articulación con respecto a la anterior. Estos parámetros son necesarios para determinar la posición y la orientación de la herramienta del manipulador.

Para posicionar y orientar un cuerpo en cualquier lugar del entorno de trabajo es necesario tener 6 parámetros, 3 de ellos para definir la posición y los otros 3 para la orientación, con esto queremos decir que al menos un brazo robótico necesita 6 grados de libertad como mínimo.

A mayor número de grados de libertad, un brazo robótico será capaz de posicionarse en cualquier punto del entorno con mayor facilidad y flexibilidad en sus movimientos.

Aunque la mayoría de aplicaciones industriales tan solo necesitan 6 grados de libertad, estas aplicaciones pueden ser la de soldadura, mecanizado o paletizado. En el caso de que trabajemos con obstáculos, dotar de 7 o más grados de libertad le permitirá acceder a posiciones y orientaciones de su herramienta a las que no hubiese llegado con 6 grados de libertad.

- Espacio de trabajo.

La zona de trabajo se define por las dimensiones de los elementos del brazo robótico y los grados de libertad. Esta es una de las características fundamentales para elegir el modelo de manipulador más adecuado.

El volumen de trabajo de un robot es el espacio en el cual puede desplazarse el extremo del brazo. Para determinar el volumen de trabajo no se tiene en cuenta la herramienta ya que se le puede colocar la que precise cada aplicación.

Cada configuración tiene un volumen de trabajo, por ejemplo, la configuración cartesiana genera una figura cúbica, la cilíndrica genera una figura con forma de cilindro y la SCARA presenta una figura como la mostrada en la siguiente imagen

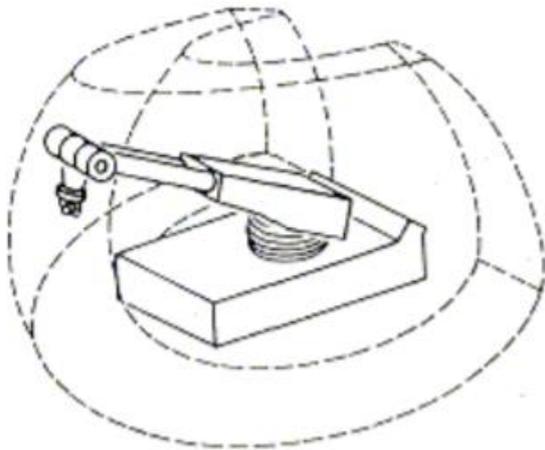


Ilustración 10 Espacio de trabajo

- Precisión de los movimientos.

Este concepto depende directamente de tres conceptos complementarios entre sí, como son: la precisión, la repetibilidad y la resolución. De estos tres, generalmente el fabricante nos proporciona la repetibilidad siendo este el utilizado para seleccionar el modelo adecuado.

La siguiente imagen representa gráficamente los tres conceptos expuestos anteriormente.

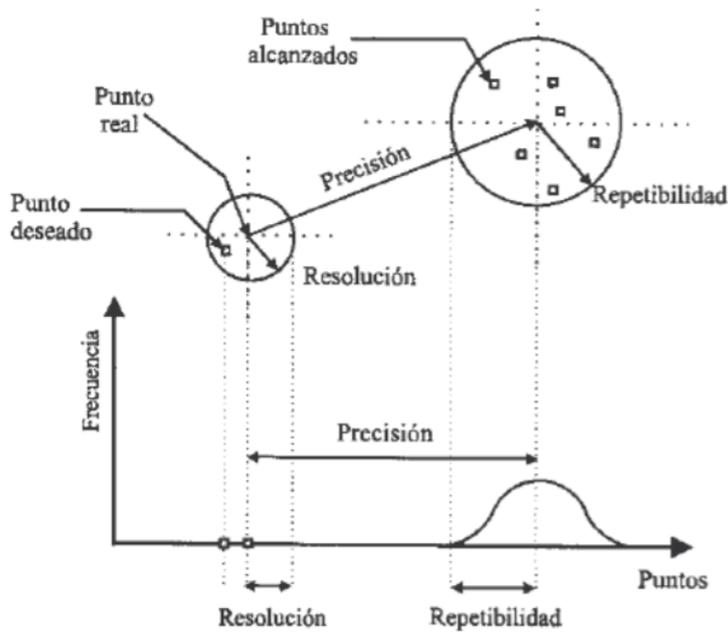


Ilustración 11 Gráfica Puntos-Frecuencia

Ahora procedemos a definir los conceptos:

1. Resolución.

La resolución sería el mínimo incremento que puede y debe aceptar la unidad de control del robot. Ya que tenemos elementos como los captadores, los convertidores A/D y D/A, las operaciones aritméticas en la CPU y los elementos motrices tienen una serie de limitaciones, nuestra resolución irá limitada por los elementos comentados anteriormente.

2. Precisión.

La precisión se entiende como la distancia desde el punto programado y hasta el valor medio de los puntos realmente alcanzados. Estas diferencias entre los puntos programados y los puntos alcanzados se deben a mala calibración, deformaciones debido a la alta temperatura, errores en el redondeo de los cálculos, errores en las dimensiones reales, etc.

3. Repetibilidad.

La repetibilidad es el radio de la esfera donde se encuentran todos los puntos alcanzados por el robot. Estos puntos son los que se le ha ordenado el movimiento al robot con el mismo punto de destino, con las mismas condiciones de carga, temperatura, etc. Este error es debido a problemas en el sistema mecánico como, por ejemplo, rozamientos mal ajustados, etc.

- Capacidad de carga.

La capacidad de carga es el peso que puede transportar la herramienta del robot. Normalmente este dato lo ofrecen los fabricantes.

Este concepto es muy necesario para la elección del modelo, dependiendo de cada aplicación será necesario levantar un peso u otro.

- Velocidad.

Se refiere a la velocidad máxima alcanzable por el Punto Central de la Herramienta. Dependiendo de la aplicación es necesario la elección de un brazo con alta velocidad, estas aplicaciones pueden ser la de soldadura o la de manipulación de piezas.

- Tipo de actuadores.

Los actuadores que generan el movimiento de las articulaciones pueden ser oleohidráulico, neumático o eléctrico.

Los actuadores de tipo oleohidráulico son necesarios para aplicaciones que requieren una gran potencia y grandes capacidades de carga.

Ya que los actuadores neumáticos tienen un alto mantenimiento se están sustituyendo por los actuadores eléctricos, aunque los actuadores neumáticos se aplican para algunas situaciones debido a que proporcionan una alta velocidad de respuesta y un bajo coste.

En cambio, los actuadores eléctricos son los usados para baja y media potencia, ya que tienen una gran precisión.

- Programabilidad

La incorporación de controladores electrónicos en los manipuladores, permite la programación de este de diferentes maneras.

Las programaciones gestuales y textual, nos permiten controlar diversos conceptos como:

1. Control de la velocidad y la aceleración.
2. Saltos de programa.
3. Temporizadores y pausas.
4. Edición, modificación, depuración y ampliación de programas.
5. Funciones de seguridad.
6. Funciones de sincronización con otras máquinas.
7. Uso de lenguajes específicos de robótica.

2.3 Evolución histórica

A pesar de la existencia de la palabra “robot” tuvieron que pasar varios años hasta que Isaac Asimov imaginó una ciencia que se ocupaba del estudio y aplicación de los robots, a la cual denominó “Robótica”, esto fue en 1942. Desde entonces, la robótica ha ido avanzando hasta llegar a su estado actual.

Existen numerosas referencias a hombres mecánicos contruidos por relojeros en la Edad Media para el entretenimiento de los cortesanos de las clases altas. Estos hombres mecánicos eran maniqués en cuyo interior se alojaban mecanismos compuestos por varios cientos de engranajes, resortes y pequeñas piezas que les permitían hacer torpes movimientos imitando a los seres humanos.

Conforme avanzaban los conocimientos sobre relojería, los mecanismos podían ser cada vez más pequeños y precisos, estos avances también hicieron que se mejorara en la construcción y en los inventos, acuñándose el término “autómata” en el siglo XVIII. A lo largo de este siglo indicado, fueron numerosos los autómatas que realizaban tareas como escribir o tocar instrumentos musicales, siempre por medio de complicados mecanismos de relojería.

Cabe destacar dos grandes inventos para la época, el primero fue creado por Jacques de Vaucanson en 1738, el cual era un pato mecánico de cobre capaz de bañarse, graznar, comer grano, descomponerlo en su interior y evacuarlo. El segundo desarrollado por Pierre Jaquet Droz en 1774, denominado “El escriba automático”, consistía en un maniquí capaz de mojar su pluma en un tintero y escribir una carta completa, este invento se puede contemplar en el museo de arte e historia suizo.

Desde ese momento las máquinas se diseñaban con el fin de agilizar las tareas de los trabajadores e incrementando la productividad. Fue ya en la Revolución industrial del siglo XIX donde se realizaron grandes avances en el campo de la automatización. Aun así, todos los mecanismos creados hasta entrado el siglo XX, tenían un gran problema, eran capaces de realizar solamente una tarea.

Ya fue en el año 1960, cuando George Devol inventó el primer robot tal y como lo conocemos hoy en día, es decir, multifuncional y con un manejo sencillo.

2.4 Equipos utilizados

Para la realización de este proyecto, el instituto me proporciona dos brazos robóticos uno de la marca Mitsubishi de modelo RV-2AJ y otro de marca ABB de modelo IRB 120.

Por comodidad y mayor facilidad del software se ha determinado la utilización del robot ABB para este proyecto. Al escoger este robot, la plataforma necesaria para mover dicho brazo será el software de la propia marca ABB, RobotStudio.

Con esta herramienta además de poder hacer el paletizado real, también podemos hacer simulaciones del entorno de trabajo y las trayectorias programadas. La programación se hace a través de su propio lenguaje denominado Rapid.

Capítulo 3: Desarrollo del proyecto

3.1 Gestión del robot

ABB comercializa la serie de robots articulados IRB de 6 ejes, capaces de manipular cargas desde 5 hasta 500 Kg. El robot tiene una estructura abierta especialmente adaptada para un uso flexible y presenta unas grandes posibilidades de comunicación con sistemas externos. Esta serie de robots cubren las necesidades de la gran mayoría de aplicaciones de la industria actual, ya sea paletizado, pintura, sellado, manipulación y demás aplicaciones industriales.

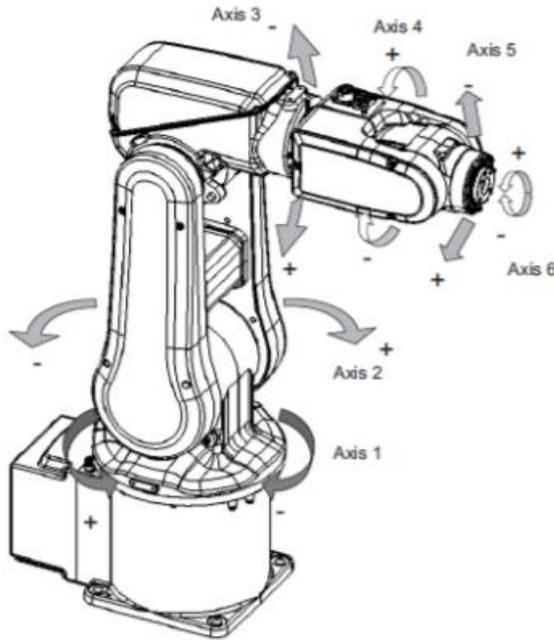


Ilustración 12 Brazo robótico modelo IRB 120

Valores máximos y mínimos de los ejes en grados:

Eje 1 de -165 a 165.

Eje 2 de -110 a 110.

Eje 3 de -90 a 70.

Eje 4 de -160 a 160.

Eje 5 de -120 a 120.

Eje 6 de -400 a 400.

Su diseño lo hace apto para trabajar en salas limpias.

El armario de control que precisa el IRB120 es un IRC5 (Figura 13). Este controlador contiene los elementos electrónicos necesarios para el control del manipulador y del equipo periférico. Está diseñado específicamente para robots. El sistema de control permite generar trayectorias punto a punto, movimientos lineales y movimientos circulares. También dispone de puertos de comunicación RS-232, puertos Ethernet y USB. El controlador tiene como opciones compatibles trabajar con otros módulos de comunicación tales como Profibus, DeviceNet o Interbus. Además, dispone de un módulo de entradas y salidas. Estas salidas se dividen en digitales 24Vdc y analógicas de tensión ± 10 V y de corriente 4-20mA.



Ilustración 13 Controlador

En la Figura 14 se muestra la FlexPendant, herramienta con la que se realizan las operaciones de programación y configuración a pie de línea. Su diseño y su funcionalidad hacen que sea una de las mejores del mercado. Esta programadora está diseñada ergonómicamente y se utiliza para la programación y para el control del robot.



Ilustración 14 FlexPendant

Ahora vamos a proceder a explicar cómo se usa la FlexPendant:

ABB ha desarrollado un software específico de simulación y de programación offline. Este software se llama RobotStudio. Nos permite la simulación y visualización de nuevas aplicaciones, realizar nuevos programas desde nuestra mesa de trabajo sin necesidad de ir a la celda del robot, ni de parar la producción. Con este software podemos simular y validar nuevas aplicaciones, realizar programas nuevos o incluso optimizar los programas que ya tenemos en producción. Esta herramienta está enfocada a maximizar el rendimiento de la inversión del sistema robot.

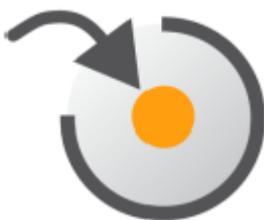


Ilustración 15 Logotipo del programa Robot Studio

El lenguaje de programación de estos robots se denomina “RAPID” (“Robotics Application Programming Interactive Dialogue”). “RAPID” es un lenguaje de programación textual de alto nivel desarrollado por la empresa ABB. Una aplicación de este tipo consta de un programa y una serie de módulos del sistema.

EL PROGRAMA

Es una secuencia de instrucciones que controlan el robot y en general consta de tres partes:

- Main: es la rutina principal, desde la cual se inicia la ejecución del programa.
- Conjunto de subrutinas: estas sirven para dividir el programa en partes más pequeñas para obtener un programa más eficiente, de tal forma que es más fácil encontrar un error en el caso de que lo hubiese.
- Los datos del programa: aquí se definen variables globales, posiciones del TCP, planos de trabajo, herramientas, etc.

MÓDULOS

Un conjunto de declaraciones de datos, seguido de un conjunto de rutinas. Los módulos pueden ser guardados, cargados y copiados en forma de archivos. Los módulos se dividen entre módulos de programa y módulos de sistema.

- Módulos de programa: Cada módulo puede estar formado por diferentes datos y rutinas. Uno de los módulos debe contener el procedimiento global de entrada, es decir, la rutina principal o “main”, que será el punto de partida del programa.
- Módulos de sistema: se utilizan principalmente para datos y rutinas específicos del sistema, por ejemplo, un módulo de sistema de “ArcWare” que es común para todos los robots de soldadura en arco.

3.2 Diseño 3D

El diseño de todas las piezas expuestas en este trabajo, están diseñadas con el software de ABB, RobotStudio, desde la pestaña de Modelado y en Sólido nos salen todas las figuras que podemos insertar en nuestra estación.

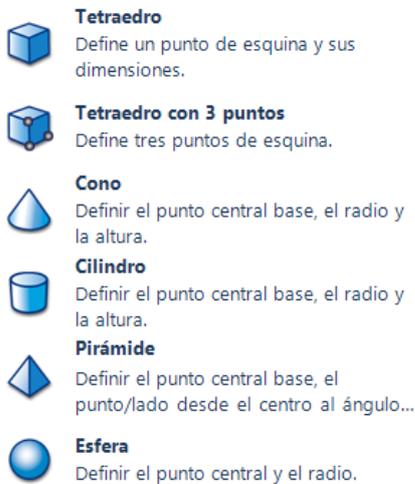


Ilustración 16 Posibles figuras a dibujar

Una vez hemos medido la figura que deseamos en nuestra estación debemos modificar su posición para que ésta esté debidamente posicionada, para después formar nuestra figura.

Si nuestra figura tiene partes huecas o compuestas por varias formas geométricas, es necesario usar lo que se expresa en la siguiente figura.

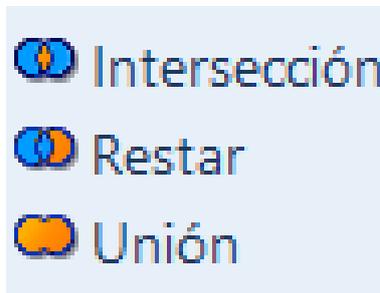


Ilustración 17 Modelado

Esto se usa con el fin de poder formar la figura que nos interesa, como en nuestro caso son los sensores, la cinta transportadora, etc.

Podemos ver una vista general de la simulación y más adelante vamos a indicar cada elemento creado.

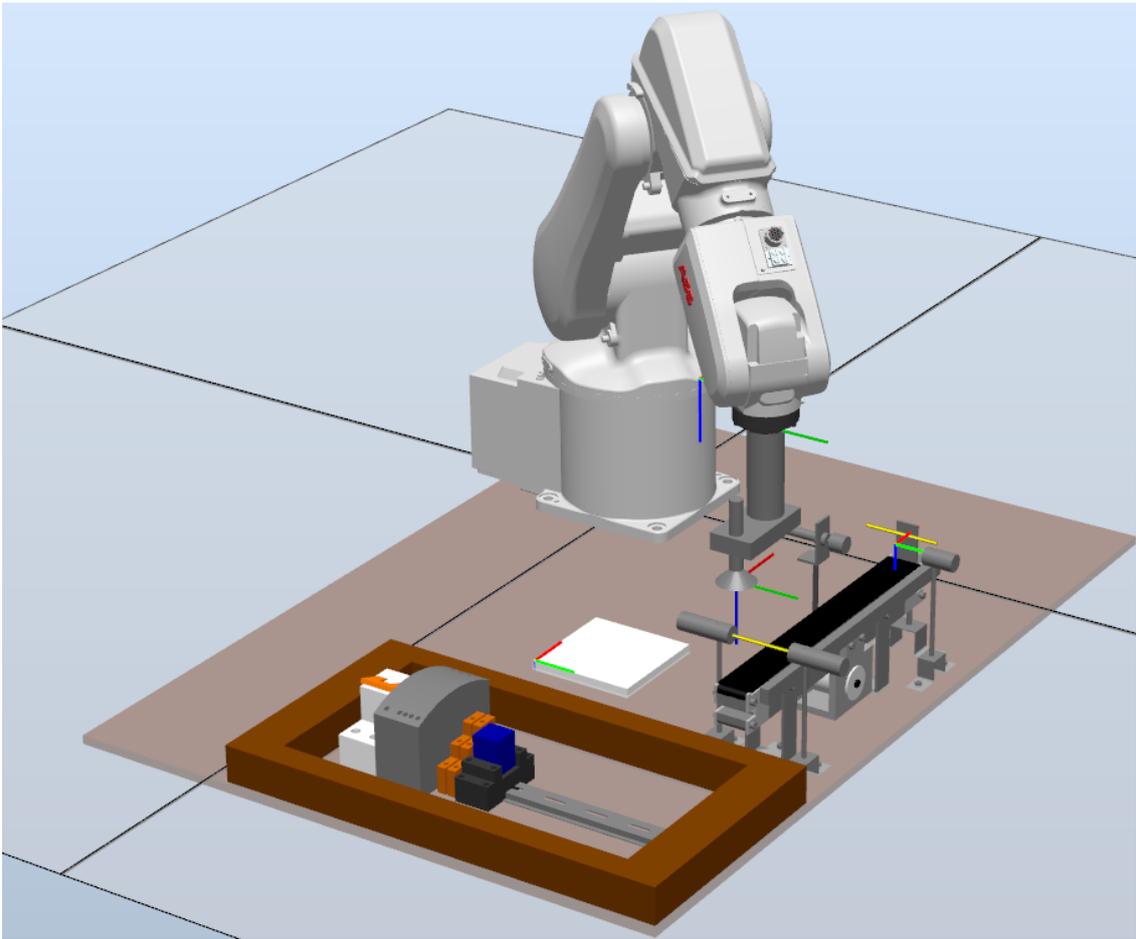


Ilustración 18 Vista general

En este apartado también vamos a distinguir las figuras que son necesarias para la realización de la simulación y los que tan solo están en la estación como decoración en la simulación (esto no quiere decir que no sean útiles en la estación real).

Entre los elementos que son necesarios tenemos, la cinta transportadora, los sensores, el tope del final de la cinta transportadora, el cilindro neumático, las piezas y la herramienta (ventosa).

La cinta transportadora como ya sabemos, es la que va a servir para trasladar las piezas desde el principio de ella hasta el final para que nuestro brazo robótico, pueda cogerla y llevarla al palet.

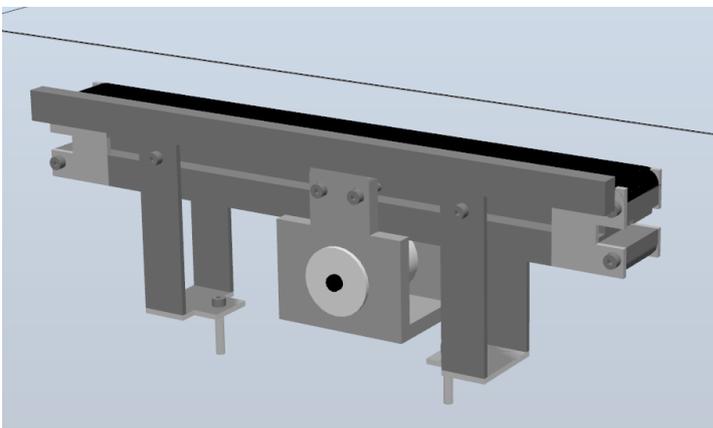


Ilustración 19 Cinta transportadora

Los sensores que tenemos son 2, uno al principio de la cinta siendo este de tipo emisor y receptor en dos componentes separados, mientras que el del final de la cinta es emisor y receptor en el mismo componente.

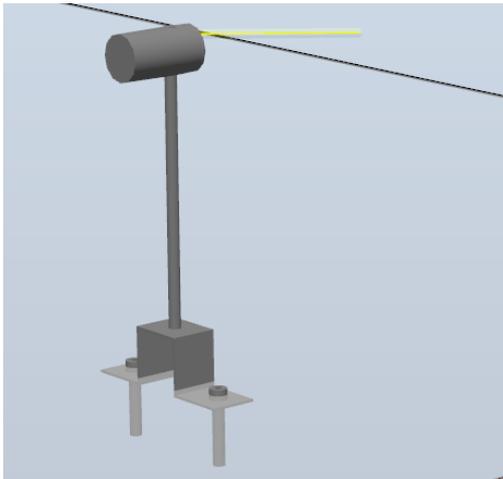


Ilustración 20 Sensor final cinta

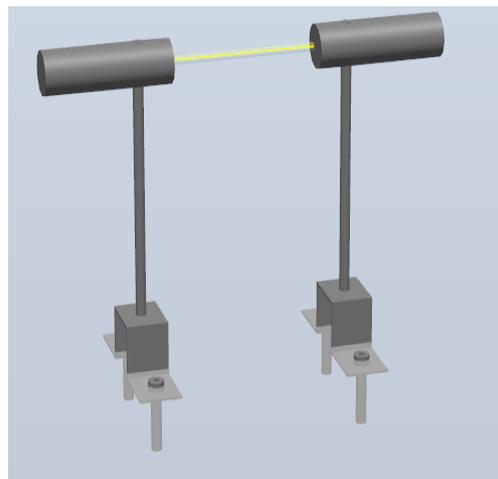


Ilustración 21 Sensor inicio cinta

También tenemos un tope, que nos servirá para que las piezas se queden en el final de la cinta y el cilindro neumático, nos sirve para posicionar bien la pieza para que el brazo pueda coger la pieza en la posición ideal.

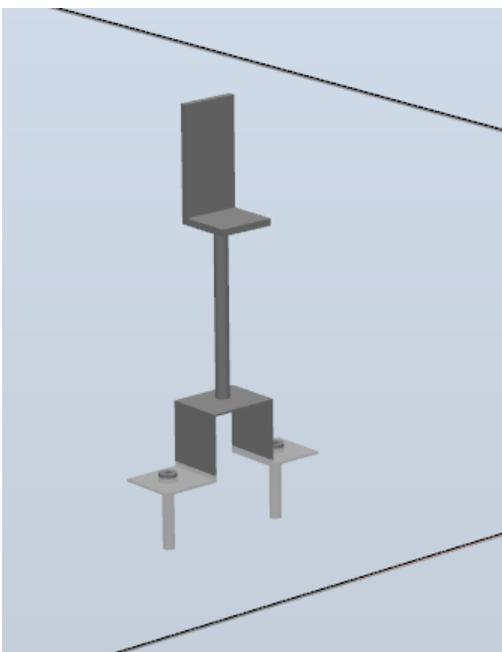


Ilustración 22 Tope

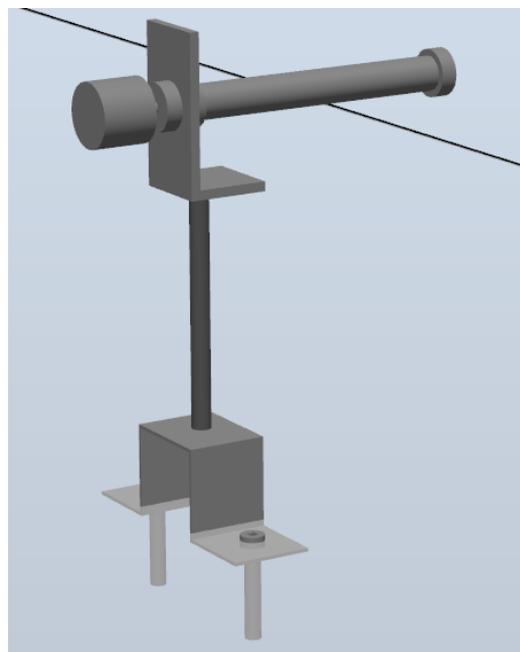


Ilustración 23 Cilindro neumático

En las siguientes imágenes podemos ver, la pieza que vamos a usar para que el brazo la coja y la deje y la herramienta que será la que coja la pieza mediante vacío.

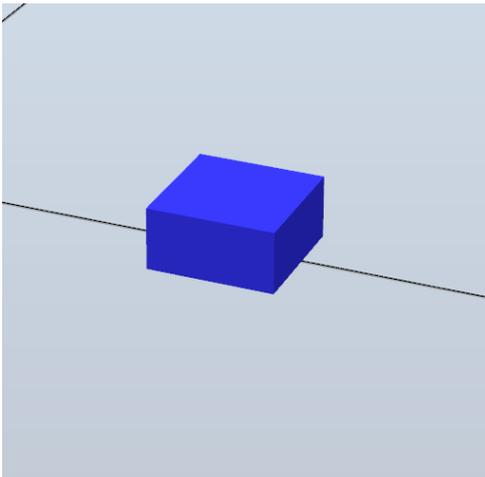


Ilustración 24 Pieza

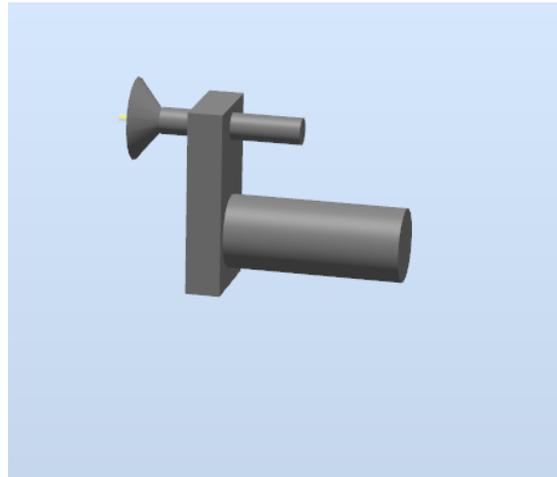


Ilustración 25 Herramienta ventosa

Los elementos utilizados de decoración en la simulación, ya que no actúan como tal, tenemos, el tablero, el carril DIN, la fuente de alimentación, el magnetotérmico, el palet, y los contactores con relé.

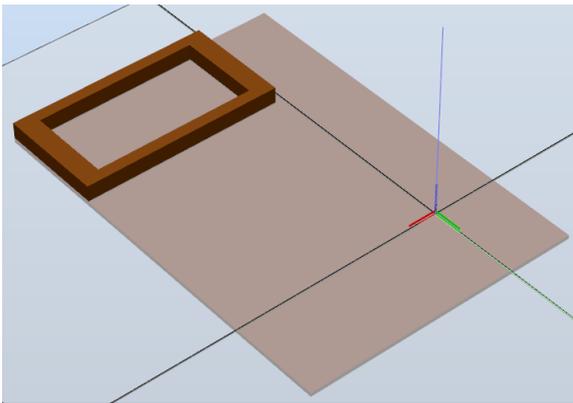


Ilustración 26 Tablero

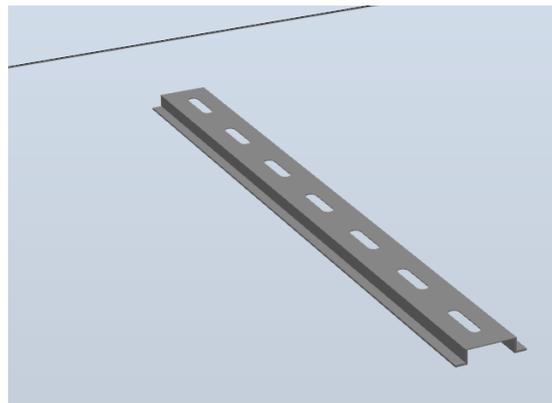


Ilustración 27 Carril Din

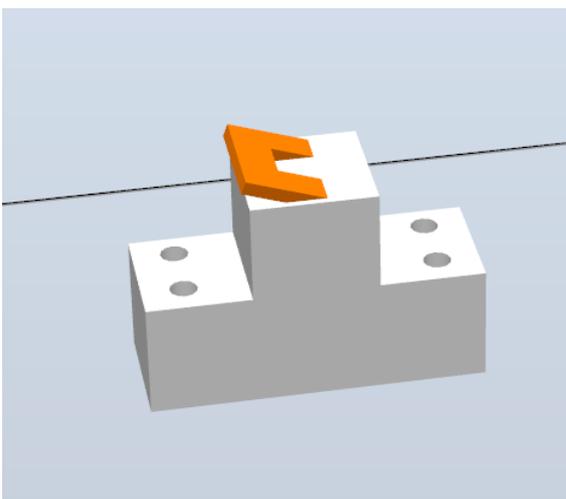


Ilustración 28 Magnetotérmico

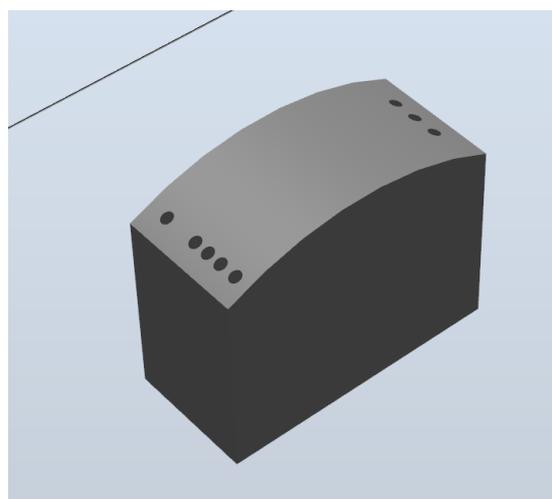


Ilustración 29 Fuente de alimentación

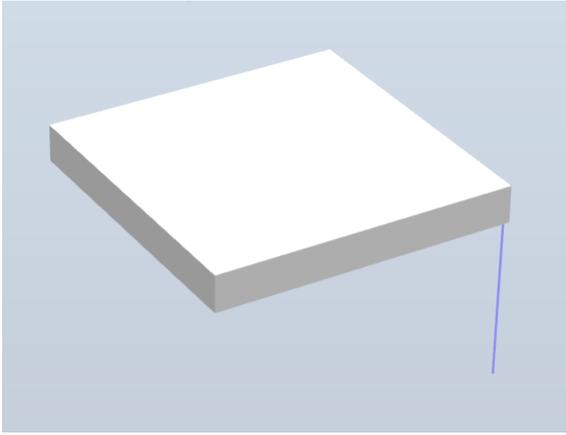


Ilustración 30 Palet

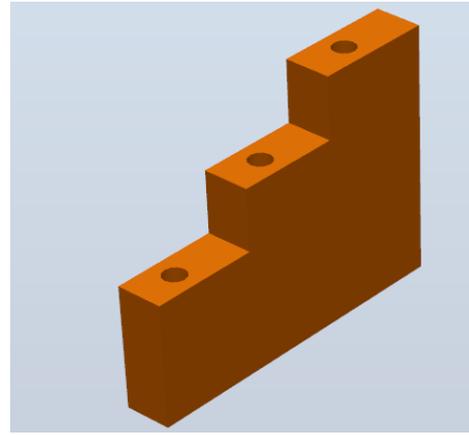


Ilustración 31 Contactor

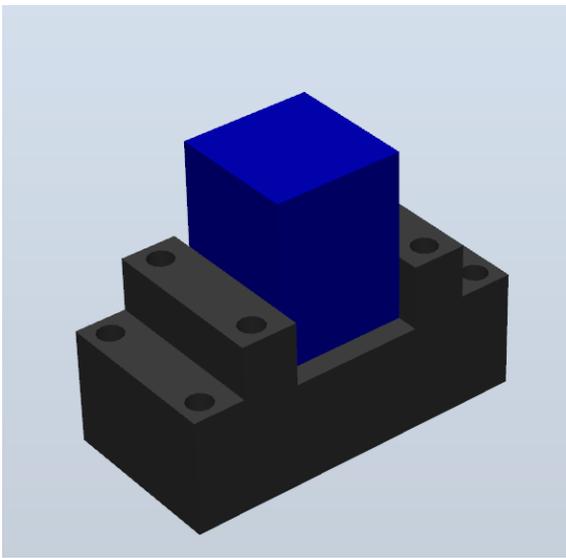


Ilustración 32 Contactor con relé

Cada uno de los componentes eléctricos y neumáticos están explicados con más detalle en el anexo A.

3.3 Tarea a realizar con el robot

En este capítulo vamos a explicar cómo funciona la estación de paletizado paso por paso.

Lo primero que debemos hacer es colocar una de las piezas (que en la realidad sería una caja), una vez hemos colocado la pieza, el sensor de la entrada detecta la pieza y comienza a moverse la cinta.

Una vez la pieza ha llegado al final de la cinta, se para debido al tope que le hemos colocado y el sensor del final de la cinta detecta la pieza, el cilindro sale para recolocar la pieza en su posición.

Cuando el cilindro se ha contraído, el brazo extiende la herramienta hasta llegar a la pieza y una vez está colocado en la pieza, tenemos dos condiciones de funcionamiento, o el vacuostato detecta la depresión queriendo decir que se ha hecho vacío o que han pasado 5 segundos.

El brazo recoge la pieza para trasladarla a una de las esquinas del palet, cuando la ha soltado, el brazo vuelve a su posición home.

El proceso volvería a ser el mismo, pero cuando va a colocar la pieza la hace en otra de las esquinas del palet, de nuevo el proceso se vuelve a hacer y deja la pieza en la otra esquina, así hasta completar las 4 esquinas del palet, después comenzará con la siguiente planta del palet, cuando ha completado las 4 esquinas y las 3 plantas del palet, el proceso habría finalizado.

3.4 Conceptos de rapid

1. Movimiento

Para mover el Robot hay tres tipos de movimientos:

MoveJ.

Se mueve el robot hacia una coordenada, pero sin seguir una trayectoria determinada.

Este comando se escribe de la siguiente manera:

MoveJ Punto, Velocidad, Zona, Herramienta

MoveL.

El robot se mueve hacia un punto usando una línea recta, este comando es usado principalmente cuando queremos precisión.

Un ejemplo de este comando es el siguiente:

MoveL Punto, Velocidad, Zona, Herramienta

MoveC.

El extremo del robot se mueve hacia el punto de destino pasando por el punto de inicio trazando un arco de circunferencia.

Este comando se escribe de la siguiente manera:

MoveC Punto_Inicio, Punto_Destino, Velocidad, Zona, Herramienta

De estos 3 comandos nada más que va a ser necesario usar MoveJ y MoveL en nuestro proyecto.

2. Posicionamiento

Offset.

Esta función sirve para desplazar una posición del robot.

Este comando se escribe de la siguiente manera:

MoveL Offs (Punto de Arranque, Desplazamiento en x, Desplazamiento en y, Desplazamiento en z), Velocidad, Zona, Herramienta

3. Entradas y salidas

En este apartado se va a explicar cómo vamos a poder meterles a las entradas y las salidas, un 0, un 1 o el valor correspondiente.

Set.

Sirve para colocar el valor de la señal de la salida digital a uno.

Un ejemplo de este comando es el siguiente:

Set señal;

Reset.

Sirve para poner la señal digital a cero.

Este comando se escribe de la siguiente manera:

Reset señal;

SetDO.

Sirve para cambiar el valor de una señal de salida digital.

Un ejemplo de este comando es el siguiente:

SetDO señal, valor;

DInput/DOutput: sirve para leer las entradas o salidas digitales.

4. Condiciones de espera

WaitDI.

Espera a que ocurra la condición de la señal digital.

WaitDI di, 1;

WaitTime.

Espera el tiempo establecido.

WaitTime 0.5;

WhileUntil.

Espera a que se cumpla la condición.

5. Control de flujo

If.

Solo se cumple la condición se ejecuta la instrucción.

IF Condición THEN Instrucción

En el caso de que no se cumpla la condición y queremos que haga otra instrucción.

IF Condición THEN

Instrucción;

ELSE Instrucción;

ENDIF

For.

Se cumplen las instrucciones siempre y cuando se encuentre entre el valor de inicio y final.

FOR Contador FROM ValorInicial TO ValorFinal STEP Incremento DO

Instrucciones;
ENDFOR

While.
Realiza la condición siempre que la condición sea correcta.

WHILE Condición DO
Instrucciones;
ENDWHILE

Test.
Es el mismo bucle que Switch, dependiendo de la condición va a un case u otro.

TEST Dato
CASE valor:
Instrucción;
CASE valor n:
Instrucción;
DEFAULT
ENDTEST

Goto.
Cuando llega a este comando, se va a la línea indicada.

GOTO Etiqueta

Capítulo 4: Resultados

4.1 Sistema robótico

Vamos a presentar las soluciones tomadas para realizar nuestra estación de paletizado, tanto los componentes inteligentes como el código rapid.

4.1.1 Simulación

Para la creación de la simulación un punto muy importante es la creación de los componentes inteligentes necesarios.

Según dice el manual del operador de RobotStudio, un componente inteligente es un objeto de RobotStudio, con o sin representación gráfica, que representa el comportamiento que puede o desea implementarse mediante la clase code-behind y/o agregación de otros componentes inteligentes.

Para que nuestra simulación funcione correctamente debemos hacer varios componentes inteligentes. Entre ellos, el sensor de entrada de la cinta, el sensor de salida, el generador de piezas, la ventosa y el cilindro.

Dentro de nuestro SC_Sensor1_Entrada podemos destacar que tenemos una fotocélula de entrada, haciendo que cuando llegue una pieza se activará la salida correspondiente.

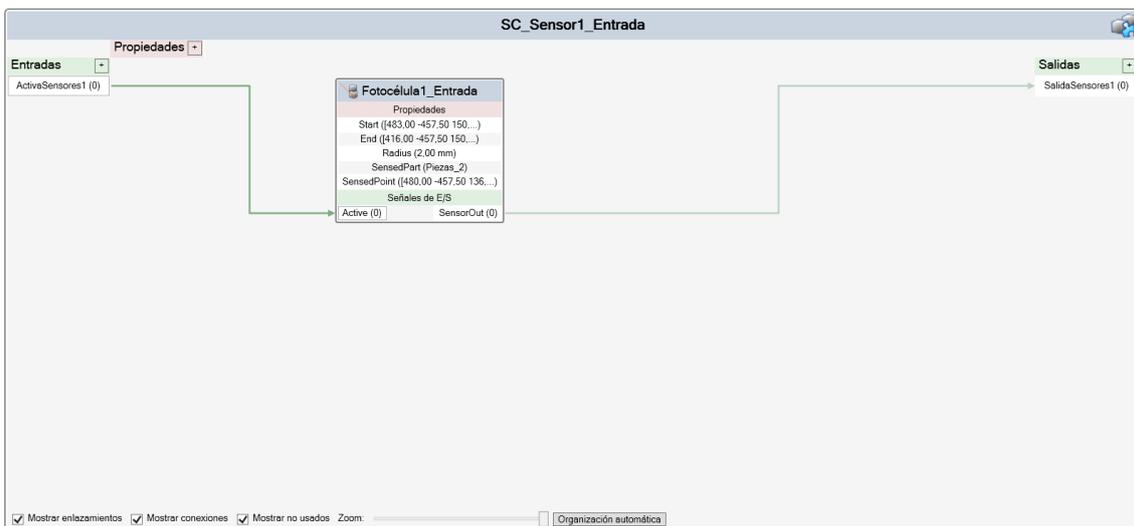


Ilustración 33 Componente inteligente Sensor1_Entrada

Estas conexiones se realizan a través de la ventana de diseño, en este caso nos indica que cuando la entrada ActivaSensores1, se pone a 1, la fotocélula empieza a detectar si tenemos pieza o no y en el caso de que detecte que hay una pieza, termina su función y activa SalidaSensores1.

El SC_Sensor2_Entrada es exactamente igual al SC_Sensor1_Entrada, pero variando en que en vez de estar asociado al sensor 1 estaría asociado al número 3, y a la hora de las conexiones en vez de ser ActivaSensores1 sería ActivaSensores2 y en vez de SalidaSensores1 sería SalidaSensores2.

En nuestro generador de piezas tenemos lo que se indica a continuación:

- RandomSource, este comando crea una copia de la pieza que hemos establecido.
- Queue, crea una cola en el caso de que se acumule más de una pieza.
- LinearMover, mueve una pieza linealmente desde el principio de la cinta hasta el final de ella.
- Random, genera un número aleatorio.
- Timer, en un intervalo de tiempo genera un pulso digital.
- SimulationEvents, este comando emite señales pulsadas cuando la simulación se inicia y se detiene.

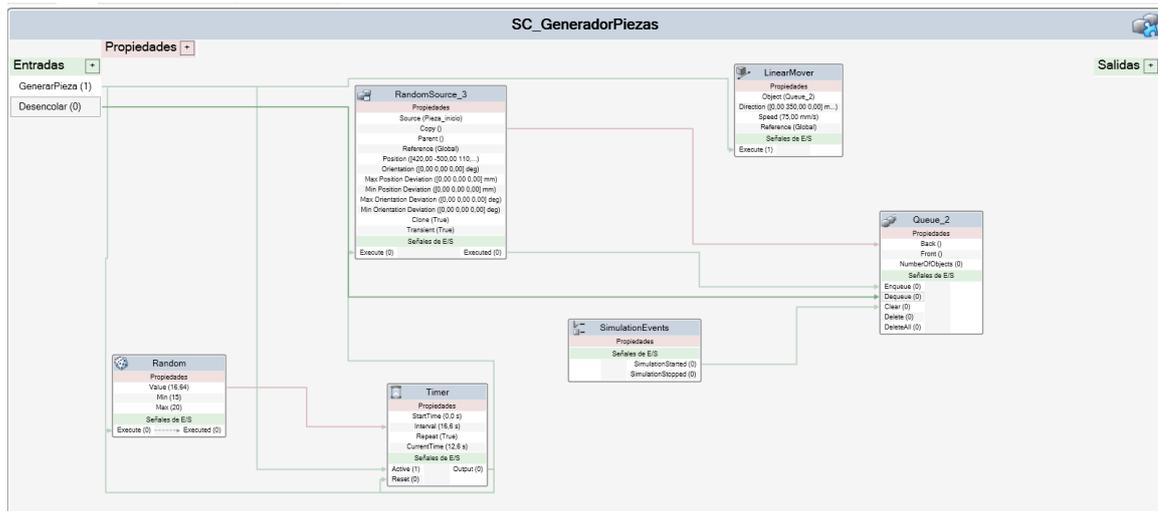


Ilustración 34 Componente inteligente GeneradorPiezas

En este caso tenemos dos entradas, GenerarPieza y Desencolar.

Cuando GenerarPieza se activa, inicia a su vez los comandos Random , Timer y LinearMover . Cuando Timer ha realizado su función se resetea y vuelve a inicializar los comandos Random y RandomSource, para que vuelva a generar un número y cree una nueva pieza y cuando esta se ha creado le manda ese objeto back a la cola.

LinearMover, hace que cuando se ha generado la pieza, esta se mueva hasta el final de la cinta transportadora.

Desencolar hace que se elimine el objeto front de la cola.

Anteriormente hemos comentado que SimulationEvents crea un pulso digital cuando la simulación comenzaba o cuando se acababa, por lo tanto, ese pulso hace que se limpie la cola de objetos.

Para nuestra SC_Ventosa necesitamos los siguientes componentes:

- LineSensor, como ya hemos explicado, este sensor es necesario para que cuando la ventosa se acerque a la pieza, la detecte.
- Attacher, que es el componente que hace que coja la pieza.
- Detacher, es el que hace que la pieza se suelte.
- LogicGate [NOT], en este caso la puerta lógica es una NOT.

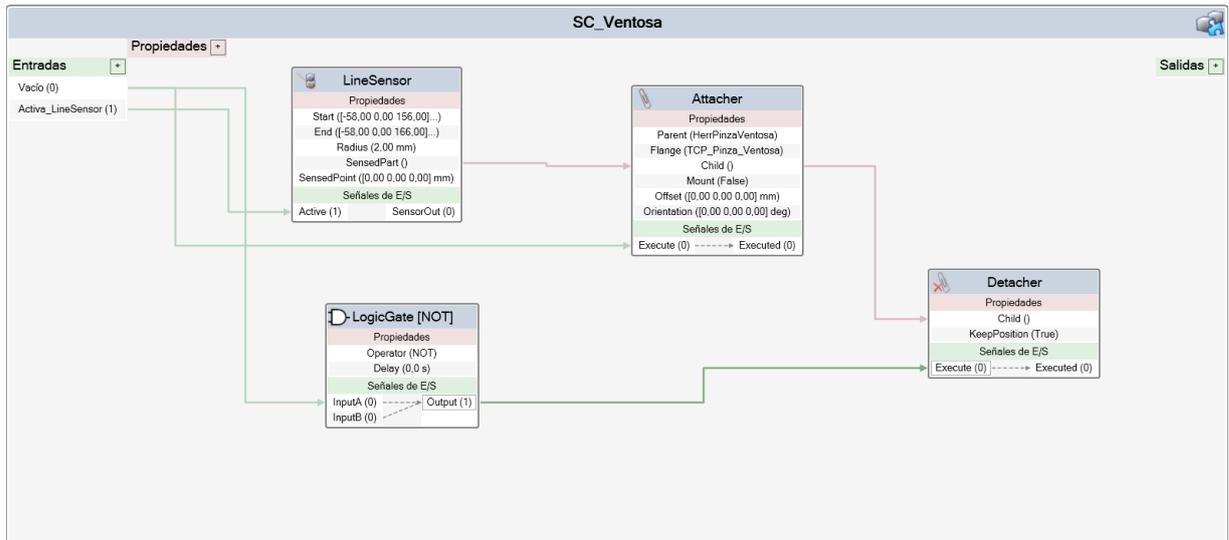


Ilustración 35 Componente inteligente Ventosa

En el caso de SC_Cilindro vamos a necesitar una entrada que sea Expandir y dos salidas que sean Expandido y Contraído, cuando Expandir se inicia, también inicia el PoseMover de la posición extendido y mete un 0 con la LogicGate en el PoseMover de la posición inicial, cuando Expandir no está iniciada, este inicia el PoseMover de la posición inicial, queriendo decir que mientras que no se inicie el cilindro se encontrará siempre contraído.

Para poder hacer que nuestro cilindro se expande y se contraiga necesitamos:

- PoseMover: con dos posiciones que sería la inicial que en nuestro caso es contraído y la posición extendido que como indica el nombre está expandido.
- LogicGate: en este caso en una puerta lógica NOT.

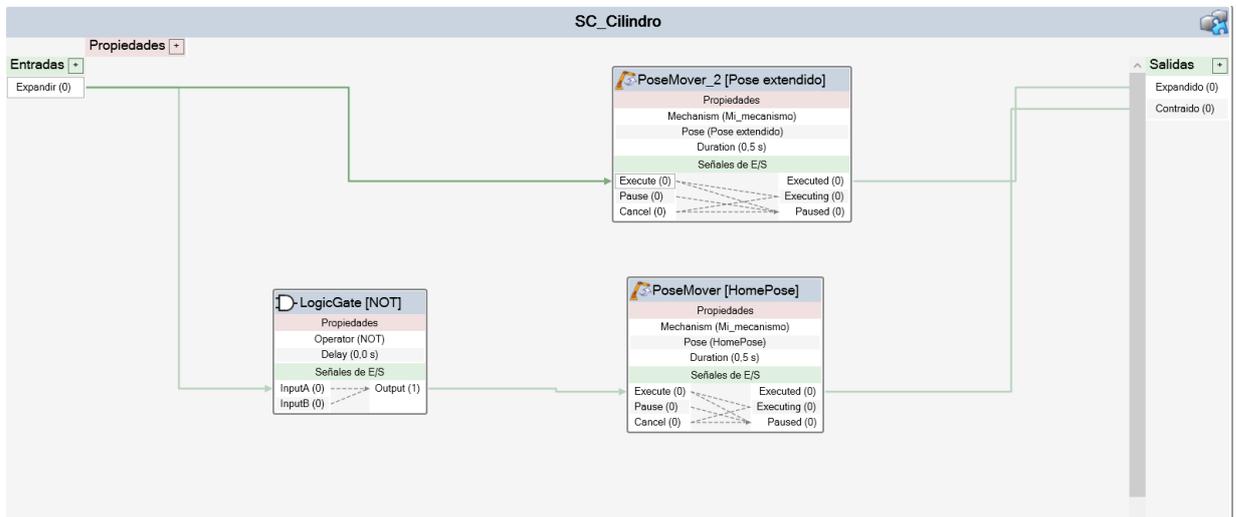


Ilustración 36 Componente inteligente Cilindro

Este sería el resultado final de nuestro código rapid.

MODULE Module1

```
CONST  robtarget  Coger:=[[453.56,-197.65,141.05],[0.005904633,-0.705643132,-0.708531982,-0.003916166],[-1,-1,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
```

```
CONST          robtarget          Dejar:=[[139.999897551,-409.999898294,9.000051159],[0.005904633,-0.705643132,-0.708531982,-0.003916166],[-1,0,-1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
```

```
CONST  robtarget  PHOME:=[[224.28,-218.3,285.57],[0.005904633,-0.705643132,-0.708531982,-0.003916166],[-1,0,-1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
```

```
VAR bool vacuostato:= FALSE;
```

```
VAR num XP:=0;
```

```
VAR num YP:=0;
```

```
VAR num ZP:=0;
```

```
VAR num Xpieza:=60;
```

```
VAR num Ypieza:=60;
```

```
VAR num Zpieza:=30;
```

```
VAR num NumeroPosX:=2;
```

```
VAR num NumeroPosY:=2;
```

```
VAR num NumeroPosZ:=4;
```

```
PROC Main()
```

```
Reset V_Sensores1ON;
```

```
Reset V_GenerarPiezas;
```

```
Reset DO10_16;
```

```
Inicio:
```

```
Set V_Sensores1ON;
```

```
Set V_GenerarPiezas;
```

```
MoveJ Phome,v300,z100,TCP_Pinza_Ventosa\WObj:=wobj0;
```

```
Cinta:
```

```
WaitDI DI10_8,1;
```

```
Set DO10_6;
```

```
WaitDI DI10_12,1;
```

```
Set DO10_4;
```

```
WaitTime 1;
```

```
Reset DO10_6;
```

```
Reset DO10_4;
```

```
CogerPieza;
```

```
DejarPieza;
```

```
IF ZP=NumeroPosZ ZP:=0;
```

```
IF DI10_8=0 THEN
```

```
GOTO Inicio;
```

```
ELSE
```

```
GOTO Cinta;
```

ENDIF

ENDPROC

PROC CogerPieza()

MoveJ Offs(Coger,0,0,10),v300,z10,TCP_Pinza_Ventosa\WObj:=wobj0;
MoveL Coger,v100,fine,TCP_Pinza_Ventosa\WObj:=wobj0;
WaitTime 0.5;
Set DO10_16;
WaitDI DI10_14,1\MaxTime:=5\TimeFlag:=vacuostato;
MoveL Offs(Coger,0,0,35),v100,z10,TCP_Pinza_Ventosa\WObj:=wobj0 ;

ENDPROC

PROC DejarPieza()

MoveJOffs(Dejar,XP*Xpieza+60,YP*Ypieza+60,ZP*Zpieza+60),v100,z10,TCP_Pinza_Ventosa\WObj:=wobj0;

MoveLOffs(Dejar,XP*Xpieza+30,YP*Ypieza+30,ZP*Zpieza+30),v100,fine,TCP_Pinza_Ventosa\WObj:=wobj0;
WaitTime 0.5;
Reset DO10_16;
Waittime 0.5;

MoveLOffs(Dejar,XP*Xpieza+30,YP*Ypieza+30,ZP*Zpieza+60),v300,z1,TCP_Pinza_Ventosa\WObj:=wobj0;
Incr XP;

IF XP=NumeroPosX THEN
XP:=0;
Incr YP;
ENDIF

IF YP=NumeroPosY THEN
YP:=0;
Incr ZP;
ENDIF

ENDPROC

ENDMODULE

Dentro del código rapid vamos a distinguir las siguientes partes:

- Constantes:

Estos puntos son los puntos reales de la estación real, en donde tenemos el punto Coger, estando éste en el final de la cinta transportadora, Dejar, estando en la esquina del palet y el punto PHOME, que se encuentra en una posición más cómoda para llegar a por las piezas y hacer las trayectorias que la posición de inicio.

También es necesario tener una variable que cuando detecta la depresión se actualizará y se pondrá en TRUE, ya que, de forma general, está en FALSE debido a que si no tiene pieza tendrá la presión atmosférica.

MODULE Module1

```
CONST robtarget Coger:=[[453.56,-197.65,141.05],[0.005904633,-0.705643132,-0.708531982,-0.003916166],[-1,-1,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
```

```
CONST robtarget Dejar:=[[139.999897551,-409.999898294,9.000051159],[0.005904633,-0.705643132,-0.708531982,-0.003916166],[-1,0,-1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
```

```
CONST robtarget PHOME:=[[224.28,-218.3,285.57],[0.005904633,-0.705643132,-0.708531982,-0.003916166],[-1,0,-1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
```

```
VAR bool vacuostato:= FALSE;
```

- Variables

Variables asociadas a contadores que definirán las filas y columnas que hará nuestro robot en el palet, pudiéndose ser modificado a conveniencia y unos contadores que definirán la posición que ocupe en cada momento Coger, Dejar y PHOME.

```
VAR num XP:=0;
```

```
VAR num YP:=0;
```

```
VAR num ZP:=0;
```

```
VAR num Xpieza:=60;
```

```
VAR num Ypieza:=60;
```

```
VAR num Zpieza:=30;
```

```
VAR num NumeroPosX:=2;
```

```
VAR num NumeroPosY:=2;
```

```
VAR num NumeroPosZ:=4;
```

- Programa principal

Empezamos el programa reseteando V_Sensores1ON, V_GenerarPiezas y DO10_16, para que no siga generando piezas, los sensores paren de detectar piezas y la ventosa deje de tener vacío, esto generalmente se hace al principio del programa por si ha habido algún error al finalizar el anterior y alguna de las salidas o entradas se hayan quedado activadas y con esto nos aseguramos que el programa empieza como debería.

```
PROC Main()  
Reset V_Sensores1ON;  
Reset V_GenerarPiezas;  
Reset DO10_16;
```

Hemos creado una etiqueta para que vuelva a empezar desde aquí y no desde arriba reseteando V_Sensores1ON, V_GenerarPiezas y DO10_16.

Continuamos activando V_Sensores1ON y V_GenerarPiezas para que empiece a generar las piezas y que se detecten estas por los sensores.

```
Inicio:  
Set V_Sensores1ON;  
Set V_GenerarPiezas;
```

Mandamos al brazo al punto PHOME, creamos otra etiqueta llamada cinta y esperamos a que DI10_8 sea uno, que querría decir que hay una pieza en el sensor para después arrancar la cinta transportadora haciendo set a DO10_6.

```
MoveJ Phome,v300,z100,TCP_Pinza_Ventosa\WObj:=wobj0;  
Cinta:  
WaitDI DI10_8,1;  
Set DO10_6;
```

Esperamos a que el sensor del final de la cinta sea 1, es decir, detecte pieza, para que el cilindro neumático salga, esperamos un segundo y después de ese tiempo paramos la cinta y hacemos que se esconda el cilindro.

```
WaitDI DI10_12,1;  
Set DO10_4;  
WaitTime 1;  
Reset DO10_6;  
Reset DO10_4;
```

Una vez parada la cinta, va a proceder a realizar los subprogramas que serán explicados más concienzudamente más adelante.

```
CogerPieza;  
DejarPieza;
```

Aquí podemos ver que si ZP es igual a NumeroPosZ metemos un 0 a ZP, esto quiere decir que cuando NumeroPosZ llegue al máximo de la altura del palet, le meta un 0, para volver al principio.

Si el sensor de entrada de la cinta es igual a 0, va hacia la etiqueta Inicio y si no, irá a Cinta.

Cada vez que acabemos cualquier condición, bucle o procedimiento será necesario cerrarlo con el necesario, en nuestro caso será, ENDIF y ENDPROC.

```
IF ZP=NumeroPosZ ZP:=0;  
IF DI10_8=0 THEN  
GOTO Inicio;  
ELSE  
GOTO Cinta;
```

ENDIF

ENDPROC

- Subprogramas

El primer subproceso que vamos a explicar es el de coger la pieza del final de cinta.

PROC CogerPieza()

En la primera parte del subprograma podemos ver que hace que el brazo se dirija a la posición Coger pero desplazado en 10 mm en el eje Z, para después desplazarse al punto Coger pero más lentamente para que se posicione correctamente encima de la pieza.

```
MoveJ Offs(Coger,0,0,10),v300,z10,TCP_Pinza_Ventosa\WObj:=wobj0;  
MoveL Coger,v100,fine,TCP_Pinza_Ventosa\WObj:=wobj0;
```

Es necesario esperar 0.5 antes de darle un 1 a la salida que hace que se produzca vacío.

```
WaitTime 0.5;  
Set DO10_16;
```

Después de iniciar el vacío decimos que espere durante 5 seg
Tras coger la pieza nos vamos con ella al punto Coger pero desplazado 35 mm en el eje Z.

```
WaitDI DI10_14,1\MaxTime:=5\TimeFlag:=vacuostato;  
MoveL Offs(Coger,0,0,35),v100,z10,TCP_Pinza_Ventosa\WObj:=wobj0 ;
```

ENDPROC

El segundo subprograma que tenemos en nuestra estación es la de DejarPieza.

PROC DejarPieza()

Lo primero que debemos hacer es una vez hemos cogido la pieza, ir al punto Dejar pero desplazado en 60 mm en el eje X, 60 mm en el eje Y y 60 mm en el eje Z, esto lo hacemos para que cuando vayamos a dejar la pieza lo haga desde fuera hacia dentro para no se toquen entre ellas al dejarlas. En la simulación nos daría igual que se tocarán ya que no se van a caer, pero esta medida es muy necesaria para la estación real.

```
MoveJOffs(Dejar,XP*Xpieza+60,YP*Ypieza+60,ZP*Zpieza+60),v100,z10,TCP_Pinza  
_Ventosa\WObj:=wobj0;
```

Ahora debemos dejar la pieza en su posición, poniendo el ejemplo de la primera pieza, la pieza se posicionaría en el punto Dejar pero desplazado en 30 mm en el eje Z, 30 mm en el eje Y y 30 mm en el eje X.

```
MoveLOffs(Dejar,XP*Xpieza+30,YP*Ypieza+30,ZP*Zpieza+30),v100,fine,TCP_Pinza  
_Ventosa\WObj:=wobj0;
```

Una vez hemos dejado la pieza en su correspondiente posición, pasamos a dejar de tener vacío en la ventosa y después nos movemos al punto Dejar pero desplazado 30 mm en el eje X, 30 mm en el eje Y y 60 mm en el eje Z.

```
WaitTime 0.5;
Reset DO10_16;
Waittime 0.5;
MoveLOffs(Dejar,XP*Xpieza+30,YP*Ypieza+30,ZP*Zpieza+60),v300,z1,TCP_Pinza_
Ventosa\WObj:=wobj0;
```

Una vez hemos cogido la pieza y la hemos dejado tenemos que decirle al programa que aumente en 1 a XP, para que vaya completando la mitad de la base y cuando la complete, es decir, $XP = \text{NumeroPosX}$, a XP le metemos un 0 para incrementar en 1 a YP.

Cuando ya ha completado toda la base le metemos un 0 a YP, para empezar por el primer piso.

```
Incr XP;
```

```
IF XP=NumeroPosX THEN
XP:=0;
Incr YP;
ENDIF
```

```
IF YP=NumeroPosY THEN
YP:=0;
Incr ZP;
ENDIF
```

```
ENDPROC
```

```
ENDMODULE
```

4.1.2 Desarrollo sobre el entorno real

Lo primero que hemos hecho ha sido conectar nuestro controlador con el ordenador por protocolo TCP/IP, ya con esto, poder obtener el programa base que tiene el controlador, denominándose estación real.

Más tarde, lo que hacemos es crear 3 puntos en rapid aproximados a los que se creen que el brazo real cogerá la pieza y una vez los tenemos, con la comunicación que tenemos con el ordenador, vamos a ir moviendo el brazo robótico hasta llegar a los puntos reales con los que cogerá la pieza y la soltará en el pallet, con estos puntos son con los que se van a trabajar.

El código utilizado en la simulación es el mismo que usamos para la estación real y las entradas y salidas utilizadas en el código son las siguientes:

Columna1	Columna2
Nombre	Función
DI10_8	Sensor entrada de la cinta transportadora
DI10_12	Sensor salida de la cinta transportadora
DI10_14	Vacuostato
DO10_4	Cilindro neumático
DO10_6	Motor cinta
DO10_16	Vacío

Tabla 2 Entradas y salidas

Una vez hemos cableado todos los circuitos como está en los planos, es necesario hacer una copia del código rapid en un pendrive para conectarlo en la flexpendant y tras meterse en los menús llegaríamos a la siguiente imagen:



Ilustración 37 Flexpendant con código rapid

Para proceder a comprobar que todos los pasos de rapid funcionan correctamente y que el brazo no se choca con nada de la estación, debemos poner los motores en modo manual ya que en modo automático no podríamos controlar el brazo.

Además de poner los motores en modo manual, debemos pulsar en su modo intermedio, el botón de hombre muerto, dado que, si este no está pulsado, los motores no se encenderán.

El botón de hombre muerto es de una medida de seguridad, debido a que si aprieto de más el botón o incluso suelto (actos involuntarios que generalmente significan que el operario que tiene en su mano la flexpendant, es que se ha asustado por algún motivo) los motores automáticamente se paran en la posición que se encontraban.

La siguiente imagen es una imagen general de nuestra estación, en donde podemos ver el brazo, la cinta, los sensores, los componentes eléctricos del cuadro, la flexpendant.



Ilustración 38 Vista general de la estación

Este sería el cuadro de los componentes como la electroválvula, el magnetotérmico, la fuente de alimentación, los contactores, todos estos elementos están explicados en el anexo A

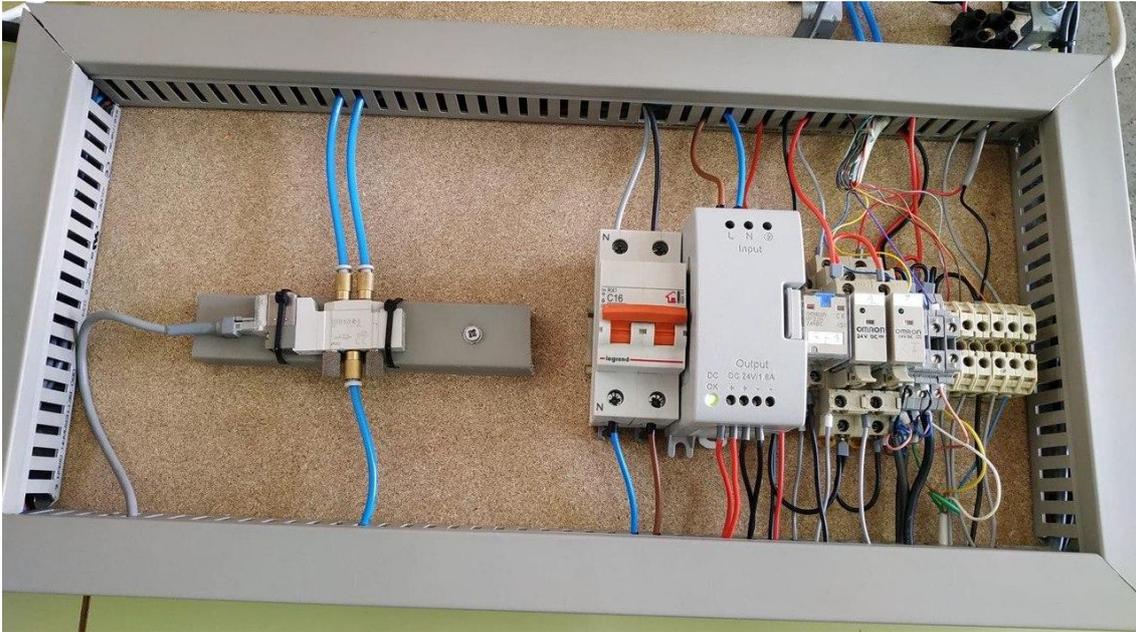


Ilustración 39 Cuadro eléctrico

Es la ventosa que usamos como herramienta para que nuestro brazo pueda coger las piezas azules como podemos ver en la ilustración 38.



Ilustración 40 Herramienta ventosa

Ahora vamos a ir explicando uno de los ciclos de la programación, como podemos ver dentro de la programación rapid, está en la segunda planta, como hemos dicho anteriormente, la estación empieza por meter una pieza en la cinta, los sensores detectan la pieza y dicha cinta comienza a moverse, cuando la pieza llega al final y es detectada por el sensor del final de la cinta y el robot va hacia la pieza.

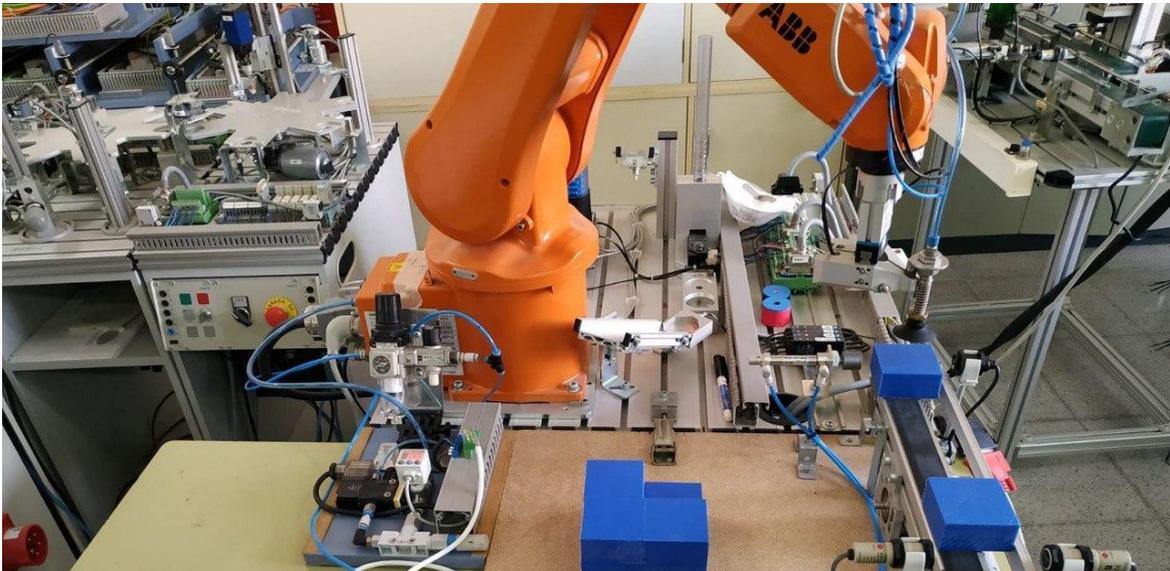


Ilustración 41 Brazo en posición de coger la pieza

Una vez ha llegado a la pieza, la coge y procede a trasladarla al palet.

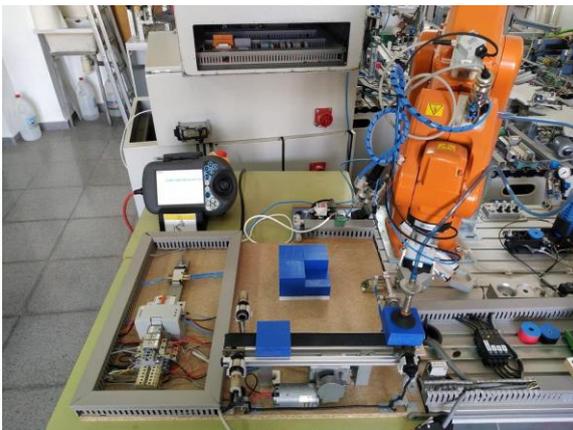


Ilustración 42 Brazo cogiendo pieza

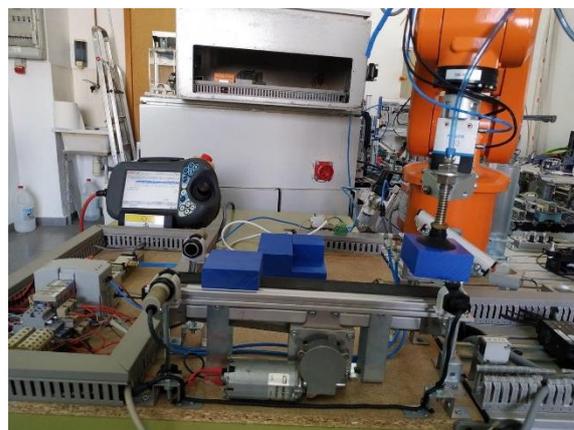


Ilustración 43 Brazo trasladando pieza

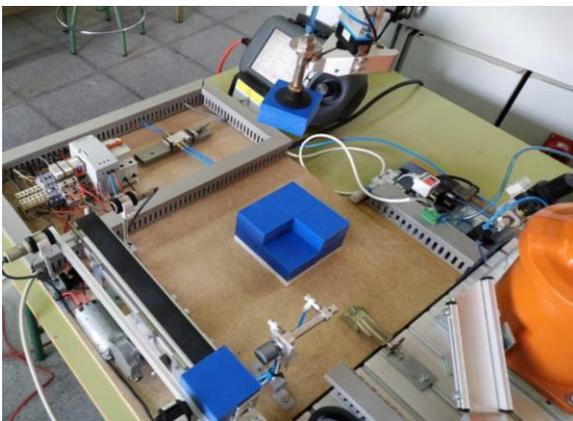


Ilustración 44 Brazo haciendo su trayectoria hacia el palet

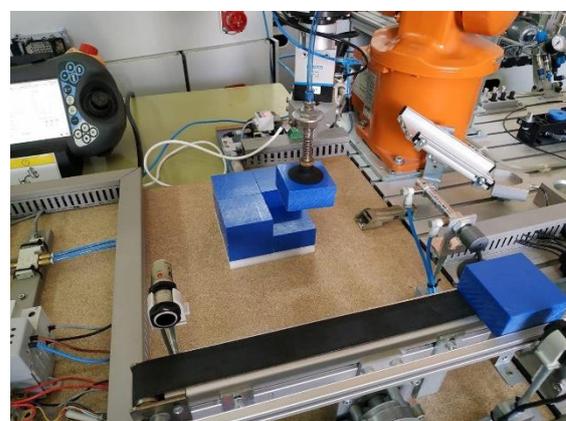


Ilustración 45 Brazo dejando pieza en el palet

Capítulo 5 Estudio económico

En este capítulo se va a realizar una estimación de los costes y los materiales del proyecto. Estos serán agrupados en costes directos e indirectos.

5.1 Costes directos

Estos costes, están directamente relacionados con un producto o un servicio, por lo tanto, incluiremos los costes de material, construcción, recursos y herramientas empleadas.

5.1.1 Costes asociados al equipo

En este tipo de costes distinguimos: costes de equipo y material, de software y de herramientas.

Costes de material			
Concepto	Coste unitario (€)	Unidades	Coste total (€)
Robot ABB IRB 120	14.000	1	14000
Sensor fotoeléctrico receptor	46,88	1	46,88
Sensor fotoeléctrico emisor	70,31	1	70,31
Sensor receptor-emisor	52,64	1	52,64
Cilindro neumático	47,25	1	47,25
Relé	7,68	2	15,36
Motor DC	117	1	117
Magnetotérmico	4,15	1	4,15
Fuente de alimentación	63,4	1	63,4
Relé	9,61	3	28,83
Electroválvula	11	1	11
		Total	14456,82

Tabla 3 Costes de material

Coste de herramientas			
Concepto	Coste unitario (€/h)	Unidades (horas)	Coste total (€)
Ordenador	2,32	200	464
Herramientas	0,29	10	2,9
		Total	466,9

Tabla 4 Coste de herramientas

Coste de software			
Concepto	Coste licencia (€)	Coste licencia estudiante	Coste total (€)
Robot Studio	400	0	0
		Total	0

Tabla 5 Coste de software

5.1.2 Costes asociados a la mano de obra

Hemos calculado el coste de una hora del trabajo de un ingeniero y, por lo tanto, tenemos que el ingeniero va a trabajar con el programa Robot Studio.

Coste de personal			
Concepto	Coste por unidad (€/h)	Unidad	Importe(€)
Robot Studio	14,43	200	2887,61
		Total	2887,61

Tabla 6 Coste de personal

Total costes directos	
Concepto	Importe
Costes material	14456,82
Costes herramientas	466,9
Costes de software	0
Costes personal	2887,61
Total	17811,33

Tabla 7 Sumatorio de costes directos

5.2 Costes indirectos

Dentro de los costes indirectos vemos el gasto de luz, de calefacción, etc,

Costes indirectos	
Concepto	Importe (€)
Consumo eléctrico, calefacción, etc	100
Total	100

Tabla 8 Sumatorio de costes indirectos

5.3 Coste total del proyecto

Podemos ver que el coste total del proyecto sería la suma de los costes directos e indirectos.

Coste total	
Concepto	Importe(€)
Costes directos	17811,33
Costes indirectos	100
Total	17911,33

Tabla 9 Sumatorio de costes totales

Anexo A Componentes

Eléctricos

Motor DC

El motor de corriente continua es una máquina que convierte la energía eléctrica que le proporcionamos en energía mecánica, produciendo un movimiento rotatorio.

En nuestro caso es un motor de 24 V que será el encargado de mover la cinta para que la pieza llegue hasta la zona donde el robot la coge.



Ilustración 38 Motor DC

Magnetotérmico bipolar

Los magnetotérmicos son dispositivos que se encargan de interrumpir la corriente eléctrica de un circuito cuando se han sobrepasado determinados gastos o consumo eléctrico, las siglas en inglés son MCB queriendo decir, “Miniature Circuit Breaker”.

Estos principalmente se utilizan para la protección de la instalación.

El magnetotérmico empleado es el de la siguiente imagen.



Ilustración 39 Magnetotérmico

Fuente de alimentación

Las fuentes de alimentación se ponen en las instalaciones para transformar la corriente alterna a en nuestro caso 24 V en continua. Nuestro componente empleado es Allen Bradley micro800 14V DC.



Ilustración 40 Fuente de alimentación

Relé

Funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico en el que, por medio de una bobina y un electroimán, se acciona un juego de uno o varios contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos eléctricos independientes.

Los relés utilizados son Relé Omron MY2IN con dos contactos y Relé Omron G2R-1-SN con un contacto.



Ilustración 41 Relés

Sensor fotoeléctrico.

Un sensor fotoeléctrico o fotocélula es un dispositivo electrónico que responde al cambio en la intensidad de la luz. Estos sensores requieren de un componente emisor que genera la luz, y un receptor que percibe la luz generada por el emisor. Estos sirven para detectar la presencia de piezas.

En nuestro caso tenemos un receptor (Sensor Omron E3F2 7DB4) de 4 hilos y de tipo PNP y un emisor (Sensor Omron E3F2 7L).

Sensor fotoeléctrico receptor de 4 hilo PNP



Ilustración 42 Fotocélula receptora



Ilustración 43 Fotocélula emisora

La instalación también dispone que un sensor fotoeléctrico que a su vez es receptor y emisor, en nuestro caso es de 4 hilos (Sensor Omron E3FA DP15).



Vacuostato

Este componente se fundamenta en el principio del muelle Bourdon, esto quiere decir que cuando se produce una depresión en el interior del aparato, el muelle tiende a deformarse, cambiando su posición inicial, esta cantidad de movimiento del muelle es la lectura que nos da el vacuostato.



Ilustración 45 Vacuostato

Neumáticos

Cilindro neumático

Un cilindro neumático de simple efecto es aquel que solo realiza un trabajo cuando se desplaza su elemento móvil (vástago) en un único sentido y el retroceso se produce evacuando el aire a presión de la parte posterior, lo que devolvería el vástago a su posición de partida.



Ilustración 46 Cilindro neumático

Siendo este el modelo SY3120-5LOU-M5-Q.

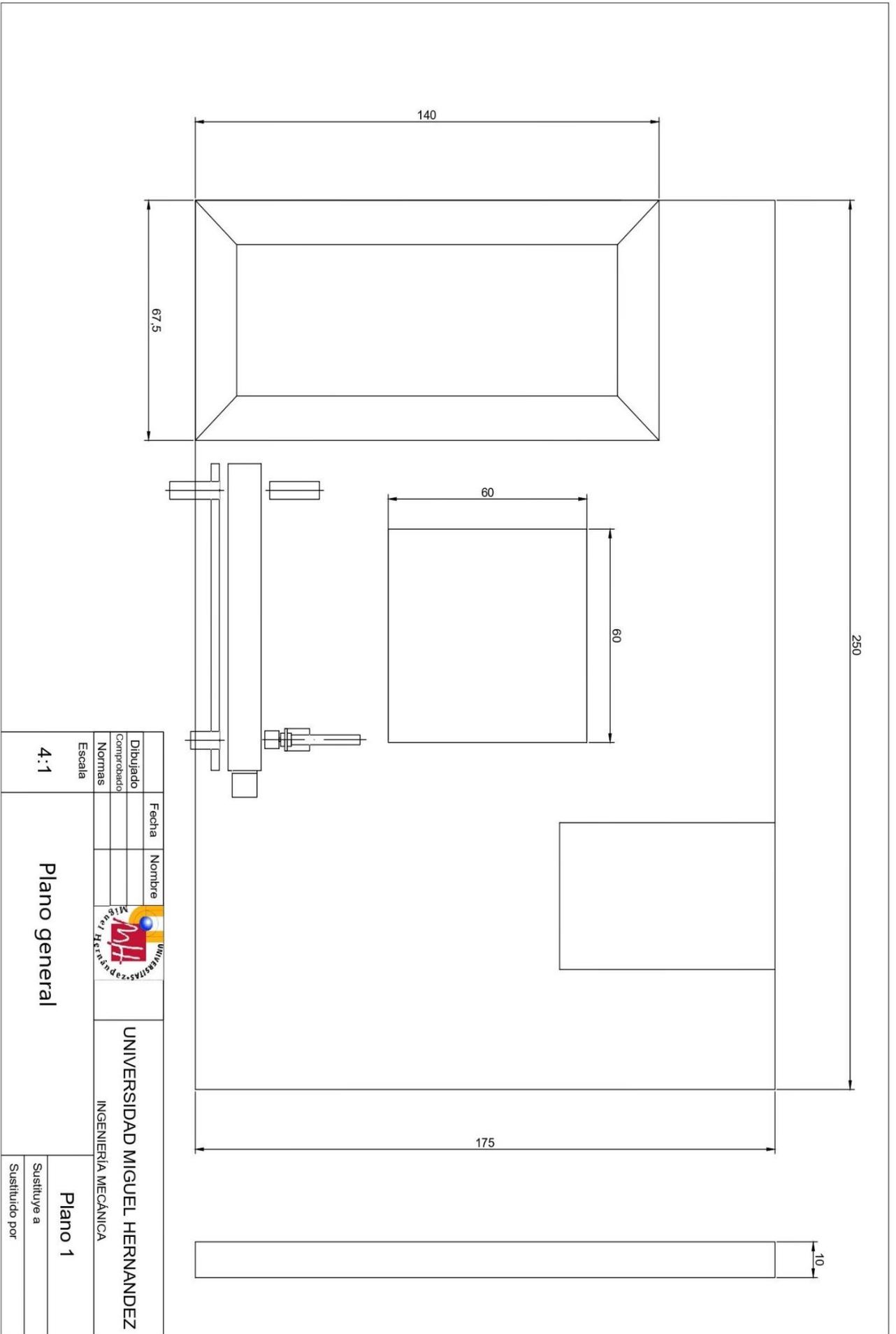
Electroválvula

Una electroválvula es una válvula electromecánica, diseñada para controlar el paso de fluido por un conducto o tubería.

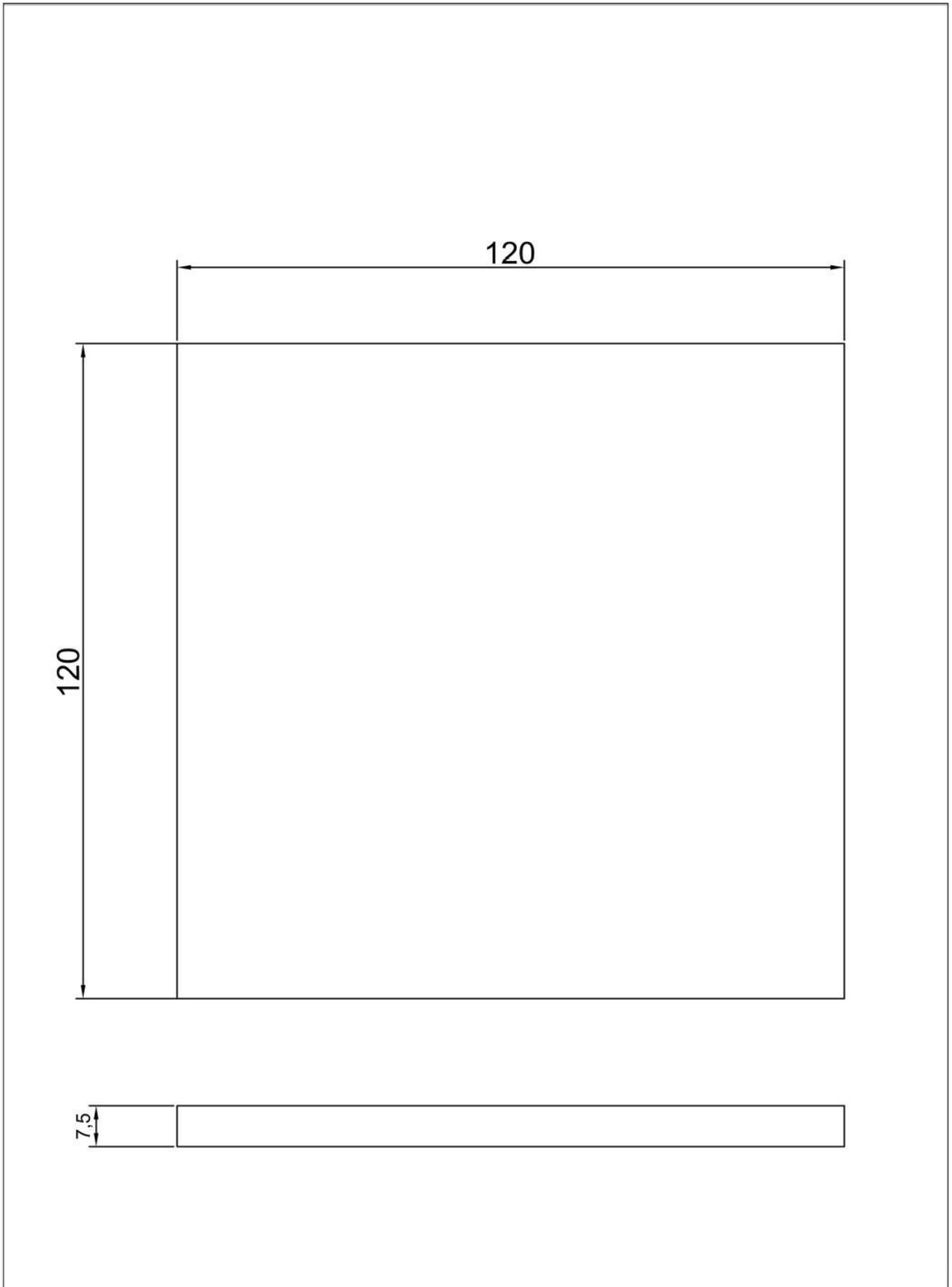


Ilustración 47 Electroválvula

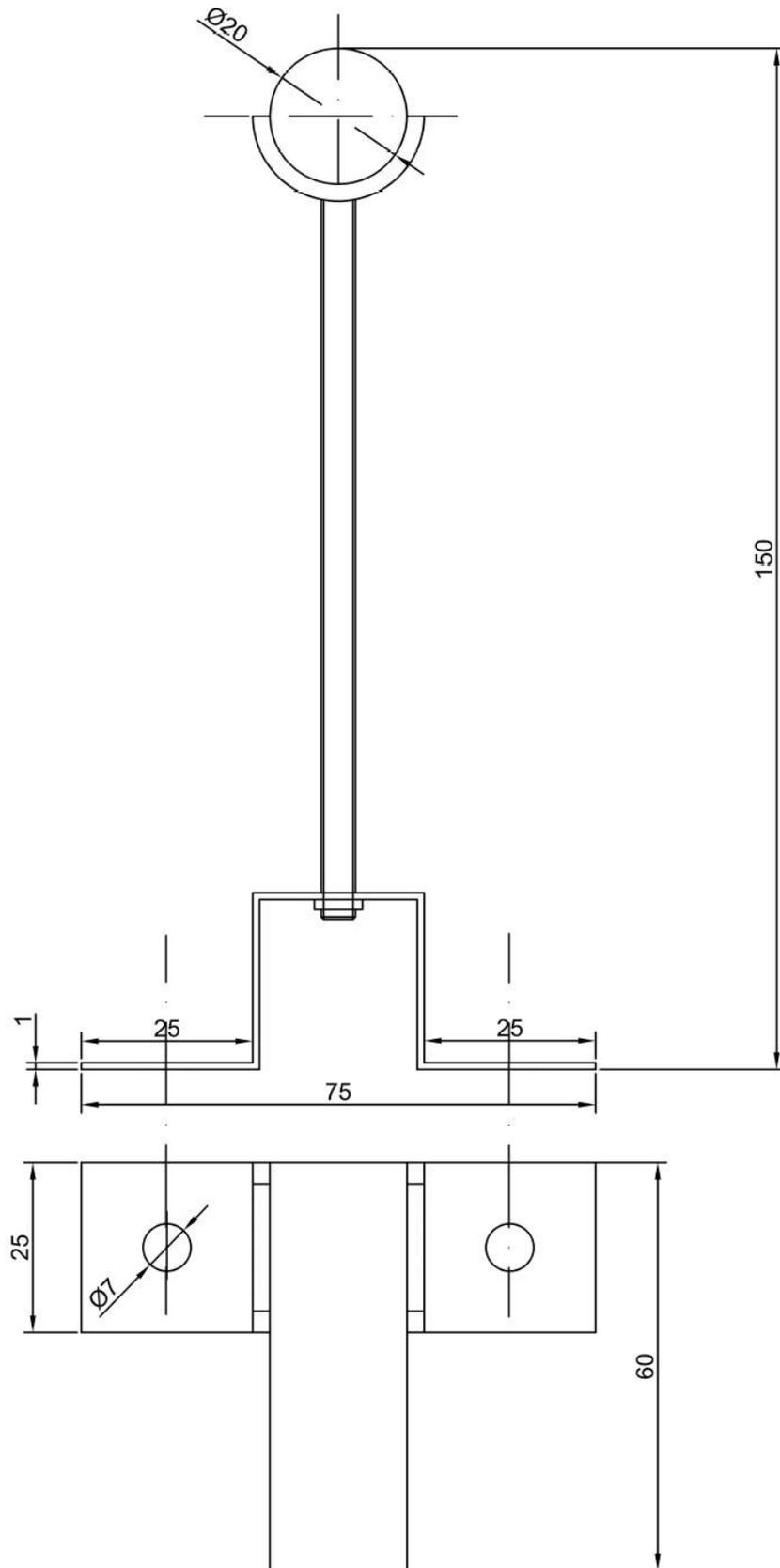
Anexo B: Planos



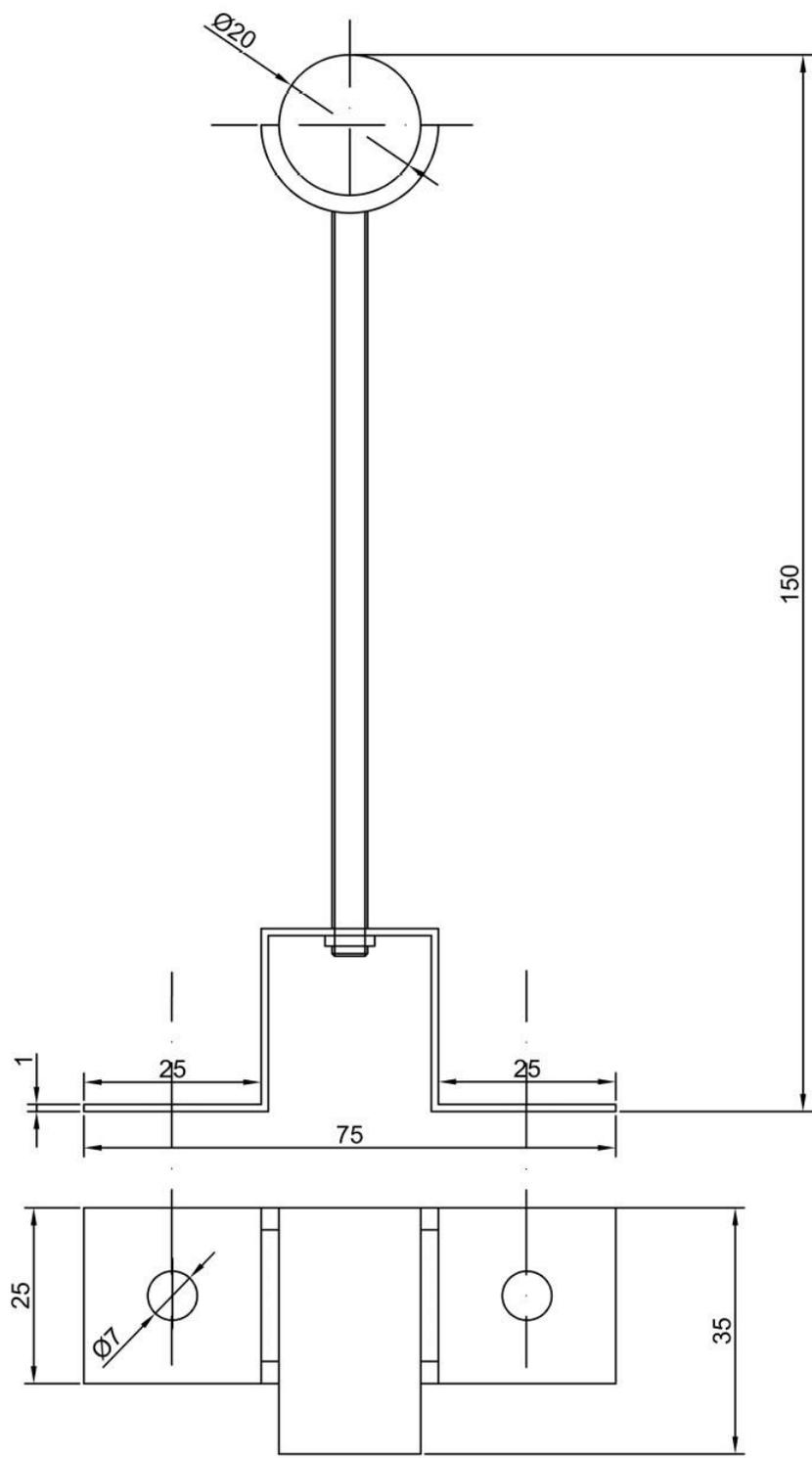
Dibujado	Fecha	Nombre		UNIVERSIDAD MIGUEL HERNANDEZ INGENIERÍA MECÁNICA
Comprobado				
Normas				
Escala				
4:1	Plano general			Plano 1 Sustituye a Sustituido por



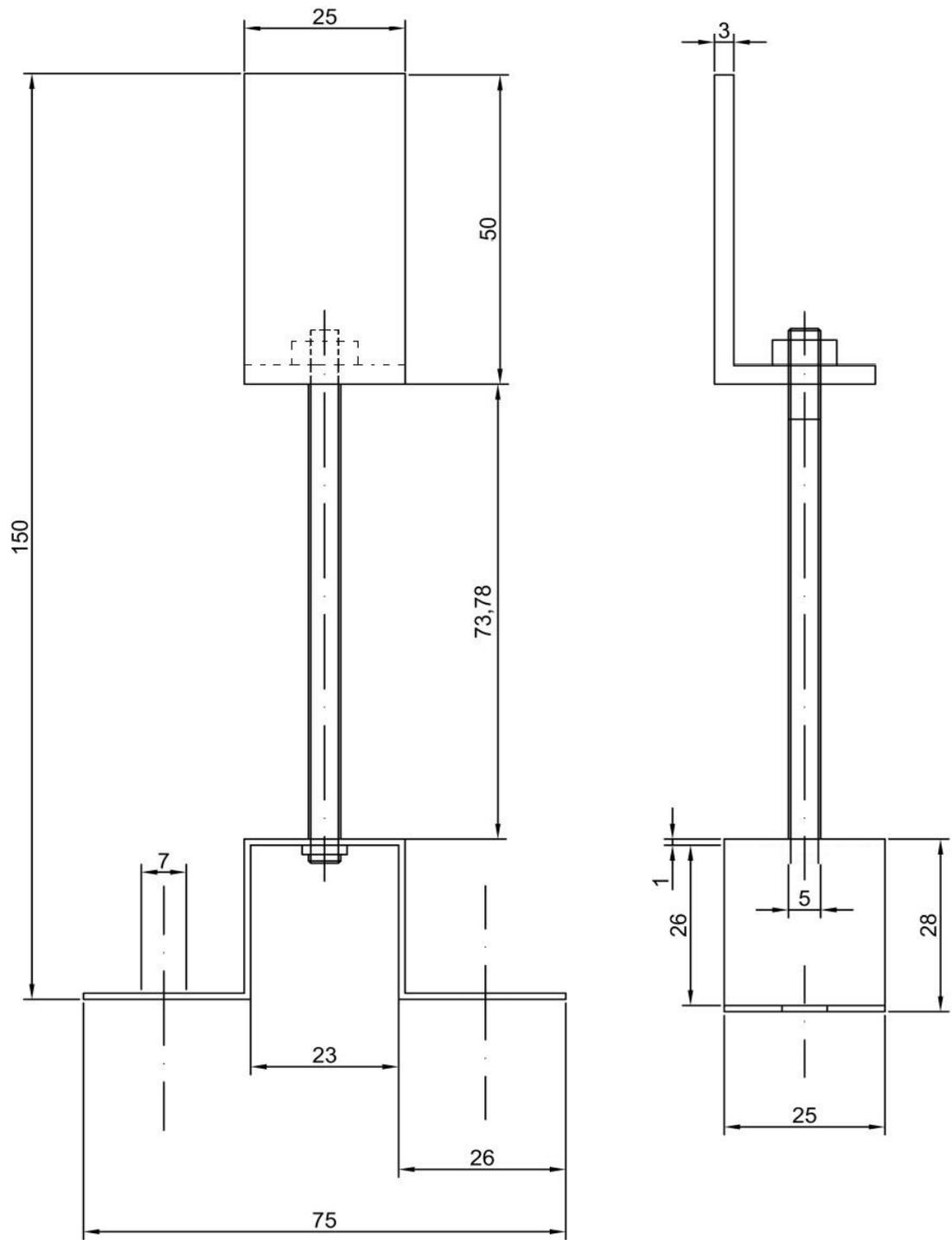
	Fecha	Nombre		UNIVERSIDAD MIGUEL HERNANDEZ INGENIERÍA MECÁNICA
Dibujado				
Comprobado				
Normas				
Escala	Pallet			Plano 2
1:2				Sustituye a
				Sustituido por



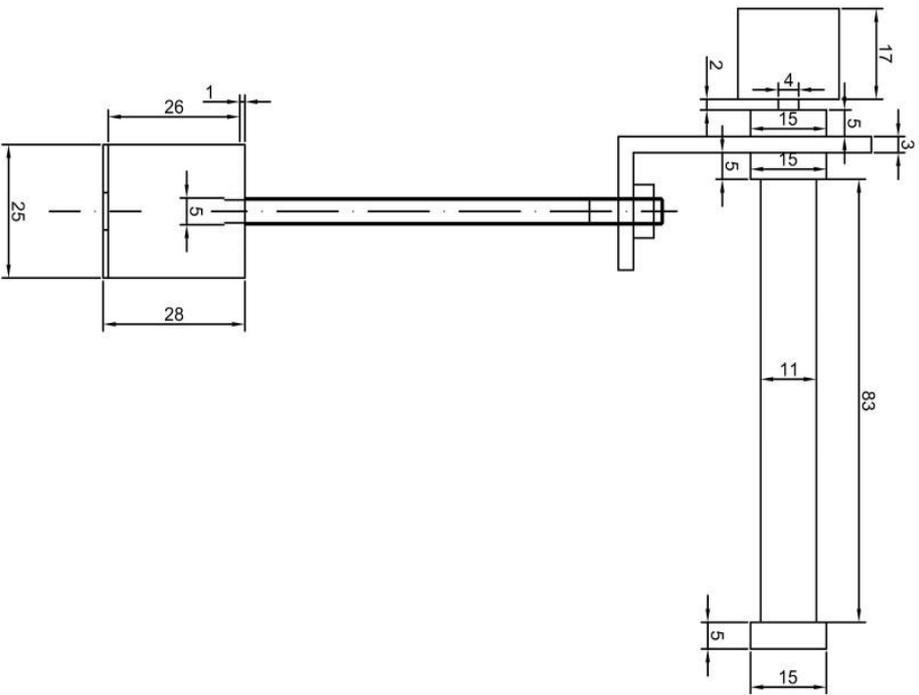
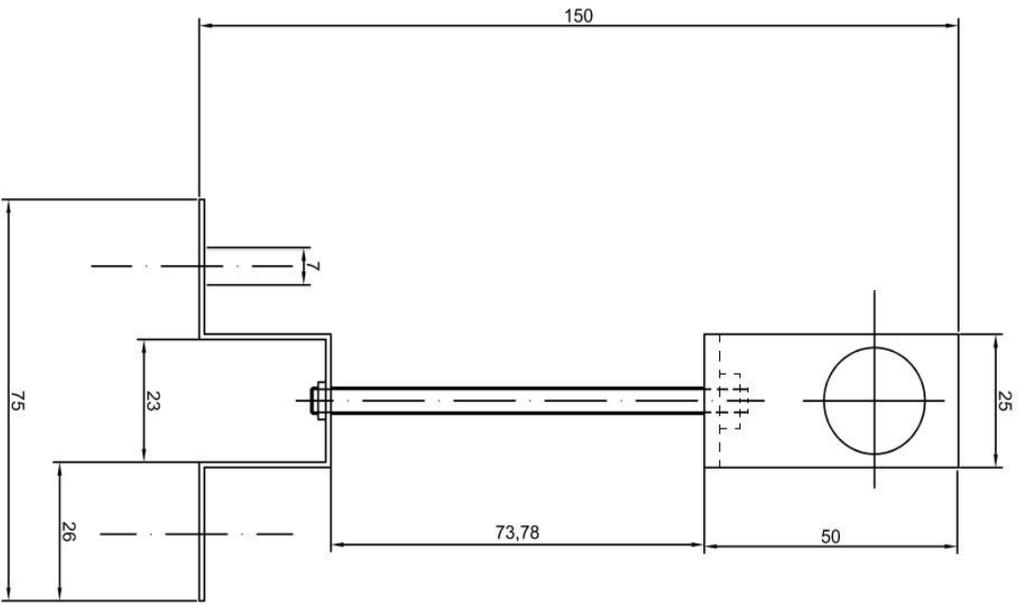
	Fecha	Nombre		UNIVERSIDAD MIGUEL HERNANDEZ INGENIERÍA MECÁNICA
Dibujado				
Comprobado				
Normas				
Escala	Sensores 1 y 2			Plano 3
1:1				Sustituye a
				Sustituido por



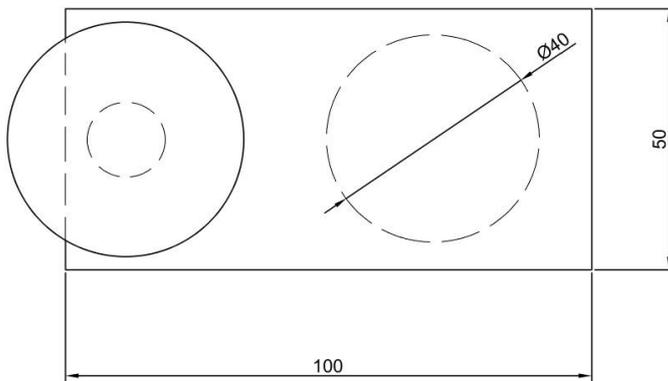
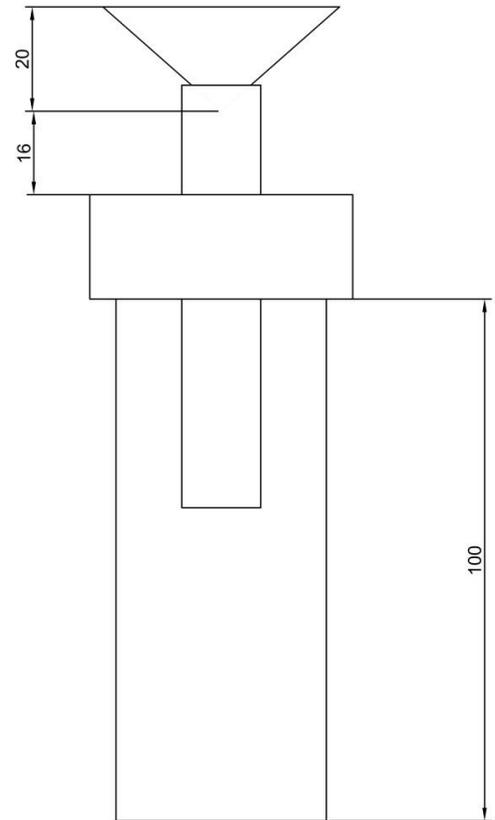
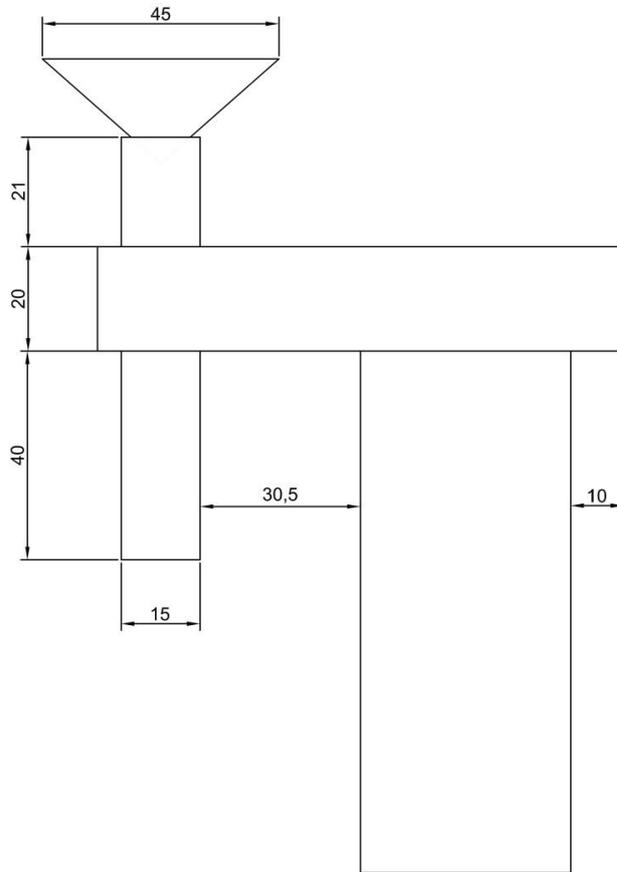
	Fecha	Nombre		UNIVERSIDAD MIGUEL HERNANDEZ INGENIERÍA MECÁNICA
Dibujado				
Comprobado				
Normas				
Escala	Sensor3			Plano 4
1:1				Sustituye a
				Sustituido por



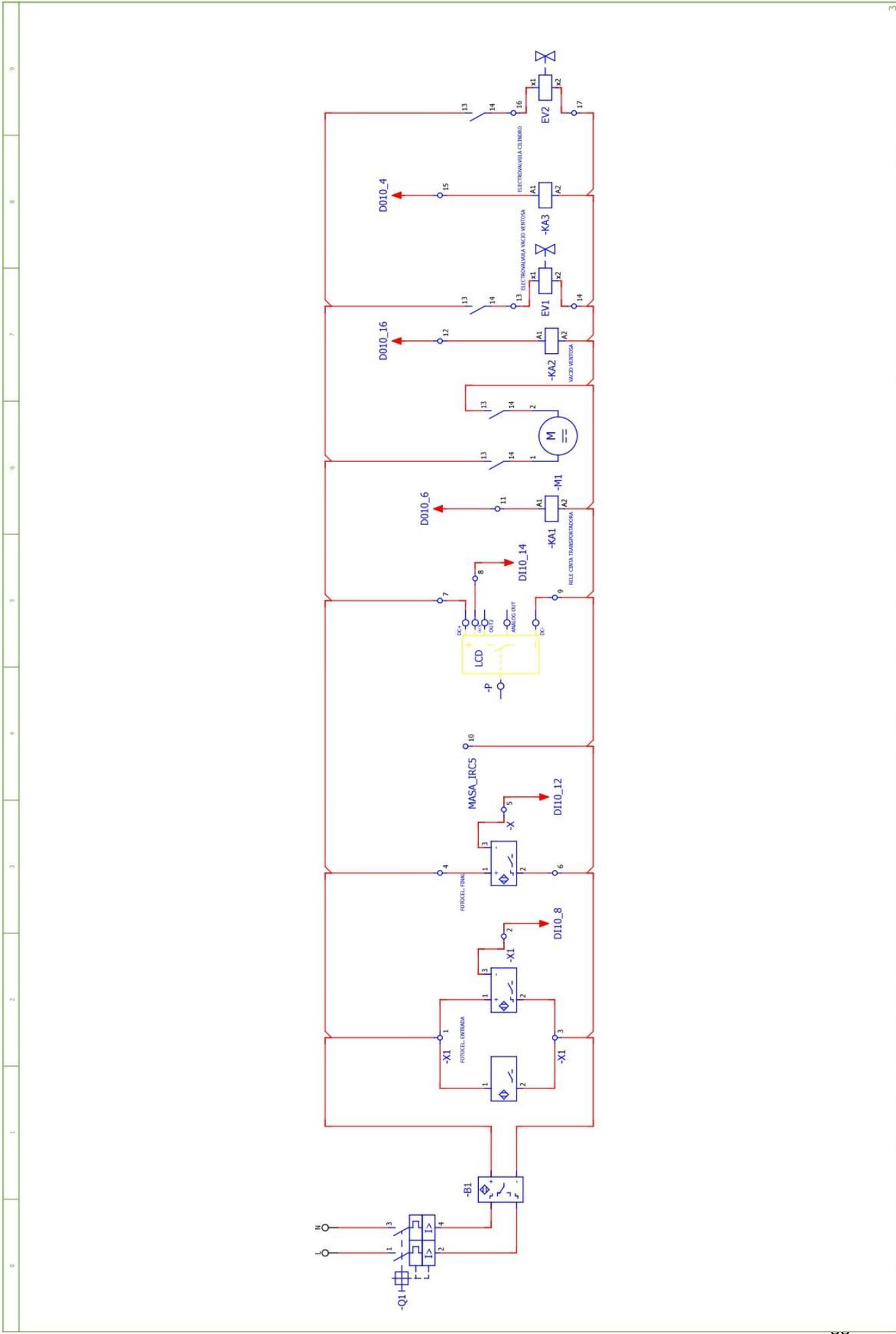
	Fecha	Nombre		UNIVERSIDAD MIGUEL HERNANDEZ INGENIERÍA MECÁNICA	
Dibujado					
Comprobado					
Normas					
Escala	Tope			Plano 5	
1:1				Sustituye a	
				Sustituido por	



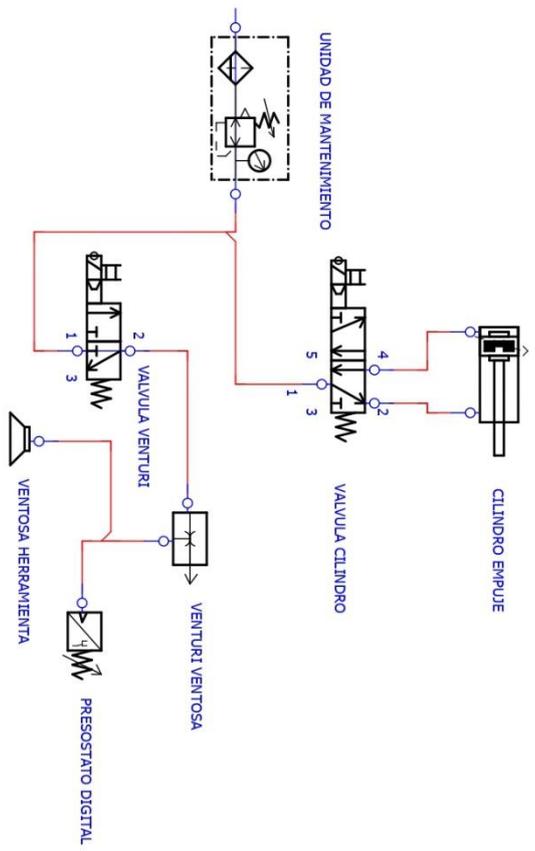
Dibujado	Fecha	Nombre		UNIVERSIDAD MIGUEL HERNANDEZ INGENIERÍA MECÁNICA	Plano 6
Comprobado					
Normas					Sustituye a Sustituido por
Escala					1:1
Cilindro neumático					



	Fecha	Nombre		UNIVERSIDAD MIGUEL HERNANDEZ INGENIERÍA MECÁNICA	
Dibujado					
Comprobado					
Normas					
Escala	Herramienta ventosa			Plano 7	
1:1				Sustituye a	
				Sustituido por	



0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
3											
Fecha Resp.	16/12/2019	EPLAN	EPLAN Software & Service GmbH & Co. KG							Circuito	= CAL + EAA
Problema Original	Proyecto básico con estructura de designación según los estándares IEC		Sustituido por							Hoja 2	
Cambio	Nombre	Fecha	Sustituido por							Hoja 2	



Fecha	27/01/2020	ERLAN	ERLAN Software & Service	Diagrama electropneumatico	= CAL
Rep.	PADME	Proyecto básico con estructura de designación según los estándares IEC	Gmbh & Co. KG		+ EAA
Próbado		Sustitución por			IEC_06a001
Original		Sustituido por			Hoja
Fecha					Hoja
Nombre					2
					1

Anexo C Bibliografía

1. https://www.gs1cr.org/wp-content/uploads/2016/04/manual_logistica.pdf
Manual para conocer cómo se deben poner las cajas en un palet.
2. <https://www.transeop.com/blog/Palet-Europeo-Europalet-Caracteristicas-Peso-Medidas/400/>
Características de un palet europeo.
3. <https://www.abc-pack.com/noticias/palets-negros-en-salas-blancas/>
La utilización de palets en salas limpias.
4. <https://inteligenciartificialmca.wordpress.com/2017/05/10/2-5-grados-de-libertad-de-un-robot/>
Definición de grados de libertad.
5. <http://www.educa.madrid.org/web/ies.silveriolanza.getafe/Ens/DptoTecnologia/fprob/RobotCartesiano.htm>
Explicación de la configuración cartesiana.
6. http://platea.pntic.mec.es/vgonzale/cyr_0204/ctrl_rob/robotica/sistema/morfologia.htm
Explicación para entender un brazo como la morfología de un brazo humano.
7. http://platea.pntic.mec.es/vgonzale/cyr_0204/ctrl_rob/robotica/industrial.htm
Definición brazo robótico.
8. <https://es.slideshare.net/leonleonc/cintica-de-un-robot>
Espacio o volumen de trabajo de un brazo.
9. <http://www.isa.uniovi.es/~alonsog/Robotica/02%20Morfologia.pdf>
Explicación de las articulaciones rotacionales y de revolución.
10. http://platea.pntic.mec.es/vgonzale/cyr_0708/archivos/_15/Tema_5.4.htm
Explicación del punto terminar de un brazo robótico.
11. <http://m.automatica.mex.tl/imagesnew/5/0/1/4/2/GUIAS%20ROBOTICA%20.pdf>
Definición de capacidad de carga, tipos de actuadores.
12. http://www-assig.fib.upc.es/~rob/protegit/treballs/Q2_03-04/general/carmorf.htm
Definición de repetibilidad.
13. <https://www.monografias.com/trabajos107/evolucion-robotica/evolucion-robotica.shtml>
Explicación de la evolución de la robótica.