



Escuela  
Universitaria  
Ingeniería  
Técnica  
Industrial  
ZARAGOZA



***DISEÑO DE UN PUESTO DE  
PRÁCTICAS CON ROBOT Y  
SOPORTE DE VISIÓN Y CREACIÓN  
DE LOS GUIONES DE PRÁCTICAS.***

*Zaragoza, SEPTIEMBRE 2011.*

*AUTOR: Víctor Martínez Yagüe.*

*DIRECTOR: Francisco Javier Brosed.*

*ESPECIALIDAD: Ingeniería Técnica Mecánica.*

**DOCUMENTO 2/2**

**ANEXOS**

## ANEXOS.

### **ÍNDICE:**

1.	ANEXO 1. PLANOS DE DISEÑO DEL SOPORTE DE VISIÓN.....	3.
2.	ANEXO 2. CONOCIMIENTOS PREVIOS .....	24.
3.	ANEXO 3. GUIONES DE PRÁCTICAS.....	39.
4.	ANEXO 4. CUESTIONARIO DE PRÁCTICAS .....	113.



Escuela  
Universitaria  
Ingeniería  
Técnica  
Industrial  
**ZARAGOZA**



***ANEXO 1.***

***PLANOS DE DISEÑO DEL***

***SOPORTE DE VISIÓN.***

*Zaragoza, SEPTIEMBRE 2011.*

**AUTOR: VÍCTOR MARTÍNEZ YAGÜE.**

**ÍNDICE:**

1. INTRODUCCIÓN .....	5.
2. PLANOS DE DESPIECE.....	6.
PLANO 1. DESPIECE CONJUNTO COMPLETO.	
PLANO 2. DESPIECE SOPORTE MONTADO.	
PLANO 3. DESPIECE CONJUNTO CÁMARA.	
PLANO 4. DESPIECE CONJUNTO LÁSER.	
3. PLANOS DEL DISEÑO DE LAS PIEZAS A FABRICAR .....	11.
PLANO 5. SUJECCIÓN ROBOT MESA O BRIDA.	
PLANO 6. PIEZA PARA ELEVAR PERFIL.	
PLANO 7. PIEZA GIRO CÁMARA.	
PLANO 8. BASE SUJECCIÓN CÁMARA.	
PLANO 9. UNIÓN SOPORTE CÁMARA Y LÁSER A PERFIL.	
PLANO 10. PIEZA GIRO LÁSER.	
PLANO 11. AMARRE LÁSER.	
PLANO 12. BASE SUJECCIÓN LÁSER.	
4. PLANOS DE MONTAJE.....	20.
PLANO 13. CONJUNTO CÁMARA.	
PLANO 14. CONJUNTO LÁSER.	
PLANO 15. SOPORTE MONTADO.	

## **1. INTRODUCCIÓN.**

Este anexo muestra en primer lugar el conjunto de planos de despiece partiendo del conjunto de visión completo simplificando a subconjuntos más simples hasta simplificarlos a las piezas individuales.

A continuación se muestran los planos del diseño de las piezas a fabricar indicando las acotaciones pertinentes para poder ser interpretadas por los técnicos de fabricación.

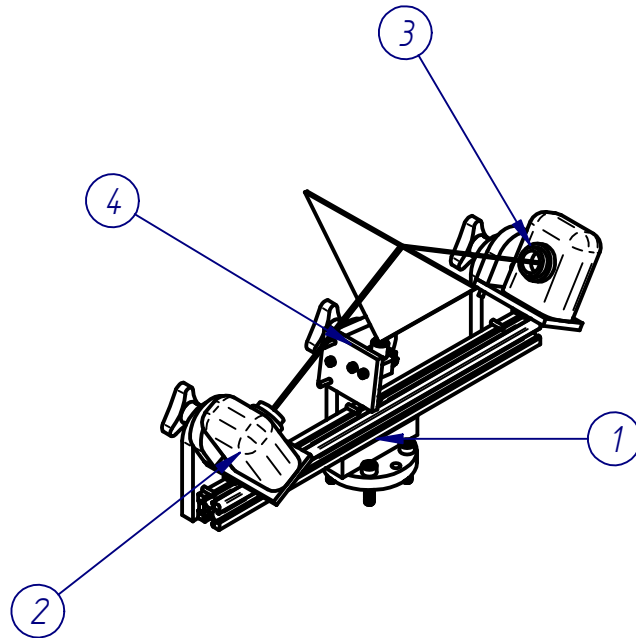
Los planos citados anteriormente designan cada uno de los conjuntos o piezas así como el número y peso de los equipos o piezas que lo forman.

Resaltar también para que quede claro que el soporte está formado por dos conjuntos de cámara idénticos. Se hace referencia también en el propio plano “despiece conjunto cámara”, aunque el listado de piezas sólo forme uno de los conjuntos.

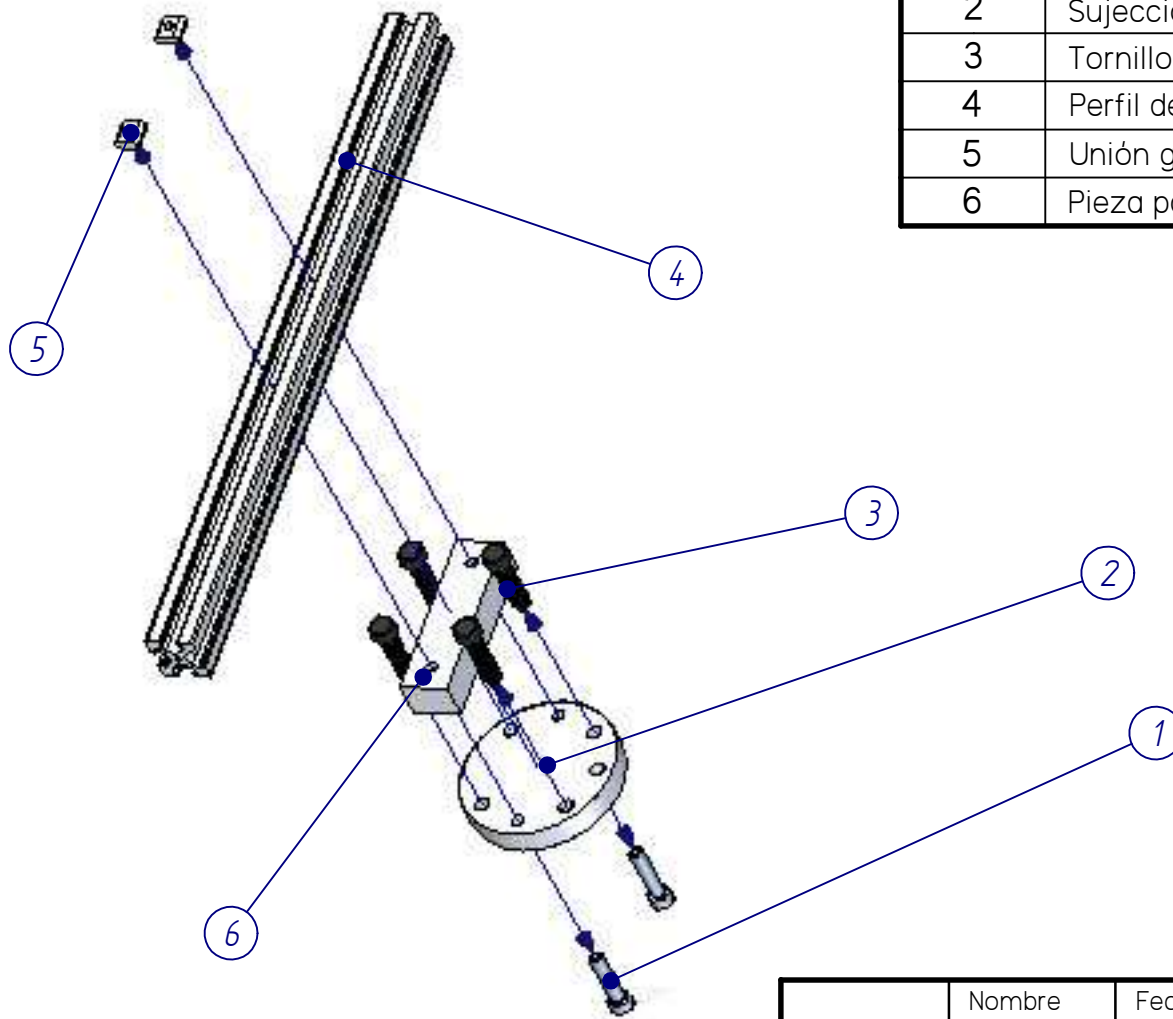
Por último se muestran los planos que servirán de guía para montar el soporte de visión.

## **2. PLANOS DE DESPIECE.**

Marca pieza	LISTA DE DESPIECE		
	Denominación	Cantidad	Peso (Kg)
1	Conjunto soporte montado	1	0,3292
2, 3	Conjunto cámara	2	0,6239
4	Conjunto láser	1	0,3206



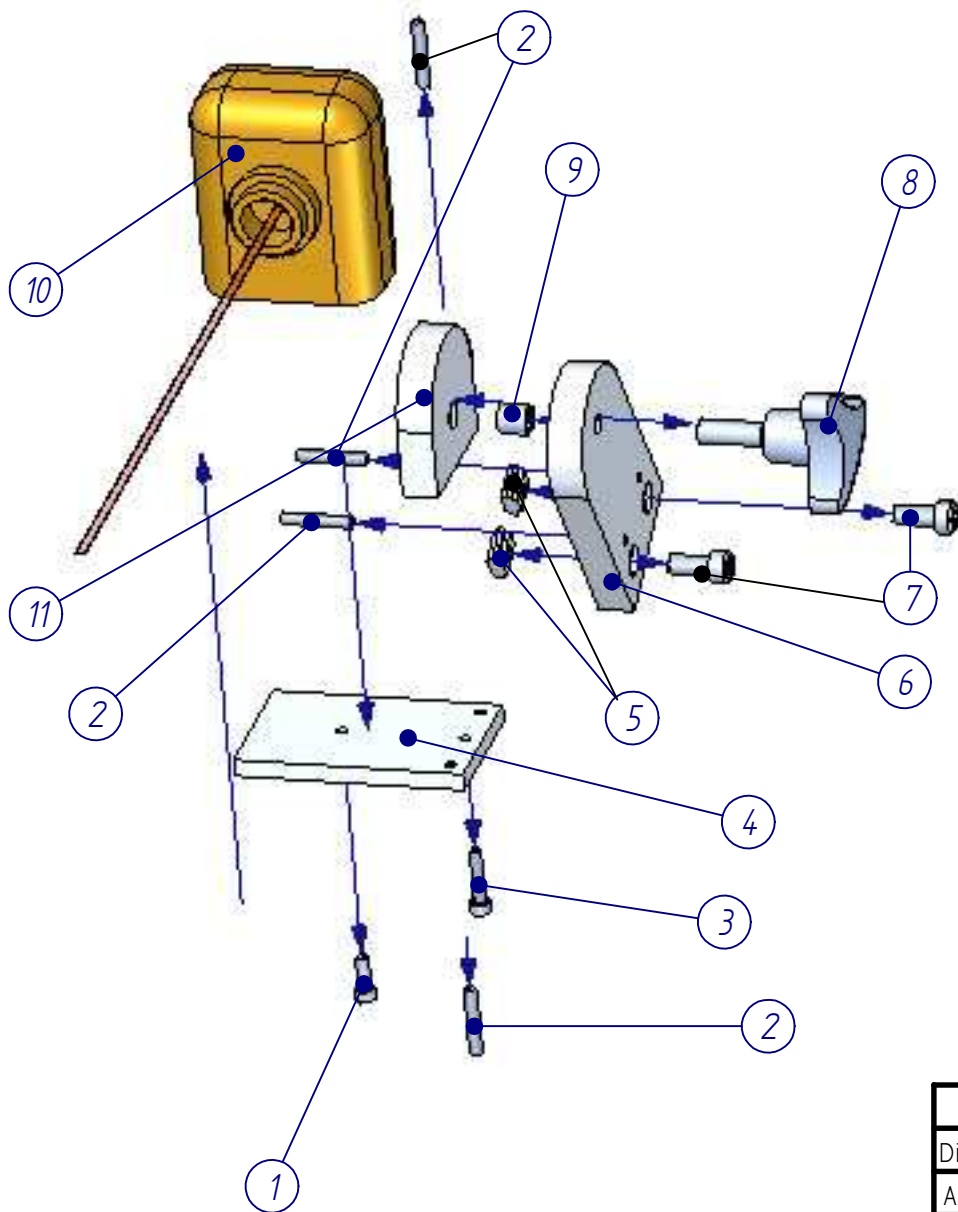
	Nombre	Fecha	Despiece conjunto completo	
Dibujado	Víctor	7/08/11		
Apellidos	Martínez	Yagüe		
 <b>Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial</b> <b>Universidad Zaragoza</b>			A4	Plano 1
			Escala ---	
			Planos de despiece	




Marca pieza	LISTA DE DESPIECE		
	Denominación	Cantidad	Peso
1	Tornillo allen M5, L 25	2	0,0114
2	Sujección robot mesa o brida	1	0,0679
3	Tornillo brida M6, L 25	4	0,0312
4	Perfil de 300mm	1	0,1617
5	Unión gula perfil comercial	2	0,0002
6	Pieza para elevar perfil	1	0,0553

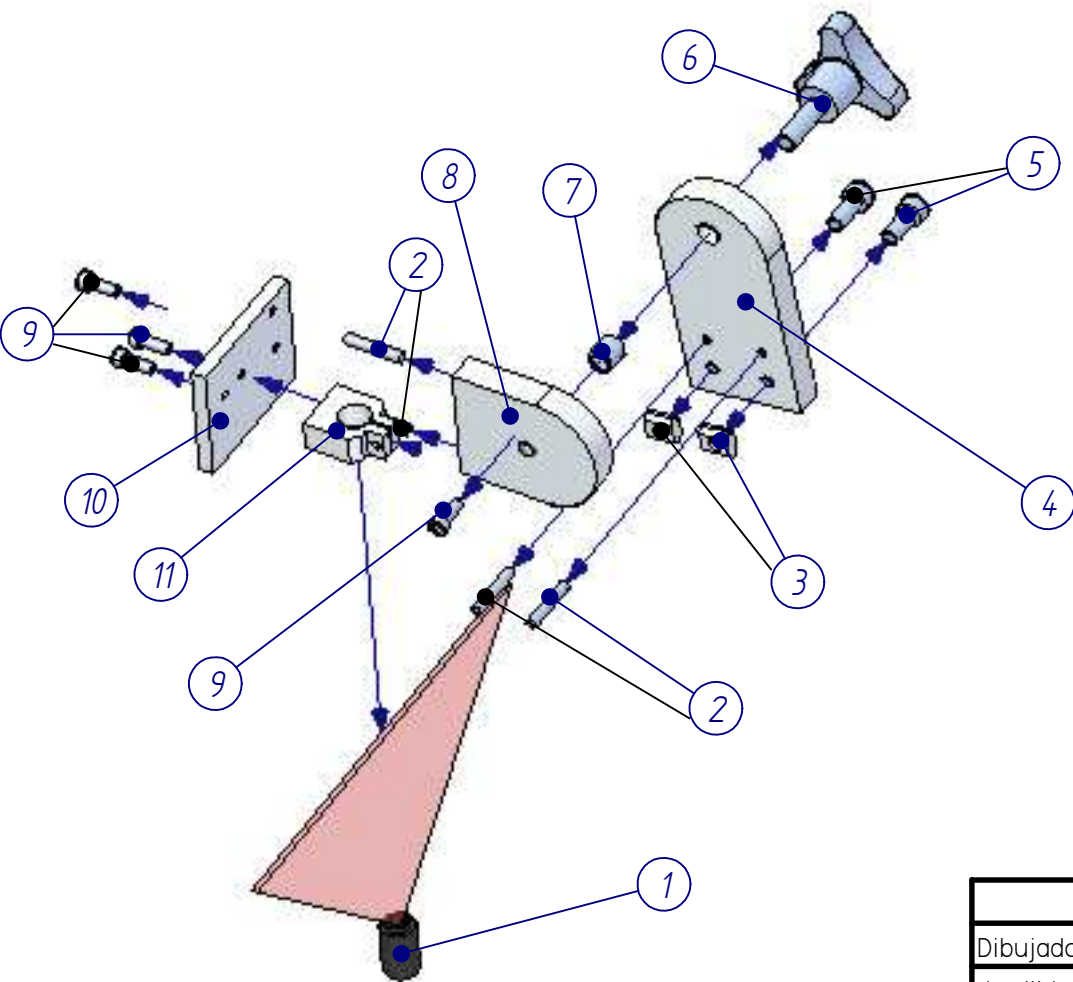
	Nombre	Fecha	Despiece soporte montado	
Dibujado	Víctor	8/08/11		
Apellidos	Martínez	Yagüe		
 <b>Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial</b> <b>Universidad Zaragoza</b>			A4	Plano 2
			Escala -----	
			Planos de despiece	





Marca pieza	LISTA DE DESPIECE		
	Denominación	Cantidad	Peso
1	Tornillo allen M3, L 10	1	0,0010
2	Bulón D3, L 20	4	0,0044
3	Tornillo allen M3, L 16	1	0,0013
4	Base sujección cámara	1	0,0349
5	Unión guía perfil comercial	2	0,0002
6	Unión soporte c. y l. a perfil	1	0,0791
7	Tornillo allen M5, L 12	2	0,0037
8	Boutet tirador 2746i_n(M6, L20)	1	0,0607
9	Casquillo cámara y láser	1	0,0014
10	Cámara física	1	0,0800
11	Pieza giro cámara	1	0,0371

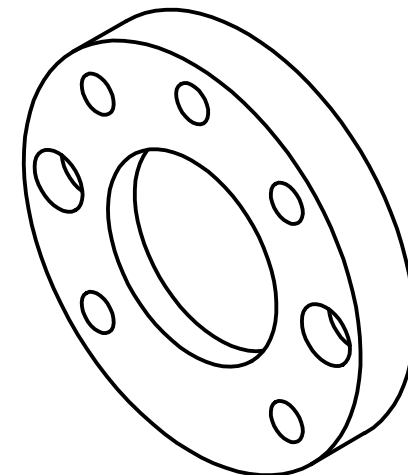
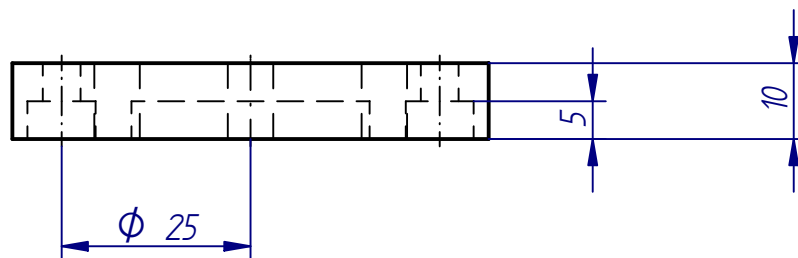
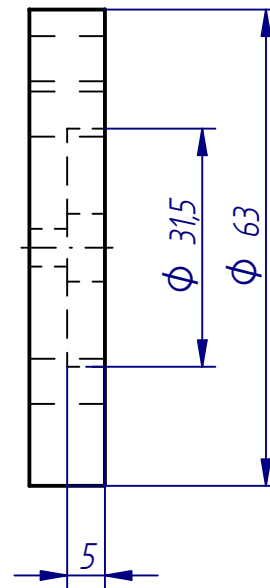
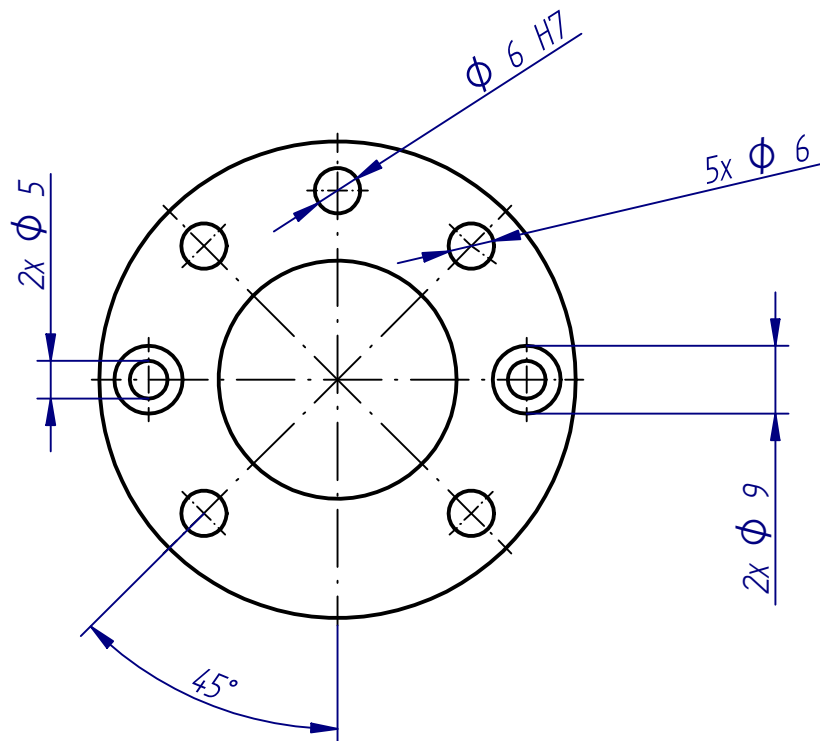
			2 conjuntos cámara en conjunto visión	
Dibujado	Nombre	Fecha	Despiece conjunto cámara	
Apellidos	Martínez	Yagüe		
 <b>Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial</b> <b>Universidad Zaragoza</b>			A4	Plano 3
			Escala ----	
			Planos de despiece	



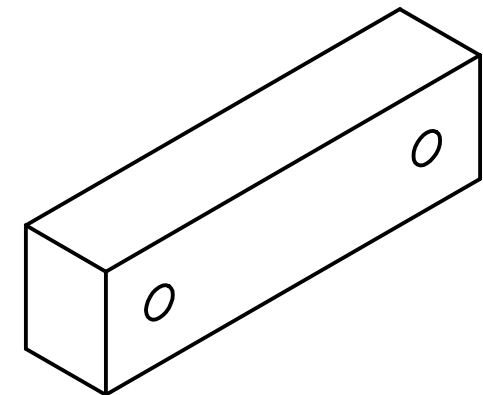
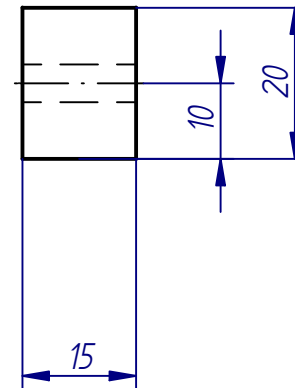
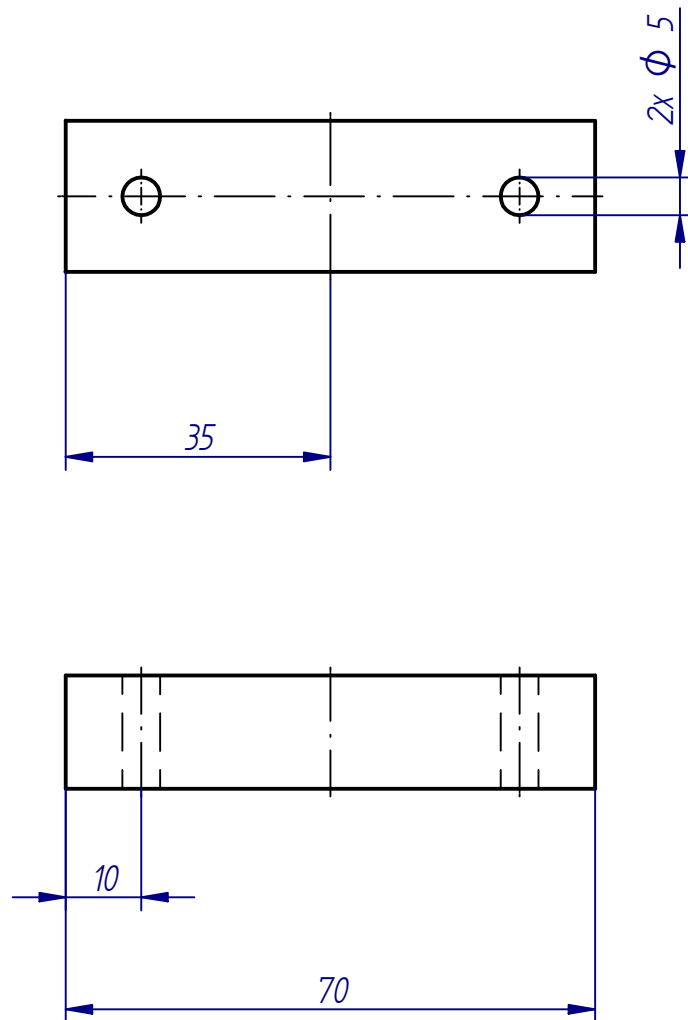
Marca pieza	LISTA DE DESPIECE		
	Denominación	Cantidad	Peso
1	Laser físico	1	0,0800
2	Bulón D3, L 20	4	0,0044
3	Unión guía perfil comercial	2	0,0002
4	Unión soporte c. y l. a perfil	1	0,0791
5	Tornillo allen M5, L 12	2	0,0074
6	Boutet tirador 2746i_n(M6, L20)	1	0,0610
7	Casquillo cámara y láser	1	0,0014
8	Pieza giro láser	1	0,0481
9	Tornillo allen M3, L 10	4	0,0040
10	Base sujección láser	1	0,0266
11	Amarre láser	1	0,0084


	Nombre	Fecha	Despiece conjunto láser	
Dibujado	Víctor	8/08/11		
Apellidos	Martínez	Yagüe		
 <b>Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial</b> <b>Universidad Zaragoza</b>			A4	Plano 4
			Escala ---	
			Planos de despiece	

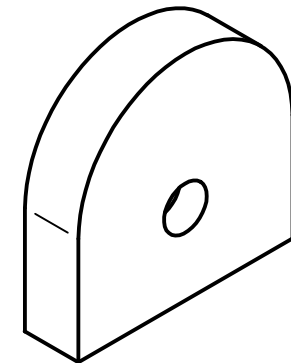
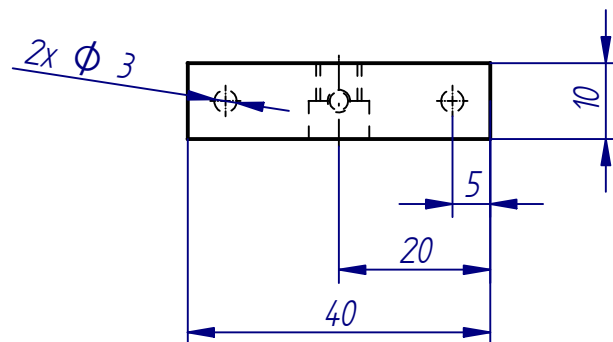
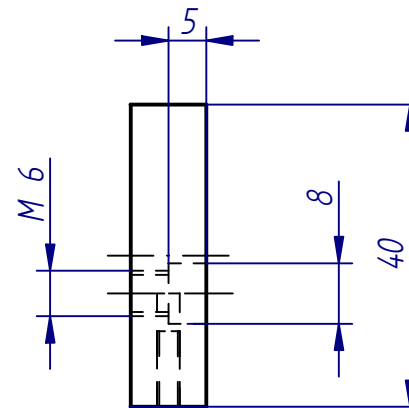
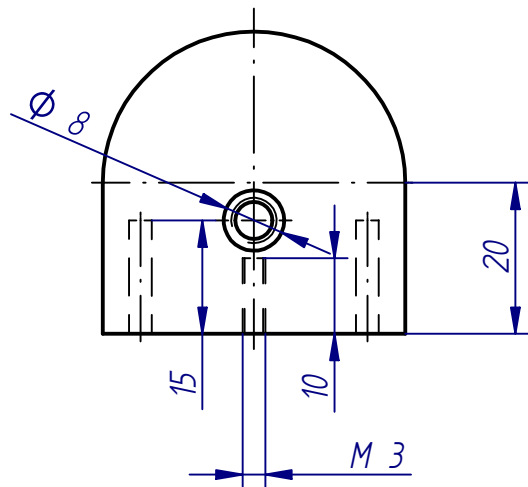
### **3. PLANOS DEL DISEÑO DE LAS PIEZAS A FABRICAR.**



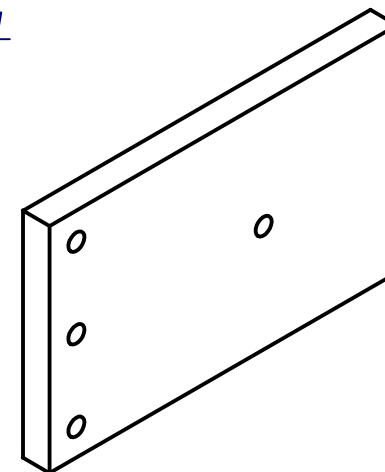
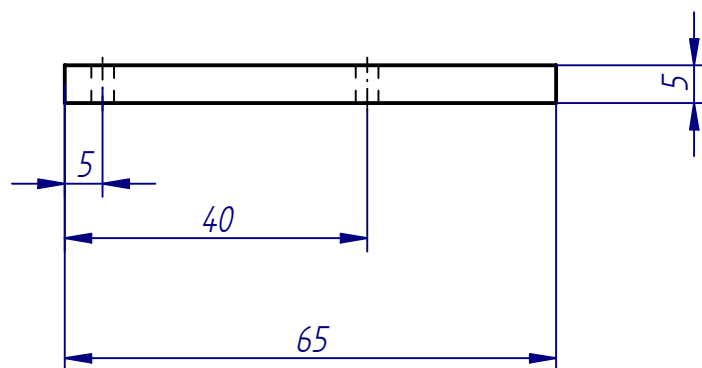
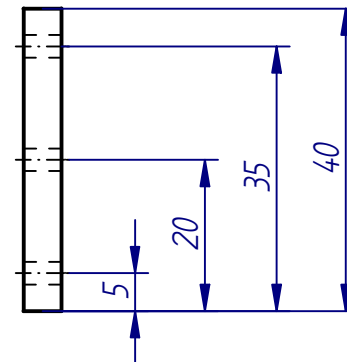
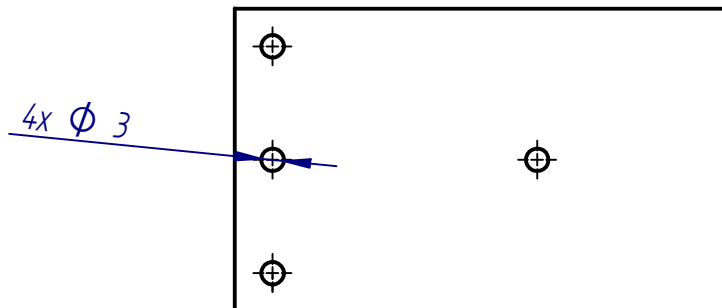
	Nombre	Fecha	Sujección robot mesa o brida		
Dibujado	Víctor	11/08/11			
Apellidos	Martínez	Yagüe			
 <b>Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial</b> <b>Universidad Zaragoza</b>			A4	Plano	5
			Escala 1 / 1		
			Planos del diseño de las piezas		



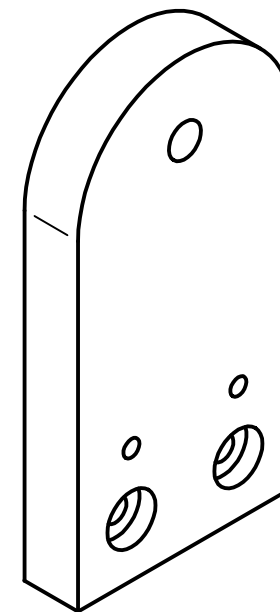
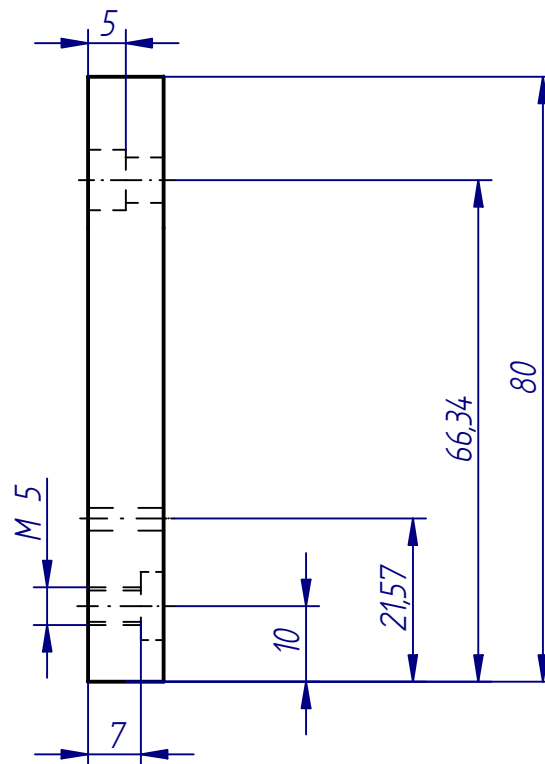
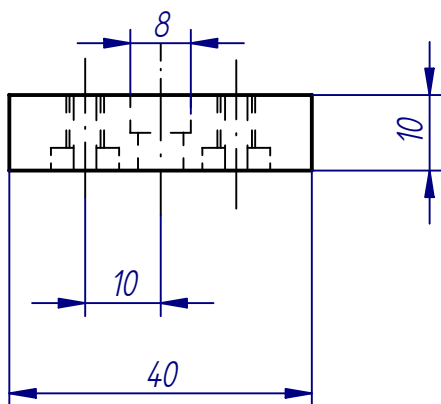
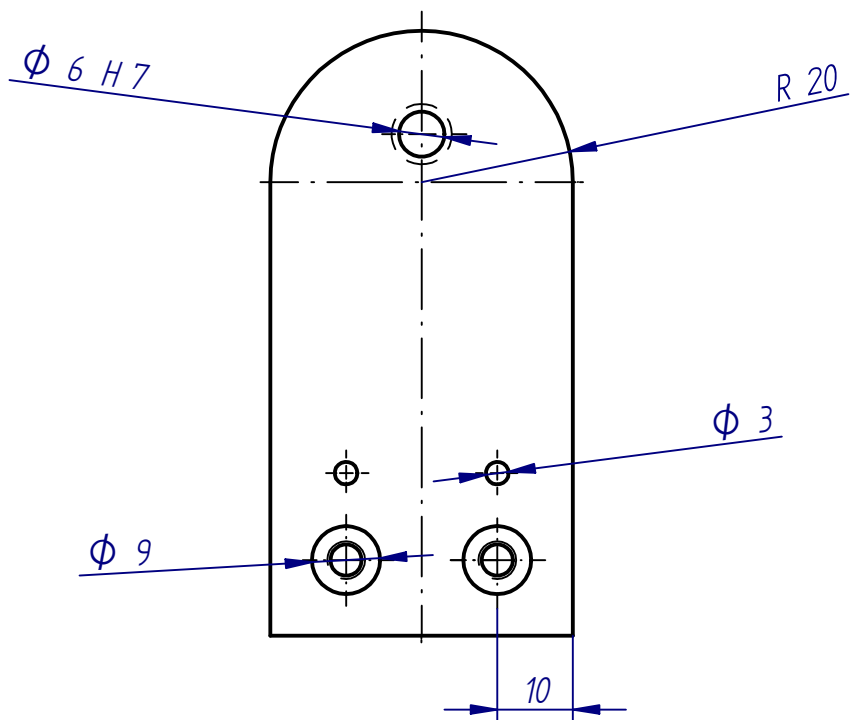
	Nombre	Fecha	Pieza para elevar perfil		
Dibujado	Víctor	11/08/11			
Apellidos	Martínez	Yagüe			
 <b>Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial</b> <b>Universidad Zaragoza</b>	A4	Plano	6		
	Escala		1 / 1		
	Planos del diseño de las piezas				



	Nombre	Fecha	Pieza giro cámara		
Dibujado	Víctor	9/08/11			
Apellidos	Martínez	Yagüe			
 <b>Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial</b> <b>Universidad Zaragoza</b>	A4	Plano	7		
	Escala		1 / 1		
	Planos del diseño de las piezas				

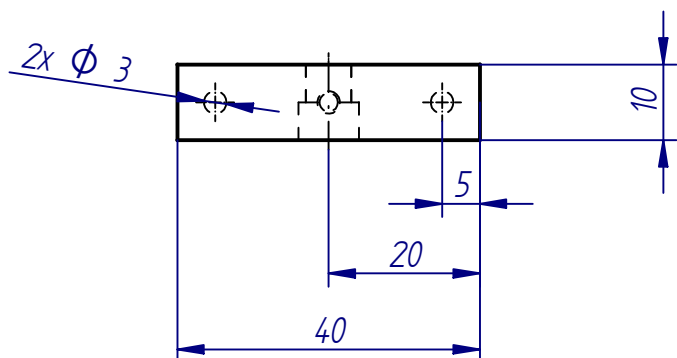
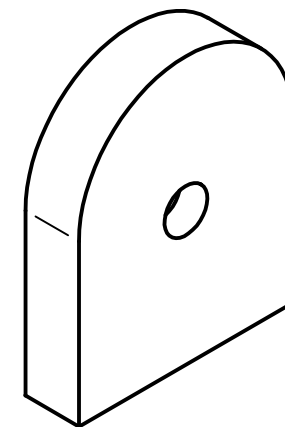
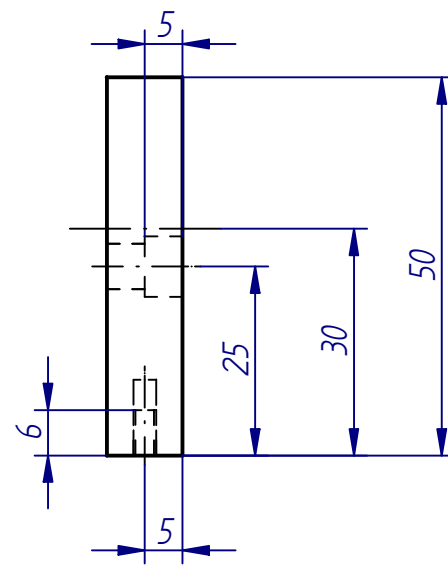
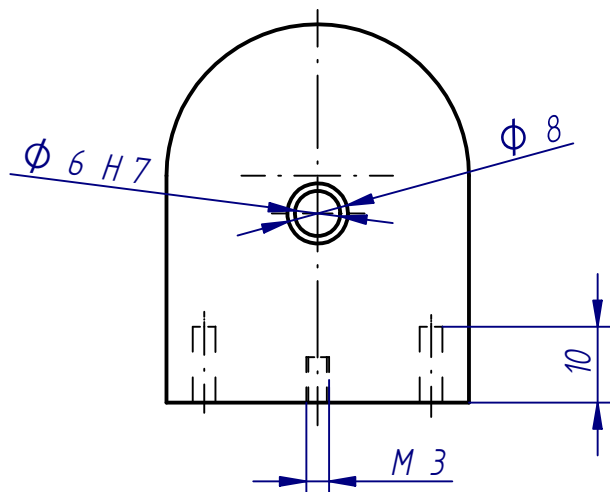


	Nombre	Fecha	Base sujección cámara	
Dibujado	Víctor	9/08/11		
Apellidos	Martínez	Yagüe		
 <b>Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial</b> <b>Universidad Zaragoza</b>	A4	Plano	8	
	Escala		1 / 1	
	Planos del diseño de las piezas			

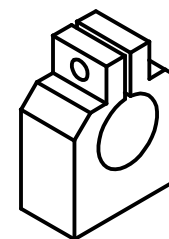
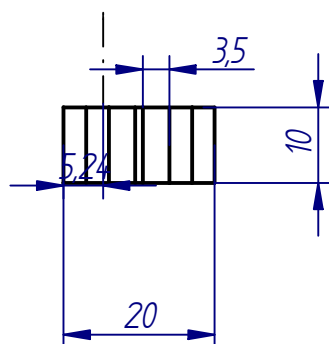
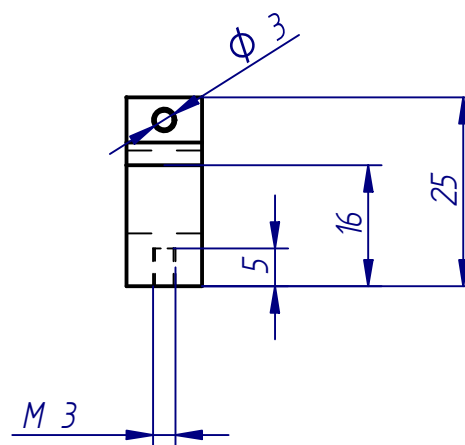
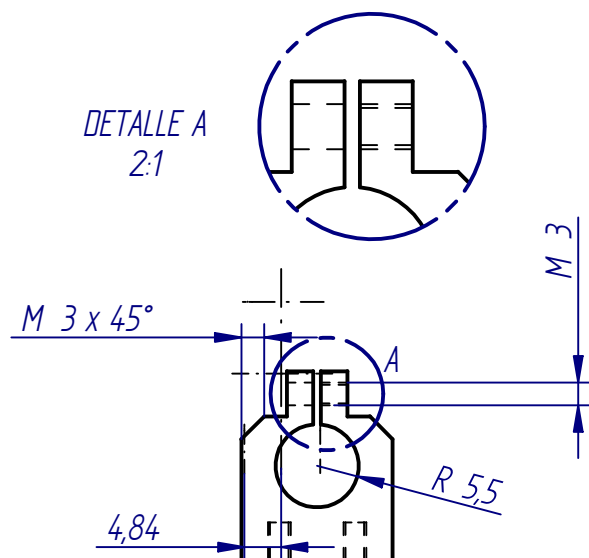


	Nombre	Fecha	Unión soporte cámara y láser a perfil		
Dibujado	Víctor	8/08/11			
Apellidos	Martínez	Yagüe			
 <b>Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial</b> <b>Universidad Zaragoza</b>			A4	Plano	9
			Escala 1 / 1		
			Planos del diseño de las piezas		

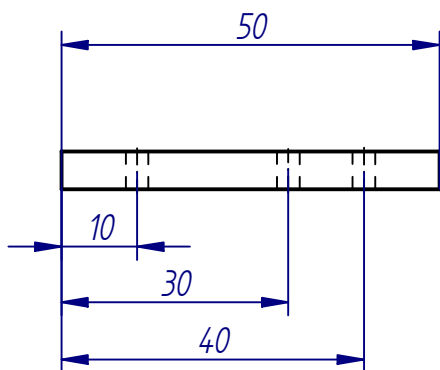
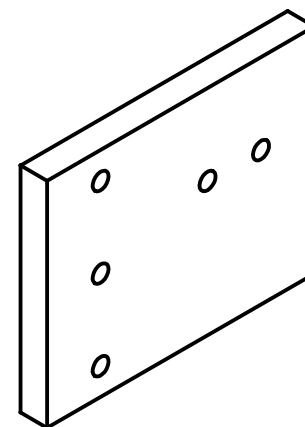
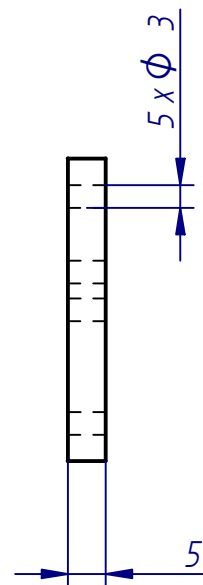
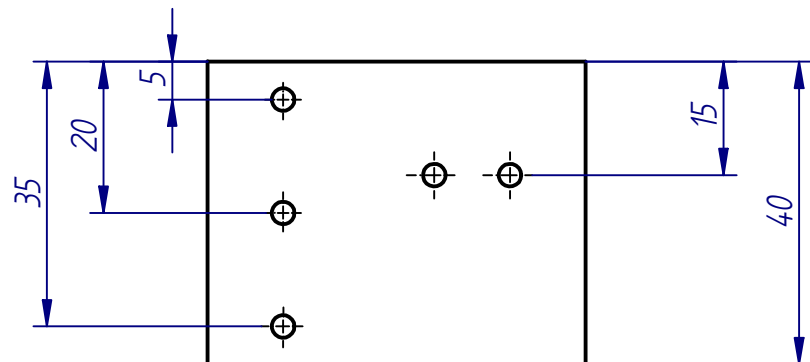




	Nombre	Fecha	Pieza giro láser		
Dibujado	Víctor	9/08/11			
Apellidos	Martínez	Yagüe			
 <b>Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial</b> <b>Universidad Zaragoza</b>			A4	Plano	10
			Escala 1 / 1		
			Planos del diseño de las piezas		

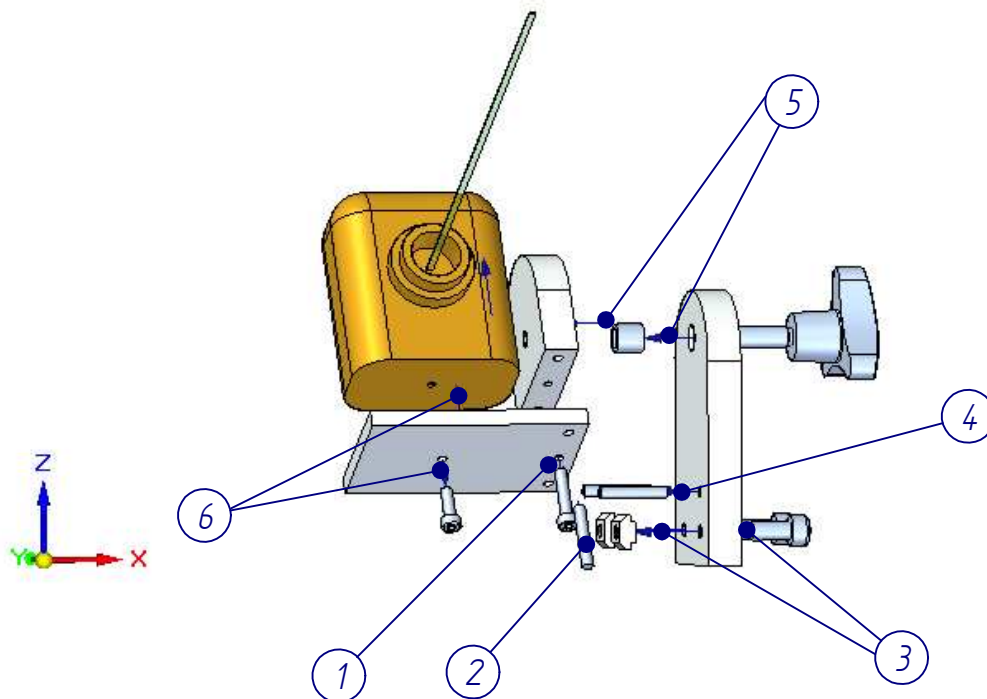


	Nombre	Fecha	Amarre láser	
Dibujado	Víctor	8/08/11		
Apellidos	Martínez	Yagüe		
 <b>Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial</b> <b>Universidad Zaragoza</b>	A4	Plano	II	
	Escala		I / I	
	Planos del diseño de las piezas			




	Nombre	Fecha	Base sujección láser		
Dibujado	Víctor	9/08/11			
Apellidos	Martínez	Yagüe			
 <b>Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial</b> <b>Universidad Zaragoza</b>	A4	Plano	12		
	Escala		1 / 1		
	Planos del diseño de las piezas				

## **4. PLANOS DE MONTAJE.**

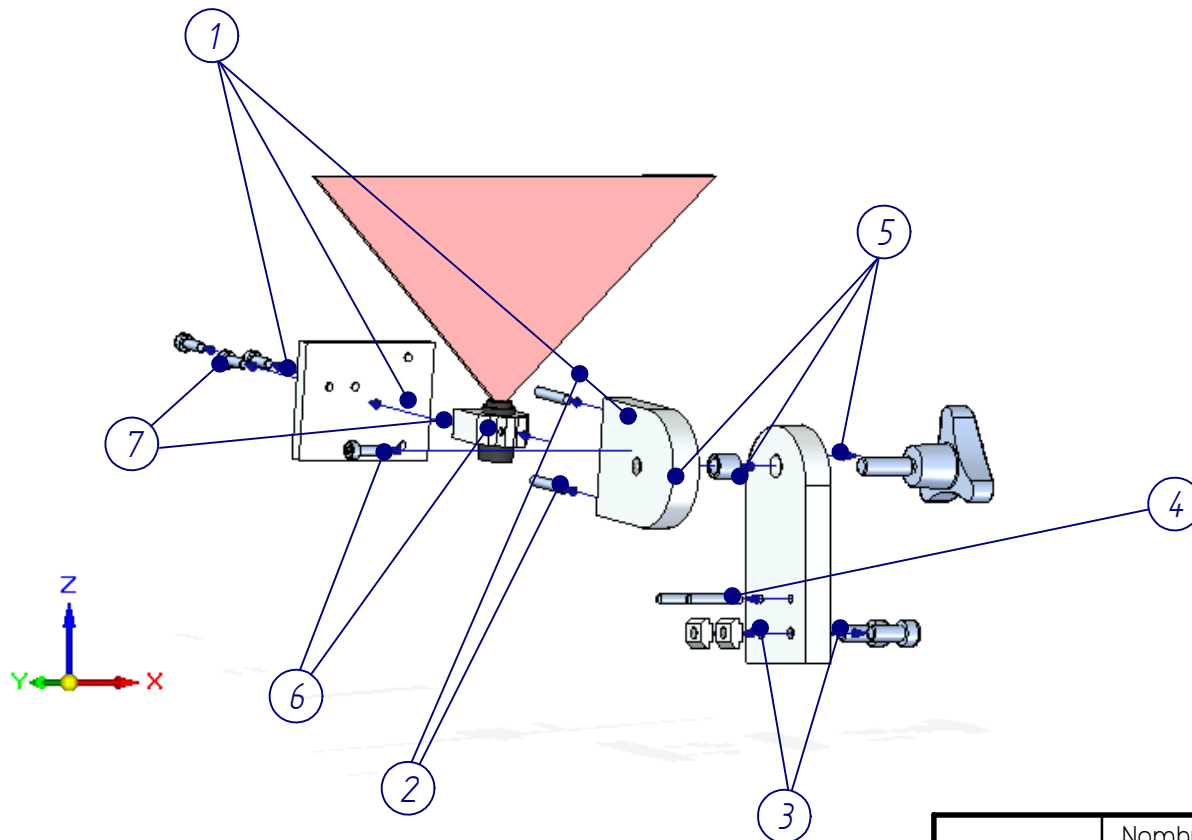


LISTA DE MONTAJE	
Acción	Comentario
1	Atornillamos las dos piezas
2	Introducir los bulones para bloquear giro
3	Unión que se fijará al unirla al soporte
4	Introd. los bul. para bloquear giro con perfil
5	Introd. casquillo y atornillar tirador a piezas
6	Sujetar cámara con el tornillo

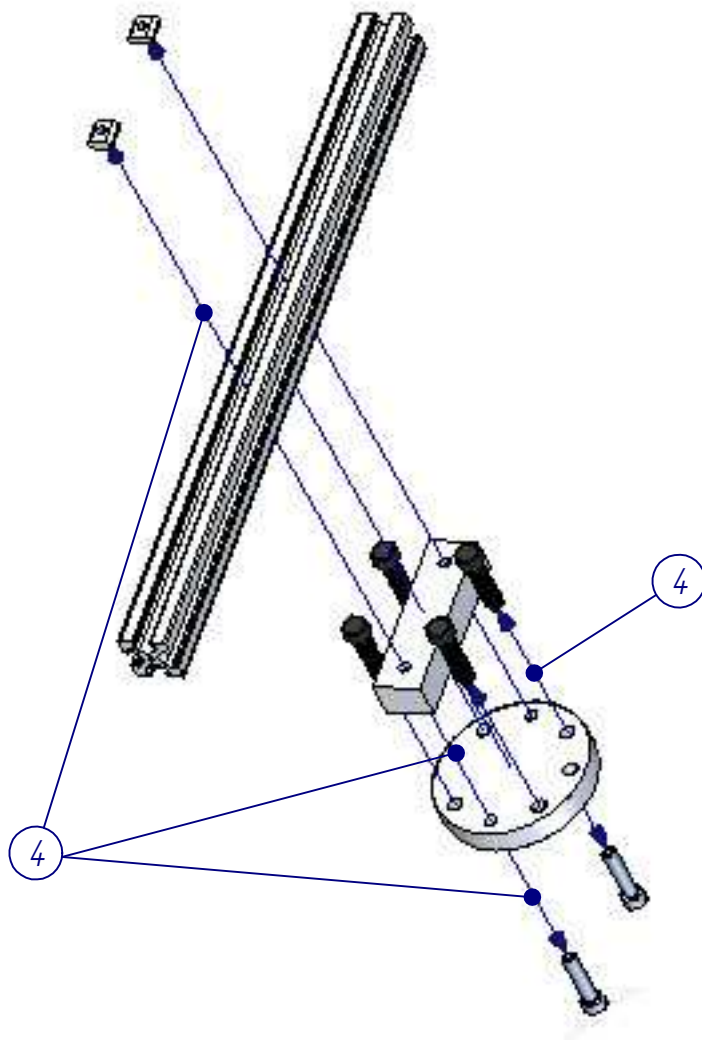
	Nombre	Fecha	Montaje conjunto cámara		
Dibujado	Víctor	13/08/11			
Apellidos	Martínez	Yagüe			
 <b>Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial</b> <b>Universidad Zaragoza</b>			A4	Plano	13
			Escala ----		
			Planos de montaje		

# LISTA DE MONTAJE

Acción	Comentario
1	Atornillamos las dos piezas
2	Introducir los bulones para bloquear giro
3	Unión que se fijará al unirla al soporte
4	Introd. los bul. para bloquear giro con perfil
5	Introd. casquillo y atornillar tirador a piezas
6	Sujetar cámara con el tornillo
7	Atornillar y fijar las dos piezas



	Nombre	Fecha	Montaje conjunto láser		
Dibujado	Víctor	13/08/11			
Apellidos	Martínez	Yagüe			
 <b>Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial</b> <b>Universidad Zaragoza</b>			A4	Plano	14
			Escala ----		
			Planos de montaje		



LISTA DE MONTAJE	
Acción	Comentario
1	Unimos las tres piezas con el tornillo al perfil
2	Atornillamos cuatro tornillos a la mesa o a la brida del robot.

	Nombre	Fecha	Montaje soporte montado		
Dibujado	Víctor	13/08/11			
Apellidos	Martínez	Yagüe			
 <b>Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial</b> <b>Universidad Zaragoza</b>			A4	Plano	15
			Escala ----		
			Planos de montaje		



Escuela  
Universitaria  
Ingeniería  
Técnica  
Industrial  
**ZARAGOZA**



## ***ANEXO 2.***

# ***CONOCIMIENTOS PREVIOS.***

*Zaragoza, SEPTIEMBRE 2011.*



**ÍNDICE:**

1. Propiedades del robot de prácticas. ....	27
2. Uso de bases y herramientas con el robot. ....	29
2.1. Definición de base.....	31
2.2. Definición de Tool (herramienta).....	32
2.3. Ilustración gráfica de los sistemas de coordenadas de base y herramienta.....	33
3. Funcionamiento de los sistemas de visión artificial. ....	34
3.1. Fundamentos de la visión artificial. ....	34
3.2. Etapas de un sistema de visión artificial. ....	35
3.3. Modos de medición.....	37

## INTRODUCCIÓN.

Este anexo está dividido en cuatro apartados principales. El primer apartado contiene un resumen de las especificaciones y características del robot utilizado en las prácticas. El segundo apartado nos muestra una explicación del trabajo con bases y herramientas. El tercero contiene un resumen general del funcionamiento de los sistemas de visión artificial.

En el caso de que los alumnos requieran más información referida a los sistemas de visión para la medición, se les remitirá al artículo: Brosed, F.J.; Aguilar, J.J.; Guillomía, D.; Santolaria, J. 3D Geometrical Inspection of Complex Geometry Parts Using a Novel Laser Triangulation Sensor and a Robot. Sensors 2011, 11, 90-110.

Contiene toda la información que se aplicará en un futuro a nuestro robot y soporte diseñado y completará el puesto de prácticas para poder realizar mediciones y obtener resultados.

## 1. Propiedades del robot de prácticas.

El robot utilizado para este proyecto es un robot KUKA (KR3) que posee la Universidad de Zaragoza, ubicado en el Edificio Torres Quevedo, que será utilizado para la realización futura de las prácticas.



FIGURA 1-1. Robot KR3.

El robot KUKA KR3 es un robot/manipulador fijo controlado automáticamente, reprogramable, formado por seis ejes y diseñado para la realización de una gran variedad de tareas de carga ligera que requieren movimientos rápidos y precisos. El KR3 se puede montar en posición vertical o invertida. Podrá realizar tres tipos de trayectorias: punto a punto, movimiento lineal y circular. Estos dos últimos movimientos se realizan controlando la trayectoria.

**Especificaciones del robot KUKA KR3:**

- Ejes: 6.
- Capacidad de carga: 3 kg.
- Alcance: 635mm. Desarrollado en anexo 2 “Conocimientos previos”.
- Repetibilidad:  $\pm 0.05$  mm.
- Peso del robot: 53 kg.
- Montaje: suelo, mesa o techo.

	Rango de movimiento	Velocidad de movimiento
<b>EJE 1</b>	$\pm 180^\circ$	240°/s (4.19 rad/s)
<b>EJE 2</b>	(+135° / -45°)	210°/s (3.67 rad/s)
<b>EJE 3</b>	$\pm 135^\circ$	240°/s (4.19 rad/s)
<b>EJE 4</b>	$\pm 180^\circ$	375°/s (6.54rad /s)
<b>EJE 5</b>	$\pm 135^\circ$	300°/s (5.24 rad/s)
<b>EJE 6</b>	$\pm$ Infinita	375°/s (6.54rad /s)

TABLA 1-1. Rango y velocidad de movimiento del robot.

- **Brida del robot, eje 6.**

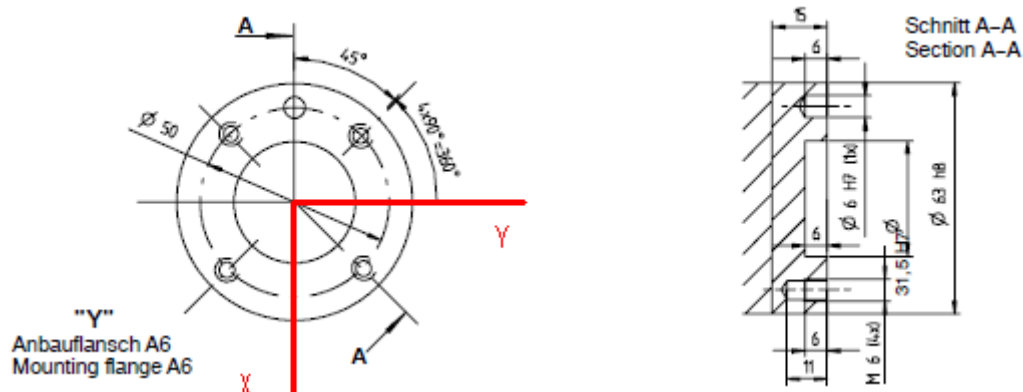


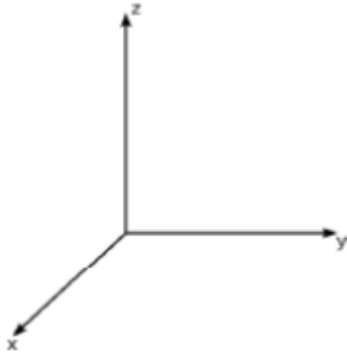
FIGURA 1-2. Brida del robot.

## **2. Uso de bases y herramientas con el robot.**

En este proyecto se han utilizado la definición de bases y herramientas para situar elementos como: el robot, el soporte diseñado, la referencia de la pieza en la mesa y la pieza ejemplo a medir. Debe quedar claro que el uso de bases y herramientas no es sólo aplicable al trabajo de un robot con el sistema de visión diseñado en este proyecto, sino que su utilización puede adaptarse a infinidad de elementos como por ejemplo pistolas de soldadura, difusores de pintura, diseños de una herramienta propia y un sinfín de elementos, siempre y cuando sepamos como utilizarlas.

Por eso en este apartado vamos a explicar de forma resumida cómo se han utilizado las bases y herramientas en este proyecto, explicando ambos conceptos y definiendo como objetivo de las prácticas la utilización de las mismas. Las bases y herramientas del robot serán asignadas en el simulador KUKA Sim con las mediciones de cada elemento obtenidas del diseño en CAD. Estas bases y herramientas son utilizadas para definir elementos que serán reconocidos en el espacio por el propio robot.

Para describir la posición y la orientación de los distintos objetos en el espacio (por ejemplo, la base del robot (Base Robot), el extremo de la brida del robot (Tool\_01), los orificios a medir de la pieza (Tools), la base del sistema de visión (láser cámara) o los objetos que serán manipulados por el robot) hemos utilizado sistemas de referencia. Nuestro sistema de referencia es el conjunto de ejes "X, Y, Z" tal que los ejes "X" e "Y" forman entre sí un ángulo recto, y el eje "Z" se obtiene como producto vectorial entre el eje "X" y el eje "Y".



**FIGURA 2-1. Sistema de referencia.**

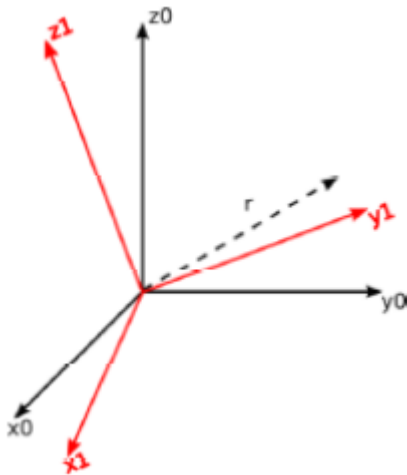
Estos sistemas de referencia son solidarios con los objetos que representan. Para realizar las transformaciones entre los distintos sistemas de referencia que intervienen, se utilizarán matrices de traslación y rotación.

Las posiciones y orientaciones de los objetos se refieren a un sistema de coordenadas fijo en el universo denominado “Base World”, y dado que sólo tenemos un robot en el diseño de nuestra celda la “Base Robot” la haremos coincidir con la “Base World”.

- **Definición de un punto en el espacio.**

Un punto en el espacio se define mediante un vector posición de dimensión  $3 \times 1$  (X, Y, Z). Como comentamos anteriormente, asociamos un sistema de referencia a cada uno de los objetos que intervienen en el espacio del robot.

Para describir la orientación de un elemento en el espacio, se agrega un sistema de referencia solidario con el elemento y se describe la orientación relativa de este sistema de referencia con respecto a otro mediante los parámetros (A, B, C). Esta orientación relativa de un sistema de referencia respecto a otro se representa mediante una matriz de rotación.



**FIGURA 2-2. Dos sistemas de referencia.**

Cuando se describe un sistema de referencia, se debe indicar tanto su posición como su orientación respecto de algún sistema de referencia fijo. Se necesita un vector de posición que señale su origen y una matriz de rotación respecto del sistema de referencia fijo. Así da lugar a los seis parámetros que deberemos definir para indicar la posición de cada uno de los elementos, esto son: X, Y, Z, A, B, C.

### **2.1. Definición de base.**

Es un sistema de referencia que está fijo en el espacio, independientemente de si el robot cambia de posición. Todas las bases que se definan en nuestro diseño estarán referidas a la “Base World”. Si trasladamos la “Base World” a otra ubicación, la “Base Robot” estará referenciada a la “Base World” y la “Base láser cámara” y “Base Referencia Pieza” seguirán manteniendo la misma posición respecto a la “Base Robot”. A la hora de trabajar con bases daremos la definición de su posición respecto de la Base Robot.

La principal ventaja del uso de bases es que si realizamos los movimientos de las herramientas del robot con respecto a la “Base láser cámara”, si el soporte

de visión cambia de ubicación, solo deberemos definir en el control del robot el cambio de ubicación de esta base con respecto a la “Base Robot”, sin tener que modificar cada una de las posiciones definidas de las herramientas en la base.

## **2.2. Definición de Tool (herramienta).**

Es un sistema de referencia fijo al elemento que lo asignamos. Este sistema de referencia se mueve solidario con el elemento al que ha sido asociado y su origen de coordenadas se conoce como “BRIDA”. Esta “BRIDA” es la herramienta por defecto del robot y su posición en el sistema de referencia robot, está fijada por los parámetros del modelo del robot. Esta Tool, ha sido el sistema de referencia elegido para definir el resto de herramientas.



### 2.3. Ilustración gráfica de los sistemas de coordenadas de base y herramienta.

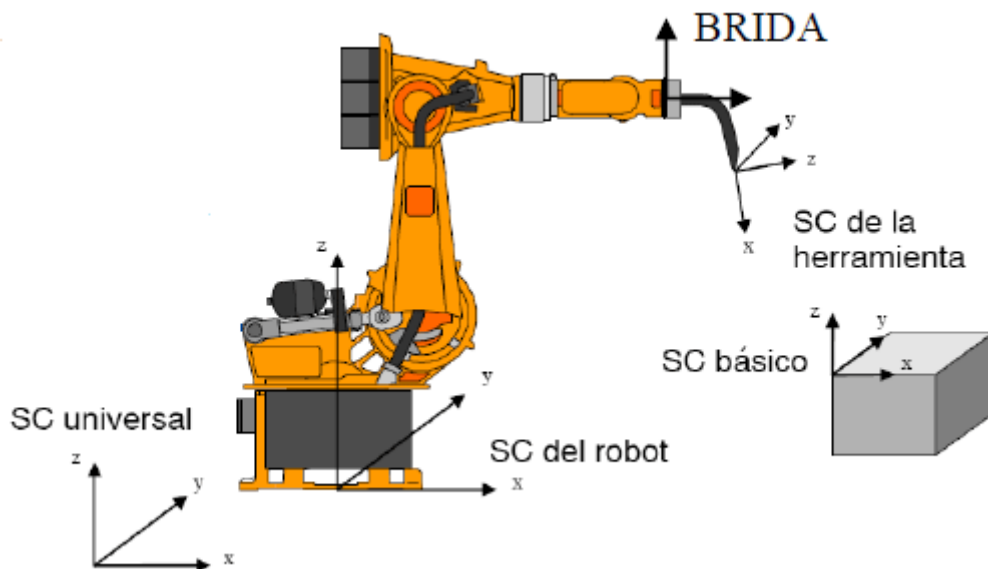


FIGURA 2-3. Sistemas de coordenadas de base y herramientas.

- **WORLD**, universal o global de la célula, es fijo.
- **ROBOT**, o global del mecanismo, por defecto coincide con WORLD y si se cambia se define respecto del WORLD.
- **BASE**, sistema de coordenadas de la zona de trabajo, definido respecto de WORLD.
- **BRIDA**, es la herramienta por defecto del robot, su posición en el Sistema Referencia ROBOT está fijada por los parámetros del modelo del robot.
- **TOOL** o local de la herramienta, definida respecto de la BRIDA.

### **3. Funcionamiento de los sistemas de visión artificial.**

#### **3.1. *Fundamentos de la visión artificial.***

La visión artificial es una disciplina que engloba todos los procesos y elementos que proporcionan ojos a una máquina. Las estructuras del mundo tridimensional que se pueden deducir en visión artificial incluyen no sólo sus propiedades geométricas (forma, tamaño y localización de objetos), sino también sus propiedades materiales (color, iluminación, textura y composición).

La visión tanto para un hombre como para un ordenador, consta principalmente de dos fases: captar una imagen e interpretarla. A pesar de la complejidad que presenta el ojo humano, la fase de captación de imágenes hace mucho tiempo que está resuelta. El ojo del ordenador es la cámara, y su retina un sensor que es sensible a la intensidad luminosa. Así que en la visión artificial lo que resta es interpretar las imágenes, distinguir los objetos de la escena, extraer información de ellos y resolver aspectos más particulares según las necesidades que se deseen satisfacer.

Las tareas de procesamiento consisten en algoritmos matemáticos que calculan nuevas intensidades luminosas para los pixels y la mayoría, aunque sencillos, consumen gran cantidad de tiempo de cálculo, tanto mayor cuanto mayor resolución tenga la imagen. Representa un inconveniente cuando se pretende que el ordenador sea capaz de ver en tiempo real, es decir, que responda de forma casi instantánea a como se producen las imágenes frente a sus ojos. Para que un sistema funcione en tiempo real es necesario estudiar todos los

métodos posibles y la forma de realizarlos con la menor carga computacional posible.

### 3.2. *Etapas de un sistema de visión artificial.*

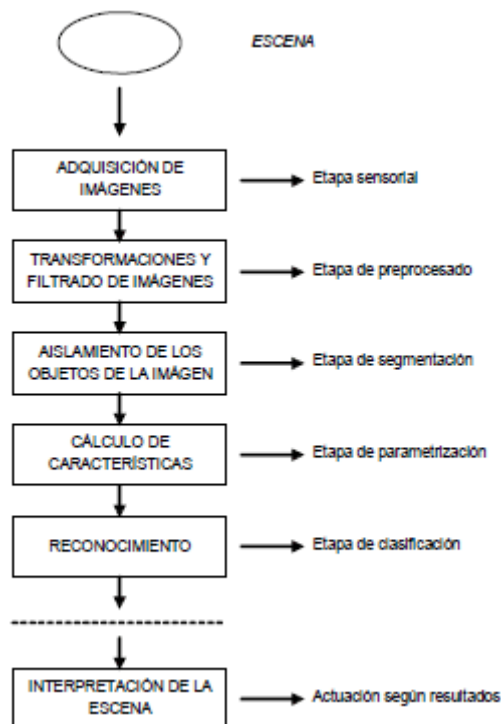


FIGURA 3-1. Etapas de un sistema de visión artificial.

#### ▪ Componentes de un sistema de visión.

Todo sistema de visión tendrá unos componentes mínimos, aunque en función de los resultados que deseemos obtener podremos añadir o suprimir algún elemento para obtener mediciones 2D, o mediciones 3D (visión estéreo).

- **Subsistema de iluminación:** conjunto de elementos que producen una radiación electromagnética que incide sobre los objetos a visualizar. Por ejemplo: láseres, lámparas...

- **Subsistema de captación:** son los elementos que convierten la radiación luminosa reflejada en señales eléctricas. Fundamentalmente se habla de sensores CCD o CMOS.
- **Subsistema de adquisición:** la señal eléctrica procedente de las cámaras forma la señal de vídeo. Hay una tendencia creciente a que su naturaleza sea de tipo digital, pero todavía existen muchas señales de carácter analógico. Para ser tratadas hay que muestrearlas y cuantificarlas. Ambas tareas son realizadas por las tarjetas de adquisición. Existen diferentes tipos de buses desde PCI hasta VMP. Recientemente, también se están empleando las tecnologías USB o FireWire.
- **Subsistema de procesamiento:** suele ser un ordenador o clúster de ordenadores, dependiendo de los algoritmos de visión artificial. Parten de una representación digital de las imágenes y procesan esta información hasta alcanzar otro tipo de información de más alto nivel.
- **Subsistemas periféricos:** conjunto de elementos receptores de la información de alto nivel. Puede ser un monitor, un automatismo, una impresora mostrando las características...

La posibilidad de dotar a las cámaras de un filtro que permita a la cámara recibir la misma longitud de onda que el subsistema de iluminación, permite centrar la atención de estas en una región de la imagen donde visualizar exclusivamente lo deseado, despreciando la exploración del resto.

### 3.3. *Modos de medición.*

- Con la utilización de una cámara y un láser obtendremos una imagen para la medición del elemento en 2D.

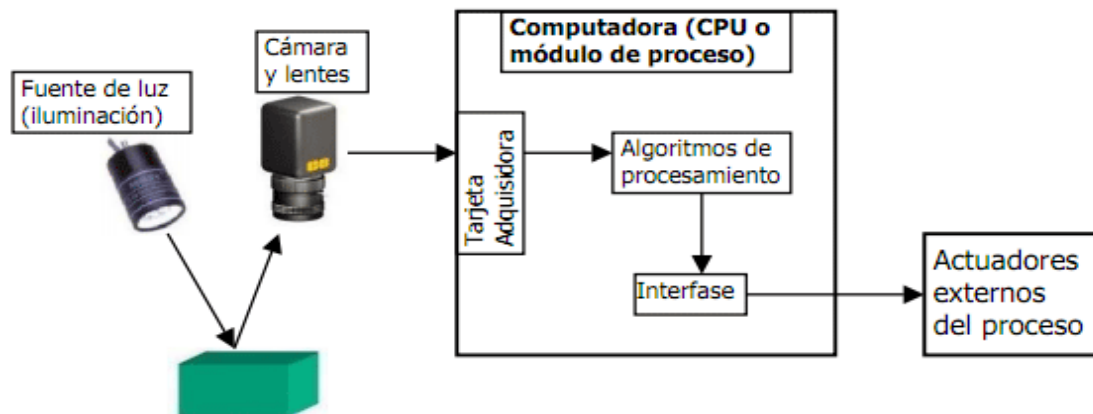


FIGURA 3-2. Medición cámara y láser.

- Con la utilización de **dos cámaras** obtendremos una imagen para la medición del elemento en **3D** (Estéreo binocular). Sin la utilización de un subsistema de iluminación como el láser, se nos podrán presentar como inconvenientes sombras en el elemento que dificulten el análisis de la imagen.

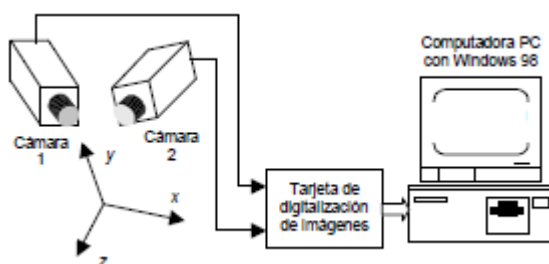


FIGURA 3-3. Medición con dos cámaras.

- Con la utilización de **dos cámaras y un láser** obtendremos una imagen para la medición del elemento en **3D**. Con la utilización del láser como subsistema de iluminación. Si disponemos de dos imágenes de una misma escena tomadas desde dos posiciones diferentes conocidas, y si podemos identificar en ambas los dos puntos correspondientes a un mismo punto P de la escena, entonces podremos calcular por triangulación la posición del punto P en el espacio. La principal dificultad es identificar los pares correspondientes de puntos de imagen.



Escuela  
Universitaria  
Ingeniería  
Técnica  
Industrial  
**ZARAGOZA**



# ***ANEXO 3.***

## ***GUIONES DE PRÁCTICAS.***

*Zaragoza, SEPTIEMBRE 2011.*

**AUTOR: VÍCTOR MARTÍNEZ YAGÜE.**

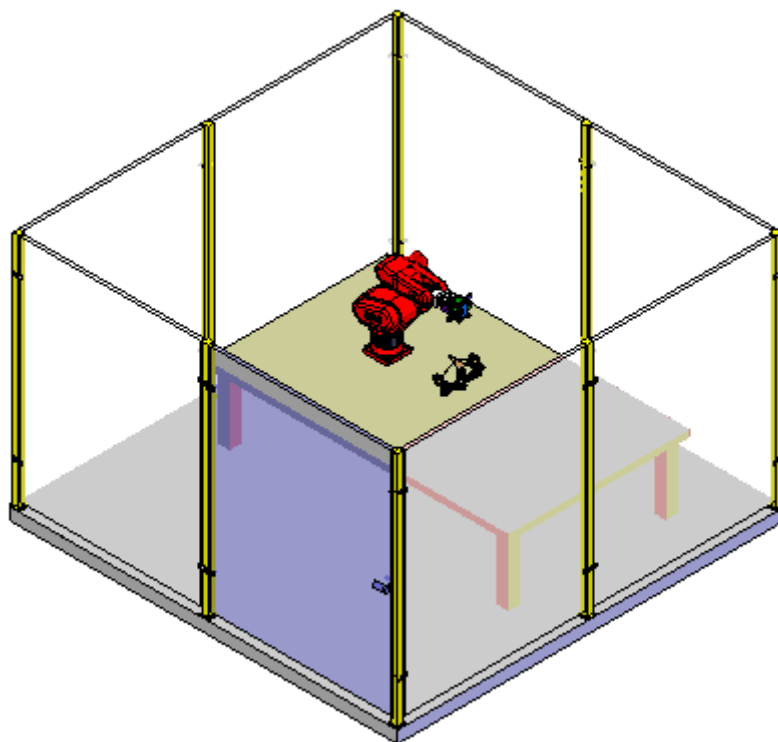
**ÍNDICE:**

1. GUIÓN PRÁCTICA 1. Seguridad en la zona de trabajo del robot.....	41.
2. GUIÓN PRACTICA 2. Definición de bases y herramientas en Solid Edge ... .....	69.
3. GUIÓN PRÁCTICA 3. Definición de bases y herramientas en el simulador KUKA Sim. Movimientos con el robot .....	91.



## PRACTICA 1.

### SEGURIDAD EN LA ZONA DE TRABAJO DEL ROBOT.



Escuela Universitaria de Ingeniería de Zaragoza.

**ÍNDICE.**

1. INTRODUCCIÓN: .....	43
2. PRINCIPALES RIESGOS. ....	44
3. NORMATIVA LEGAL DE SEGURIDAD DE ROBOTS. ....	45
4. ELEMENTOS DE SEGURIDAD A INSTALAR EN EL PUESTO. ....	47
5. IMPORTANCIA DE LA FORMACIÓN. ....	66
6. EJERCICIOS PROPUESTOS. ....	67

## 1. INTRODUCCIÓN:

Estas prácticas parten de otras anteriores, de la asignatura FIO. Partiremos de ellas con algunos conceptos que serán ya conocidos por lo que no profundizaremos en ellos.

En esta práctica por si no ha dado tiempo a ver el anexo 2 “Conocimientos previos” en clase, se explicará todo lo que no les haya quedado claro a los alumnos tras la lectura del mismo. De esta forma las futuras prácticas serán comprendidas con mayor facilidad si esos conceptos están claros por parte de los alumnos.

Este guión de prácticas pretende mostrar al alumno las medidas de seguridad que se deben instalar en una zona de trabajo con robots. Explicaremos cada uno de los elementos de seguridad que contiene nuestro puesto de prácticas, pero también haremos referencia al mundo de la industria y a las medidas que se han de tomar en ellas. Dado que en un entorno como es el de la industria, se pretende optimizar tiempos y obtener una rentabilidad económica, la automatización de los procesos ha de ser la mayor posible y que el ser humano participe lo menos posible en el proceso de trabajo del robot dentro de la célula.

En nuestro caso podremos tener acceso a la zona de trabajo y manejar el robot en modo T1, pero siempre teniendo en cuenta que cuando trabajemos dentro de la zona del robot tomaremos las medidas de seguridad pertinentes.

La automatización de nuestra célula consistirá en la recogida de la pieza situada en una zona de la mesa por el robot, medición de la pieza y depositarla en otra zona después de ser medida.

Al final de este guión de carácter teórico, se mostrarán algunos ejemplos a realizar por los alumnos para que comprendan todo lo explicado anteriormente.

## 2. PRINCIPALES RIESGOS.

Desde el punto de vista de la seguridad y salud en el trabajo, los robots se utilizan para reemplazar ventajosamente a trabajadores que ejecutan tareas con elevado nivel de riesgo, ya sea de seguridad, higiénico o ergonómico/psicosocial. Estudios realizados por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT), indican que una vez implantados los robots en el puesto de trabajo/prácticas, los accidentes ocurridos con robots se dan mayoritariamente durante la programación, reprogramación, mantenimiento, reparación, testeo, arranque o ajuste de los mismos y no en condiciones de funcionamiento normal.

Los motivos menos probables de que ocurra un accidente son los asociados con una rotura del equipo (caída de objetos en la manipulación, caída de componentes del equipo o proyección de piezas).

Los principales motivos de que ocurra un accidente son los **errores humanos**. Errores de programación, comunicación con equipos periféricos, conexión de entrada/salida de sensores, pueden suponer movimientos o acciones imprevistas del robot que pueden provocar lesiones en el personal y daños en los equipos. Estos errores ocurren frecuentemente por activación errónea del terminal de mando del robot, usado para su control.

Otro error humano muy habitual llega con la familiarización de los movimientos del robot y con la idea de que se conocen a la perfección estos movimientos repetitivos de forma que se arriesgan a colocarse o entrar en el campo de trabajo del robot durante su programación o mantenimiento.

### **3. NORMATIVA LEGAL DE SEGURIDAD DE ROBOTS.**

En cuanto a la normativa legal relativa a la instalación y empleo de robots ésta ha sido, hasta principios de los años noventa, escasa. Los motivos que han llevado al retraso de proponer una normalización son varios y en general podrían citarse:

- La tendencia existente a enfrentarse con los problemas técnicos y de mercado (ventas) antes que con ningún otro.
- La necesidad de suficiente experiencia en la materia de accidentes ocasionados por robots como para establecer una casuística suficientemente válida.
- La dificultad en unificar criterios y niveles de seguridad entre los diferentes usuarios y países.
- La dificultad y tiempo necesario para preparar la documentación referente a la normativa, así como los procedimientos de evaluación.

En la actualidad, la normativa más relevante existente al respecto a nivel mundial es la siguiente:

#### ***3.1. Normativa internacional ISO 10218:1992.***

Se trata de una normativa emitida por el Organismo Internacional de Estandarización [ISO-92]. Es relativamente reciente, pues data del año 1992. A grandes rasgos contiene la siguiente información: una sección sobre el análisis de la seguridad, la definición de riesgos y la identificación de posibles fuentes de peligros o accidentes. Contiene además una sección sobre diseño y fabricación, que dedica un breve análisis al diseño de sistemas robotizados, teniendo en cuenta aspectos mecánicos, ergonómicos y de control.

La mayoría de las indicaciones que se proporcionan son de carácter general.

Hay que mencionar que dado el corto espacio de tiempo que lleva vigente no se conocen datos fiables sobre los resultados derivados de su utilización.

### **3.2. Normativa americana ANSI/RIA R15.06-1992.**

Se trata de una normativa realizada por el Instituto Nacional de Normalización de Estados Unidos (ANSI) [ANSI-92]. También data del año 1992, siendo una revisión de la normativa publicada en 1986. Es relativamente breve, pero presenta algunas características que merecen destacarse. Por ejemplo, la inclusión en el apartado sobre la definición de riesgos, de algunos epígrafes que versan sobre la probabilidad de la aparición de un accidente y la severidad del posible daño físico a una persona en base al nivel de experiencia del operador y la frecuencia en la que éste se encuentra en zona de peligro.

### **3.3. Normativa europea EN 775 y española UNE-EN 775.**

El Comité Europeo de Normalización (CEN) aprobó en el año 1992 la normativa EN 775, adaptación de la norma intencional ISO 10218:1992. A su vez la Asociación Española de Normalización (AENOR) adoptó en marzo de 1996 esta normativa (traducida al español) denominándose UNE-EN 775 y que lleva por título: “Robots manipuladores industriales. Seguridad” [UNE-96].

## 4. ELEMENTOS DE SEGURIDAD A INSTALAR EN EL PUESTO.

### ***4.1. DELIMITACIÓN DE LA ZONA DE TRABAJO DEL ROBOT.***

Para el diseño de la zona del trabajo del robot existen diversas formas, en nuestro caso, se ha creado un diseño muy extendido en la industria que trabaja con robots. Consiste en una reja que delimita la zona de trabajo del robot y lo mantiene aislado de la zona de paso de personas. El objetivo principal es prevenir la exposición de los alumnos a los riesgos que derivan de los robots, la forma que escogeremos para proteger esta zona será la de delimitar el perímetro del alcance del robot mediante una reja o verja de seguridad. En el interior de la reja además del alcance del robot, dejaremos un espacio en el interior de esta zona para poder realizar acciones de mantenimiento, puesta a punto, manejo supervisado del robot dentro de la zona, calibrado del robot...

Siempre que realicemos alguna acción de las anteriormente mencionadas o cualquiera que requiera nuestra presencia dentro de la zona de trabajo, deberemos cerciorarnos de que cumplimos las medidas de seguridad intentando evitar cualquier riesgo posible. Dado que los accidentes ocurren y asegurar el cero riesgo es imposible hay que evitar que sucedan por no haber tomado todas las medidas necesarias.

Este tipo de cerramientos permite aislar la zona peligrosa, permitiendo a la vez la visibilidad de los equipos como nos muestra la **FIGURA 4-1**.

**FIGURA 4-1**

Las dimensiones del cerramiento serán definidas conforme al tipo de riesgo existente y al robot instalado. El sistema de protección tiene en cuenta la relación entre la altura de la reja y la anchura entre los cuadrados que conforman la rejilla de la reja con el propósito de que una vez cerrada esta instalación, no exista la posibilidad de acceder a la zona peligrosa salvo por los accesos controlados y destinados para ello. Por ello debemos tener en cuenta las distancias de seguridad establecidas en las normas:

- **UNE EN 292 – 1 y 2.**

Seguridad de las máquinas. Conceptos básicos. Principios generales para el diseño.

- **UNE EN 294.**

Seguridad de las máquinas. Distancias de seguridad para impedir que se alcancen zonas peligrosas con los miembros superiores.

- **UNE EN 811.**

Seguridad de las máquinas. Distancias de seguridad para impedir que se alcancen zonas peligrosas con los miembros inferiores.



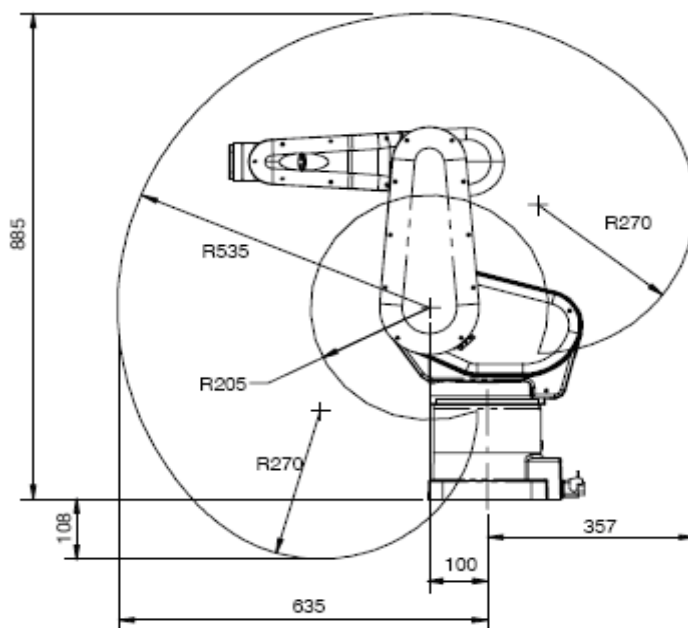
- **UNE EN 953.**

Seguridad de las máquinas. Resguardos. Requisitos generales de diseño y construcción de resguardos fijos y móviles.

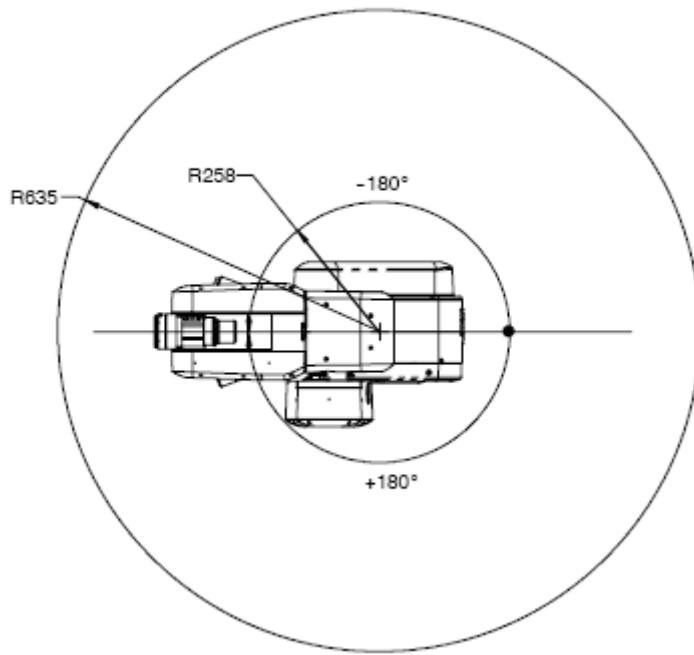
Para garantizar la inaccesibilidad a las partes peligrosas de la máquina, los resguardos deben dimensionarse correctamente, es decir, deben asegurar que no se puede acceder al órgano agresivo por encima, por debajo, alrededor, por detrás o a través del mismo cuando permanece correctamente ubicado.

A continuación en la **FIGURA 4-2 y 4-3**, se muestra el alcance del robot con el que realizaremos las prácticas que es el mismo que para las prácticas de FIO, es robot de KUKA KR3.

- **Alcance del robot KR 3.**



**FIGURA 4-2**

**FIGURA 4-3**

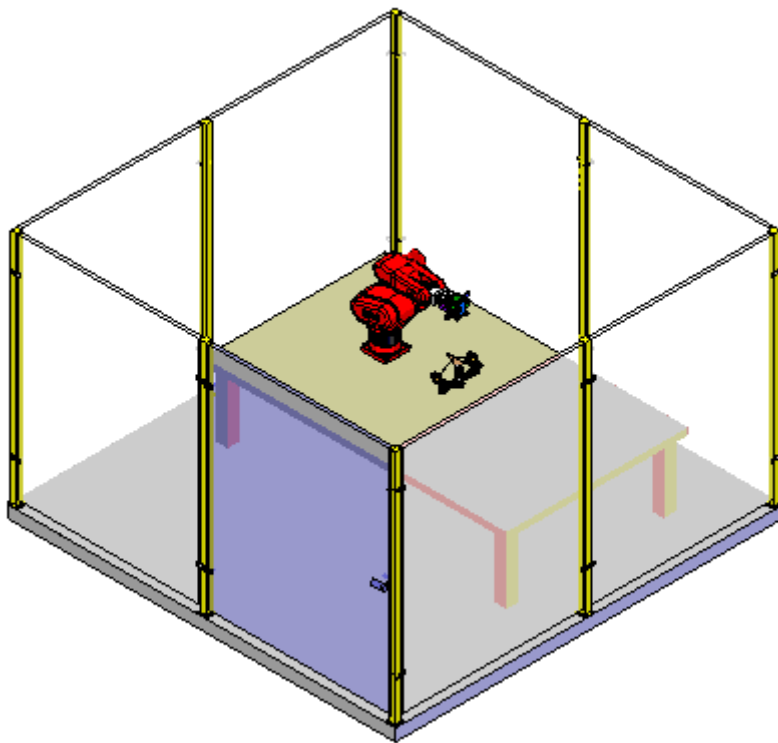
La altura máxima de alcance del robot mostrada en la **FIGURA 4-2**, es de 885 mm, y dado que está situado sobre una mesa de altura 500 mm, la altura total es de 1385 mm. Para adecuarnos a la norma y que ningún alumno pueda introducir el brazo por la parte superior de la reja, **la altura de la reja será de 2000 mm.**

La zona de alcance perimetral del robot mostrado en la **figura 4-3**, es una circunferencia de 635mm. Al ser un entorno docente, es necesario tener un espacio amplio para que los alumnos puedan trabajar en su interior y dadas las medidas de la mesa y aunque el espacio de la sala está limitado, hemos decidido construir **la reja de seguridad como un cuadrado de lado 3205 mm.**

Una vez establecidas las dimensiones de la celda, debemos tener en cuenta los puntos de acceso que va a tener la célula. Al ser un área docente, la automatización del proceso de medición no es importante, y por lo tanto la entrada de material dentro de la célula, que en este caso sería la pieza a medir, no es necesario que se realice desde el exterior como luego plantearemos, sino

que hemos decidido que se puedan introducir un número de piezas a medir y cuando se termine con éstas se pare el robot y se cambien por las nuevas piezas a medir. Por lo tanto en nuestra celda tendremos **un solo punto de acceso que será la puerta de entrada.**

El la **FIGURA 4-4**, podemos apreciar un diseño en CAD con la forma de la celda de trabajo y los distintos elementos que la conforman.



**FIGURA 4-4**

#### **4.2. PUERTA DE ACCESO.**

Este será el único punto de acceso por el que los alumnos podrán entrar a la zona de trabajo del robot. Será un espacio libre de objetos que puedan dificultar tanto la entrada como la salida de las personas y tampoco se podrán colocar objetos alrededor de la reja que dificulten la visibilidad del interior de la zona de trabajo del robot.

En la puerta de acceso deberá ir instalado al menos un interruptor de seguridad, aunque es más seguro y fiable instalar dos. De esta manera, la colocación de los interruptores se realizará en la parte superior e inferior de la puerta, asegurando la correcta alineación de la misma. El modo general de funcionamiento de estos elementos de seguridad es que en el caso de que se produzca una apertura de la puerta mientras el robot esté trabajando, se producirá una parada de emergencia en el robot deteniendo éste según la parada de emergencia instalada en el programa.

A continuación se muestran diversos tipos de interruptores de seguridad:

##### **4.2.1. Interruptor de seguridad con bloqueo electromagnético.**

Estos interruptores poseen un enclavamiento electromagnético; disponen de un electroimán que bloquea el pestillo una vez que está la puerta cerrada y sería necesaria una fuerza de 200 a 250 daN para extraerlo. Suelen utilizarse en zonas de trabajo que hay un alto grado de riesgo de accidente.



**FIGURA 4-5**

Si se decide implementar interruptores con enclavamiento electromagnético, se deberá habilitar en cada una de las puertas una petición de acceso de tal forma que cuando alguien decida acceder a la zona protegida deberá solicitar acceso mediante un selector o un pulsador, una vez lo haya pulsado se producirá la apertura de la misma cuando se hayan parado todos los equipos y se rearmarán los sistemas de seguridad sólo desde este acceso.



FIGURA 4-6

Como el puesto de prácticas no tiene un alto riesgo de accidente no será necesaria la utilización de este elemento, sino que buscaremos alguno más acorde con nuestras necesidades.

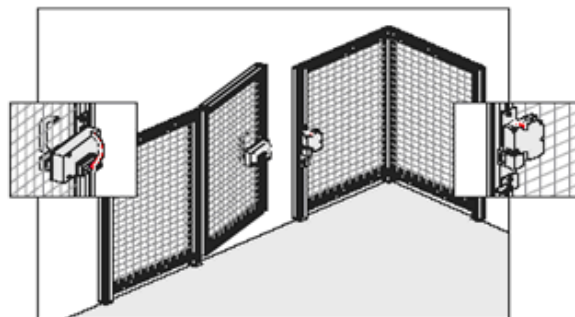


FIGURA 4-7

#### 4.2.2. Interruptor de seguridad sin contacto.

Estos interruptores están formados por dos elementos que se reconocen entre ellos sin necesidad de contacto físico. Se pueden codificar y tienen una gran dificultad de burlado. Son muy útiles para cualquier tipo de resguardos ya que su instalación es muy sencilla y tienen una gran tolerancia de alineación.

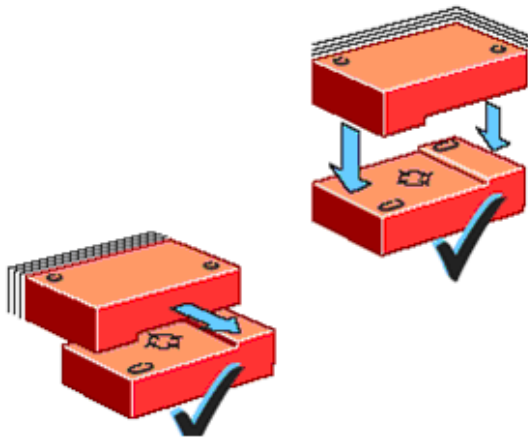


FIGURA 4-8



FIGURA 4-9

Este tipo de elemento de seguridad sería adecuado para el puesto de prácticas. El inconveniente es que en caso de desajuste entre ellos, aunque las condiciones del cierre de la puerta fuesen correctas pararía el robot y por lo tanto, si escogemos éstos tendrán que ser revisados y tratados con delicadeza. No es recomendable su instalación debido al gran tránsito de alumnos y veces que se abrirá y cerrará la puerta pudiendo provocar desalineaciones constantemente.

#### 4.2.3. Interruptor de seguridad con bloqueo mecánico.

Los interruptores de seguridad mecánicos PSENmech sirven para la supervisión segura de un resguardo móvil. Cuando se abre un dispositivo de protección, los interruptores de seguridad se disparan y el movimiento peligroso del robot para. La mayor fuerza de extracción del accionador permite a los interruptores de seguridad evitar que la puerta protectora se abra involuntariamente. Estos dispositivos incluyen los sistemas programables de seguridad.

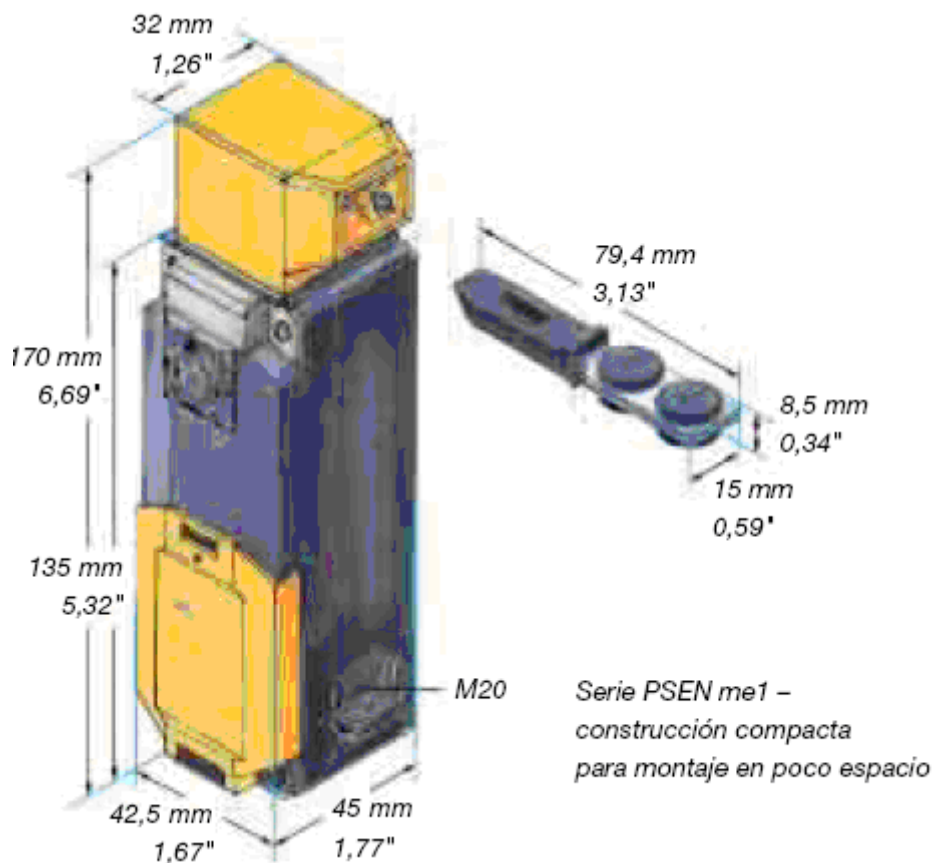


FIGURA 4-10

Este sería el dispositivo más adecuado para la protección de la apertura de la puerta de nuestro puesto de prácticas.

Para que estos dispositivos de seguridad produzcan la parada de emergencia del robot han de conectarse a éste de alguna forma. El esquema eléctrico del interruptor es el siguiente:

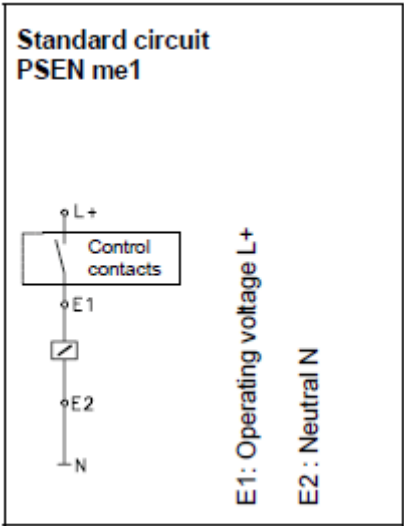


FIGURA 4-11

El esquema de la **FIGURA 4-11**, indica que cuando el interruptor esté cerrado emitirá una señal y cuando esté abierto no emitirá ninguna señal. Una vez que tenemos claro que el interruptor manda una señal, lo siguiente que nos falta es un receptor que reciba la señal, la interprete y dé la orden de actuación pertinente al robot.

Para que ésto sea posible se podrían dar varias soluciones. La primera de ellas sería conectar un autómata entre el interruptor y el robot para que una vez recibida la señal diese la orden de actuación al robot.

La segunda opción, que es la que hemos escogido para estas prácticas, es utilizar el robot como autómata ya que en el panel de control del robot se encuentra el conector X11, que posee una serie de acciones similares al funcionamiento del autómata.

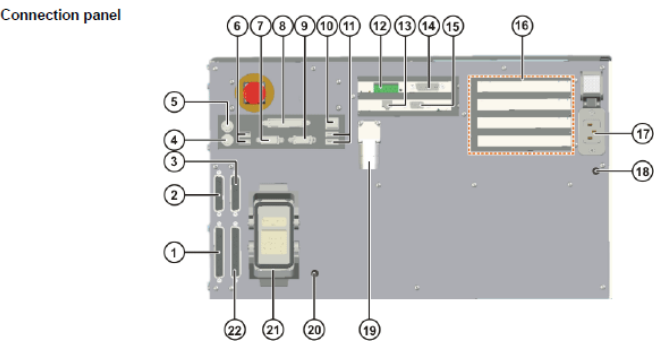


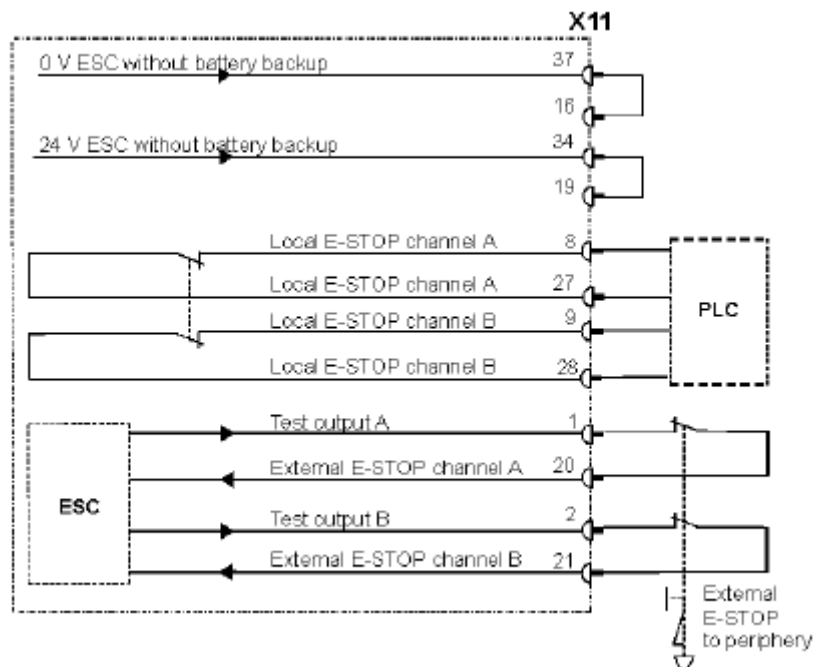
Fig. 2-16: Interfaces

Item	Interface	Item	Interface
1	X11 interface, 37-pin SUB-D contact strip	12	X2 from MFC, not used.

FIGURA 4-12



Este conector tiene un número definido de entradas y salidas que interactúan con el robot según unas señales de entrada. En el esquema de la figura 4-13, podemos apreciar que hay dos canales de seguridad:



**FIGURA 4-13**

Nuestros dos interruptores irán conectados a la entrada 20 y 21 como External E-STOP (Emergency STOP) y las salidas al 1 y 2. De tal forma que cuando abramos la puerta, la ESC (Electronic Safety Circuit) recibirá una señal de que el interruptor está abierto, y mandará una señal de salida para que el robot realice una parada de emergencia.

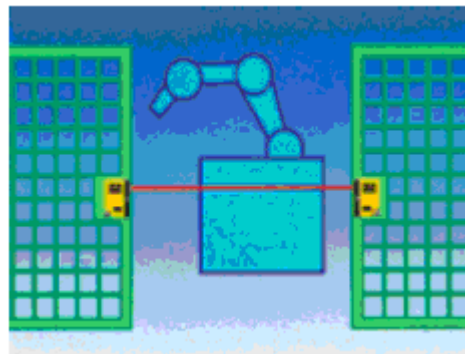
Para volver a poder trabajar se tendrá que cerrar la puerta y resetear para continuar el trabajo.

#### **4.3. ENTRADA DE LA PIEZA EN LA ZONA DE TRABAJO.**

El aporte de material para el puesto de prácticas serían las distintas piezas a medir por el sistema. En la industria sería el material o pieza que será sometido a la operación del robot. El robot manipulador es el que cogería la pieza colocada en el lugar asignado y procedería a realizar los movimientos para la correcta medición. Las medidas de prevención a tomar para que la entrada de material estuviese automatizada y no accediese ninguna persona a la zona de trabajo del robot, sería habilitar otro punto de acceso como el de la puerta, pero esta vez para piezas y bajo ningún concepto para personas. Para que ésto sea posible pueden darse varias soluciones.

##### **4.3.1. Sistemas optoelectrónicos de seguridad – barreras inmateriales.**

No es recomendable implementar sistemas optoelectrónicos como protección perimetral ya que el robot en muchos casos se está utilizando para manipulación y podría fallar la garra de sujeción de la pieza por un



**FIGURA 4-14**

frenado brusco debido a una emergencia o por un fallo de sistema arrojando una pieza al entorno. Se pueden instalar en las localizaciones específicas de acceso restringido como la entrada de material en nuestro caso.

Cuando utilicemos un sistema optoelectrónico de seguridad en una célula robotizada, éste deberá ser siempre homologado categoría de seguridad 4 según UNE EN 954 y se deberán tener en cuenta las siguientes indicaciones:

- El dispositivo sensible debe ser instalado y dispuesto de manera que no pueda entrar ninguna persona y alcanzar una zona peligrosa sin haberse activado el dispositivo o que no pueda alcanzar el espacio restringido antes de que hayan cesado las condiciones peligrosas.
- Cuando sea posible permanecer entre los haces fotoeléctricos y la zona de riesgo, se deben instalar medidas de seguridad adicionales.
- Solo será posible el acceso a la zona peligrosa a través de la zona de detección del sistema optoelectrónico. Otras protecciones adicionales deben impedir el acceso a la zona peligrosa desde cualquier otra dirección.
- Se debe disponer de un sistema de rearme por cada sistema optoelectrónico empleado.
- Si se utilizan espejos reflectores para cubrir toda la zona se debe asegurar que no queda ningún ángulo o zona muerta de acceso.

#### 4.3.2. Cortinas fotoeléctricas.

Son dispositivos cuya función de detección se realiza mediante elementos optoelectrónicos emisores y receptores dispuestos de tal manera, que formen una cortina de radiaciones ópticas y que detecten la interrupción de éstas dentro del dispositivo realizado por un objeto opaco presente en la zona de detección especificada. Dependiendo del objeto que se quiera detectar deberá tener una resolución específica. Por ejemplo si se quiere detectar un dedo la resolución o distancia entre los haces que forman la cortina de protección debe ser igual o menor que 14 mm y 40 mm para una mano o un brazo.



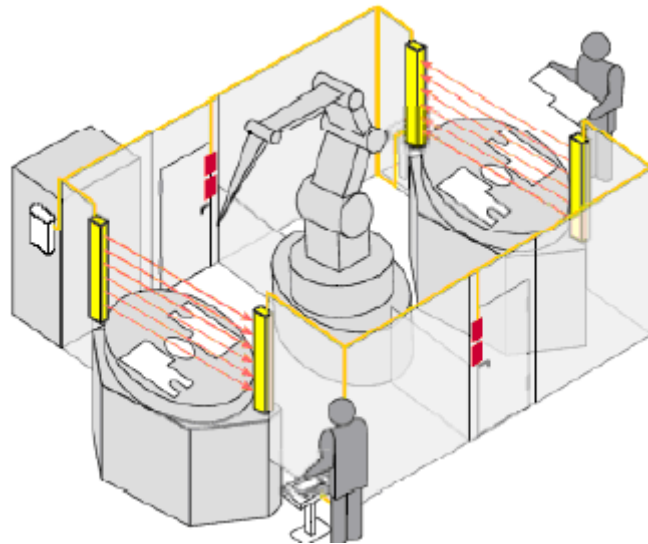
FIGURA 4-15

La actuación de este dispositivo se efectuará por la interrupción de los rayos de luz infrarroja que hayamos programado, por ejemplo una caja que corte dos rayos pasará pero si se cuelga un elemento que corte más o menos rayos de dos, el dispositivo actuará accionando una alarma y bloqueará un relé situado a la salida de la señal.

Para asegurar la fiabilidad, el sistema automático chequea el circuito electrónico, la alineación y da aviso de la suciedad de las lentes, las cuales parpadean tan pronto como la señal de recepción es inferior al doble del umbral de respuesta.

En el proceso de interrupción del haz luminoso, el rearme sólo debe ser posible desde una unidad de control. La barrera consta de dos cuerpos, un emisor que emite luz (infrarroja, ultravioleta), y un receptor que capta estos rayos de luz. El emisor y el receptor deben estar enfrentados, debiendo existir una buena alineación en altura y en ángulo.

Combinando esta cortina fotoeléctrica con una mesa giratoria, tenemos un punto de acceso muy seguro, ya que en ningún momento las personas invaden la zona de trabajo del robot. Para utilizar este dispositivo, se coloca la

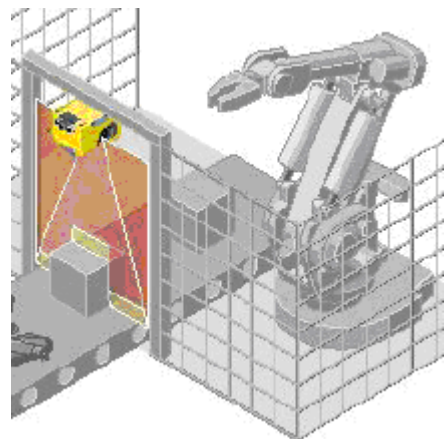
**FIGURA 4-16**

pieza en la mesa giratoria, al girar la pieza pasa por la barrera fotoeléctrica entre los rayos que sólo permitan la altura de la pieza a introducir y el robot ya la podrá recoger dentro del recinto de seguridad.

#### **4.3.3. Scanner láser.**

Es un sistema de seguridad que explora su entorno sin contacto por medio de un haz láser infrarrojo, sin necesidad de utilizar reflector o receptor separado.

La zona de detección puede adaptarse estableciendo una zona de preaviso. Es muy interesante para la detección de personas en áreas de alto riesgo. También pueden permitir el paso de un tipo de pieza como se observa en la figura, y si detecta otra distinta para la línea de entrada de material.

**FIGURA 4-17**

Como ya hemos comentado antes, el hecho de la total automatización del proceso no es lo importante para el puesto de prácticas, por lo tanto hemos decidido introducir las piezas en el interior de la celda, el robot las medirá, y una vez medidas, se entrará a recogerlas y se colocarán unas nuevas. Además el modo de trabajo con el robot va a ser en T1 y por lo tanto el peligro es nulo, ya que si no se mantienen pulsados los botones de hombre muerto, el robot no inicia ningún movimiento aunque se cierre la puerta.

#### ***4.4. SEGURIDAD EN EL ÁREA DE RIESGO.***

Hasta ahora sólo hemos comentado dispositivos de protección para el acceso a la célula, pero también debemos tener en cuenta los que pueden ir instalados en su interior.

Estos dispositivos son muy importantes a la hora de trabajar en la zona de riesgo, es decir, dentro de la reja del robot. En la realización de operaciones de mantenimiento, calibración y ajustes, se puede dar el caso en que exista algún punto oculto a la vista o que alguien cierre la puerta con los elementos de seguridad o rearme el robot y éste se ponga en marcha de tal forma que produzca un accidente a la persona que encuentre dentro. Por este motivo debe instalarse un elemento de seguridad que proteja a la persona que se encuentre dentro del vallado.

#### 4.4.1. Alfombras sensibles.

Las alfombras sensibles son interruptores eléctricos de área sensibles a la presión. Mediante estos dispositivos se puede detectar la presencia de personas en áreas de trabajo peligrosas. Suelen ser diseñadas para trabajar bajo condiciones severas, tanto mecánicas, como químicas o térmicas.

##### Anatomía de un sistema de tapete

El controlador detecta una presencia en el tapete, un cortocircuito o circuito abierto. En cada una de estas condiciones, los relés de salida de seguridad se desactivan. Cuando se interconectan correctamente, la máquina o movimiento peligroso recibirá una señal de paro y se activará un relé de salida auxiliar.

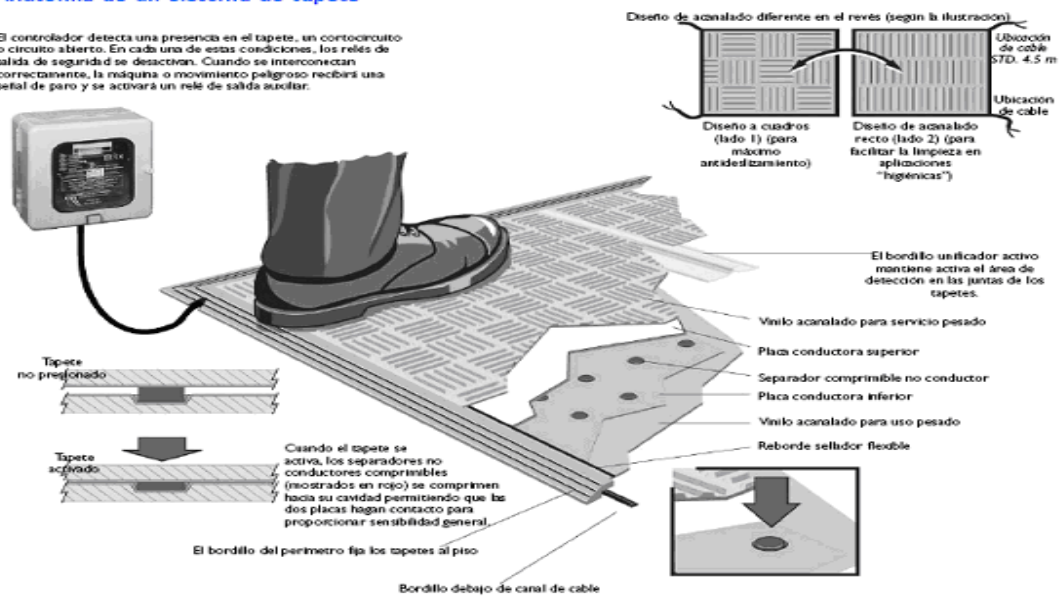


FIGURA 4-18

**4.5. ELEMENTOS INDICATIVOS. DISPOSITIVOS LUMÍNICOS.**

Estos dispositivos muestran de forma visual si el robot está en funcionamiento, reposo, parada de emergencia, etc. Dependiendo del significado atribuido a cada color, y los colores universales ya establecidos como el verde indicando funcionamiento, o el rojo indicando paro. Estos dispositivos se utilizan cuando hay varias máquinas dentro de la célula o un alto número de movimientos. En nuestro caso sólo indicaremos con un dispositivo lumínico cuando el robot esté en movimiento. El robot ya tiene un dispositivo lumínico en la parte superior que se enciende cuando se mueve, por lo tanto aprovecharemos esa conexión para conectar el dispositivo lumínico de la celda.

**FIGURA 4-20****FIGURA 4-19**



**4.6. DISPOSITIVOS PARO DE EMERGENCIA.**

La colocación de estos dispositivos de paro de emergencia ha de ser adecuada. En el caso de nuestra célula, no va a ser necesaria la integración de ninguno de ellos, ya que tenemos dos de ellos instalados y junto con los cierres de la puerta el puesto de prácticas queda suficientemente asegurado. La localización de éstos se encuentra, uno en el panel de mando del robot y otro en la consola del robot.

**FIGURA 4-21**

## 5. IMPORTANCIA DE LA FORMACIÓN.

En todos los aspectos de la seguridad bien sea en un puesto de trabajo o en un puesto de prácticas es **importantísima la formación** de las personas que transiten por zonas donde se encuentren robots trabajando ya que si son conocedores de los posibles peligros del puesto, tendrán mayor cuidado con la instalación aumentando su seguridad y se sentirán capacitados para la realización del trabajo con plena confianza. Es muy importante informar a los alumnos de los riesgos existentes en el puesto de prácticas y por consiguiente las formas de actuación en caso de accidente, como pueden ser la utilización de cada uno de los elementos de seguridad y la localización de cada uno de los elementos de parada de emergencia del conjunto.

Por estos motivos se ha realizado este guión para que posean conocimientos básicos muy importantes para su propia seguridad.

## 6. EJERCICIOS PROPUESTOS.

### **Ejercicio 1. Identificación y verificación de los elementos de seguridad del puesto de prácticas.**

Se deben identificar todos los elementos de seguridad instalados y verificar su funcionamiento así que procederemos a verificar cada uno de los dispositivos de seguridad.

1. Verificaremos la inaccesibilidad a la zona de trabajo con la puerta cerrada.

Se debe apreciar que la entrada es imposible tanto por arriba como por debajo de la reja. También constataremos que está bien anclada al suelo y que por tanto es una protección segura.

2. Mientras uno de los alumnos mueve el robot, o se ejecuta un programa en automático se procederá a pulsar primero uno de los dispositivos de paro de emergencia (seta) y procederemos a resetear el programa desde el KCP (Unidad Manual de Programación). Tras este reseteo procederemos del mismo modo con el segundo dispositivo de paro de emergencia.

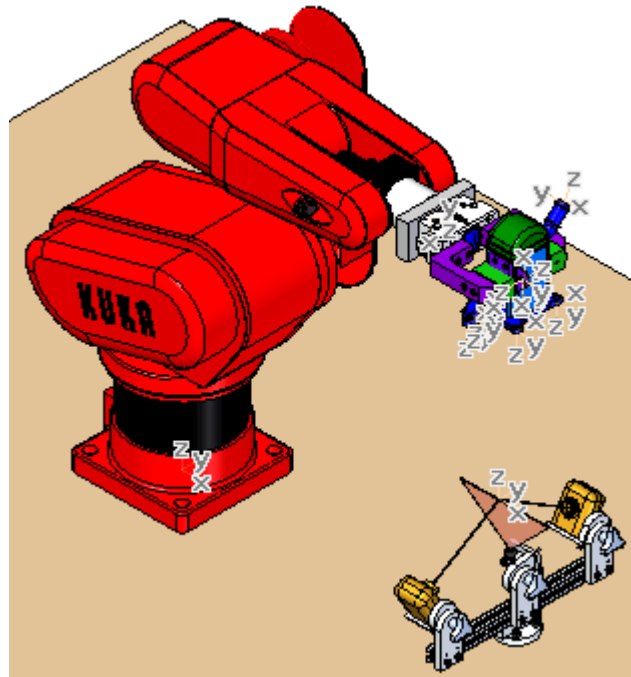
3. Con el robot en funcionamiento procederemos a la apertura de la puerta. Aquí veremos la importancia de los interruptores mecánicos que al abrir la puerta detendrán el robot con una parada de emergencia. Resetearemos el programa y con la puerta abierta comprobaremos si el robot se mueve con el modo T1 de trabajo. Tras esta acción y manteniendo la puerta abierta comprobaremos qué pasa si intentamos ejecutar un programa en automático.

4. Llegados a este punto, visualizaremos que el dispositivo lumínico se mantiene encendido mientras el robot está en movimiento.
5. En este último paso todos los asistentes de la práctica deberán estar situados fuera de la zona de trabajo del robot, aquí se mostrará el puente de desconexión de los elementos de seguridad que proporciona KUKA y que se utiliza para anular los dispositivos de emergencia y poder realizar acciones dentro de la zona de seguridad del robot. Este modo de trabajo es muy peligroso si no se realiza por técnicos cualificados. Procederemos a mover el robot y visualizaremos que no nos detecta ningún error con la puerta abierta.

### **Ejercicio 2. Comprobación del alcance del robot.**

En este ejercicio comprobaremos que el robot, en su posición más extendida, deja un espacio de seguridad para evitar un posible aplastamiento si ocurriese un accidente dentro de su zona de trabajo.

1. Colocaremos el modo de trabajo del robot en modo T1. Para ello desde el KCP pondremos la posición T1. Con la ayuda del profesor moveremos el robot hasta la posición más extendida y veremos los resultados. Este paso lo ejecutaremos tanto para visualizar el alcance perimetral, como el alcance en altura.

**PRACTICA 2.****DEFINICIÓN DE BASES Y HERRAMIENTAS EN SOLID EDGE.**

**Escuela      Universitaria      de      Ingeniería      de      Zaragoza.**

**ÍNDICE.**

1. INTRODUCCIÓN: .....	71
2. COMIENZO DE LA PRÁCTICA. ....	72
3. DEFINICIÓN DE LOS SISTEMAS DE COORDENADAS DE LAS BASES... .....	73
3.1. Herramientas de visualización. ....	73
3.2. Creación de bocetos. ....	75
3.3. Creación de Sistemas de Coordenadas.....	79
3.4. Trabajo a realizar por el alumno.....	82
3.5. Medición entre Sistemas de Coordenadas. ....	87
3.6. Tabla de resultados.....	90

## 1. INTRODUCCIÓN:

En esta práctica vamos a trabajar con el programa Solid Edge y en él definiremos las bases y herramientas que introduciremos en el simulador del robot. Para esta práctica se utilizarán los equipos informáticos habilitados en la sala de prácticas que contendrán todos los documentos y programas necesarios para el desarrollo de las mismas.

**Solid Edge** es un programa de parametrizado de piezas en 3D basado en un software de diseño asistido por ordenador (CAD). Permite el modelado de piezas de distintos materiales, doblado de chapas, ensamblaje de conjuntos, soldadura y funciones de dibujo en plano para ingenieros. Está considerado como uno de los paquetes de CAD más sencillo de manejar y con un fácil aprendizaje e implantación en la empresa. Este es uno de los paquetes que podría enterrar el uso masivo del CAD 2D dando paso al CAD 3D, con las consiguientes ventajas a todos los niveles del trabajo.

Presentado en 1996, inicialmente fue desarrollado por Intergraph, pero recientemente ha sido adquirido por SIEMENS y está empezando a formar parte de todas sus plantas de producción e Ingeniería por lo que está siendo objeto de unas mejoras considerables. Esta inclusión de Solid Edge dentro de SIEMENS está suponiendo muchos cambios funcionales dentro del software mejorándolo notablemente y está ayudando a que evolucione y destaque por encima de sus competidores. Dentro de sus mejoras más destacables en la última versión v.20 cabe destacar la traducción de archivos de otras plataformas, lo que permitirá sin duda que se abra paso en sectores antes obligados al uso de un determinado software por la falta de compatibilidad de sus archivos con otros paquetes de CAD.

## 2. COMIENZO DE LA PRÁCTICA.

Para iniciar el programa ejecutaremos la aplicación situada en el escritorio:



FIGURA 2-1

La primera pantalla que aparece nos da las opciones de crear nuevas piezas o abrir un documento ya existente.



FIGURA 2-2

Haremos clic dentro de la pestaña “**abrir**” en documento existente y nos aparecerá la siguiente pantalla en la que seleccionaremos el primer archivo a abrir del escritorio denominado “**soporte prácticas**” y seguiremos la siguiente secuencia de carpetas:



**Soporte prácticas > Conjunto soporte en mesa > Conjunto completo > Conjunto completo**

Una vez seleccionado este archivo pulsamos el botón abrir y esperamos a que se cargue el programa.

Dado que el programa consta de multitud de opciones y herramientas, no se pueden explicar todas, se irán comentando las que necesitemos para el desarrollo de las prácticas en el momento de su utilización.

### **3. DEFINICIÓN DE LOS SISTEMAS DE COORDENADAS DE LAS BASES.**

En este punto vamos a hablar de las herramientas de visualización, creación de bocetos, trabajo a realizar por el alumno y medición entre sistemas de coordenadas. Por último, se incluye una hoja de resultados que los alumnos deberán rellenar.

#### ***3.1. Herramientas de visualización.***

Antes de comenzar con la definición de los sistemas de coordenadas de las bases, se comentarán las herramientas principales de visualización del programa. Se encuentran en la parte superior de la ventana del programa.



**FIGURA 3-1**

Colocando el cursor y dejándolo unos segundos quieto encima de cada uno de los iconos, nos mostrará un cuadro de texto con una breve descripción de su significado.

- Nos vamos a detener unos minutos en probar cada uno de ellos para conocer su manejo, porque serán muy utilizados cuando queramos dibujar o ver un elemento con mayor claridad.

Para volver todos al mismo punto de partida después de haber ejecutado estos comandos realizaremos lo siguiente:

- **Pulsar tecla ctrl. + i**, en nuestra pantalla deberá aparecer nuestro conjunto de la siguiente manera:

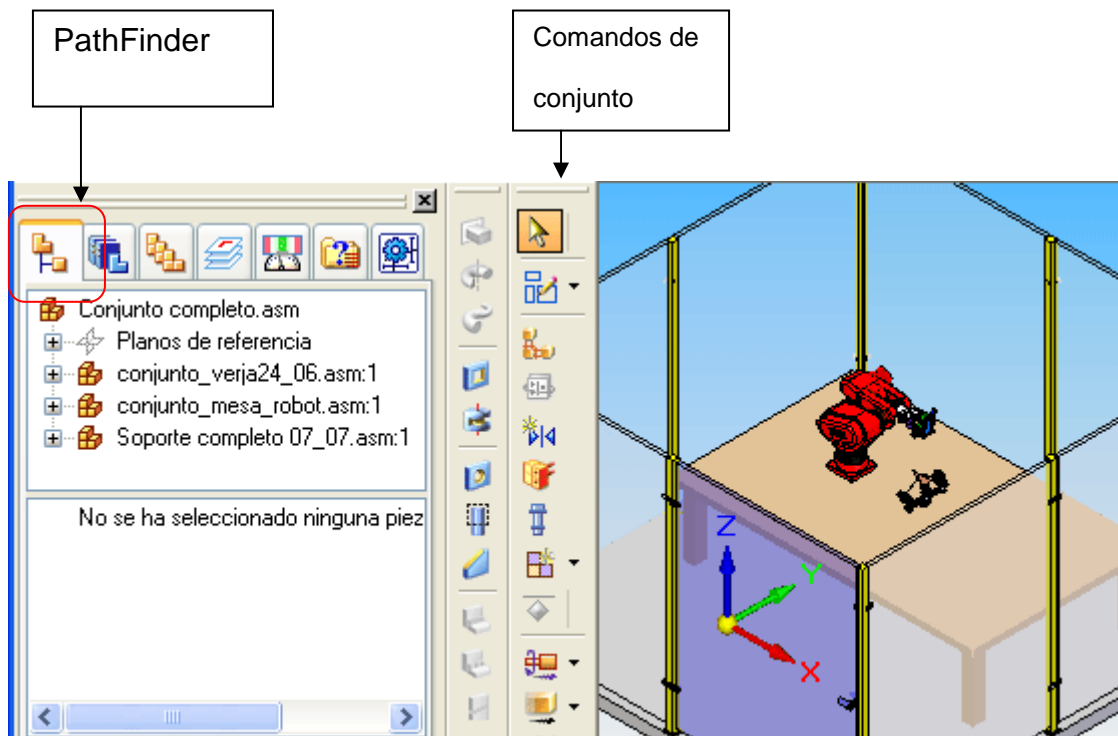


FIGURA 3-2

La siguiente herramienta que vamos a ver es el **PathFinder** de conjunto y que utilizaremos para movernos por los conjuntos, podremos ocultar conjuntos, piezas, sistemas de referencia, etc para visualizar mejor otros elementos. También podremos entrar en los diseños de las piezas para modificar sus propiedades. Es la pestaña situada en la parte izquierda que está rodeada y que contiene todos los conjuntos.

- **Visualizar esta herramienta** expandiendo y contrayendo los conjuntos. También podemos hacer clic con el botón derecho del ratón sobre los conjuntos o piezas para visualizar las distintas acciones que podemos realizar.

La definición de las bases las vamos a realizar en la base del robot y en el soporte de visión, por lo tanto ocultaremos el conjunto verja para que no nos moleste ya que de momento no va a ser utilizado. Según vuestro criterio se puede ocultar y luego mostrar todo aquello que os moleste para la realización de las acciones.

- Nos situamos con el ratón en el PathFinder sobre “**conjunto verja**”, clic botón derecho y seleccionamos la acción “**ocultar todo**”, nos quedará en pantalla la mesa junto con el robot y el soporte de visión.
- Realizaremos la misma acción para ocultar la mesa, así que expandimos el “**conjunto mesa robot**” y ocultamos la pieza “**mesa**”.

### ***3.2. Creación de bocetos.***

Ahora definiremos el sistema de coordenadas de la base robot. Para ello primero realizaremos un boceto en la base del robot que nos localice el origen. Con el desarrollo de la colocación de este sistema de coordenadas se reproducirá para todas las demás bases y herramientas por lo tanto hay que tener cuidado y seguir bien los pasos porque las demás definiciones se realizarán por los alumnos sin ser indicadas paso a paso.

- Con la herramienta “**Área de zoom**” realizamos el zoom sobre la base del robot. En la barra de “Comandos de conjunto” seleccionamos el

icono “boceto”, en la parte superior se nos muestra una ventana desplegable y seleccionamos “plano coincidente”.

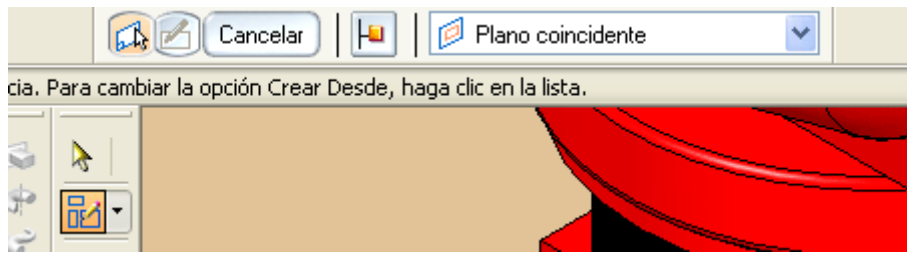


FIGURA 3-3

- Debemos **seleccionar el plano** que contiene la **base del robot**. Para ello situamos el ratón en la base del robot y dejándolo detenido unos segundos se nos **muestra un ratón pequeño al lado del cursor** denominado “**QuickPick**”. En este momento hacemos **click derecho** y se nos mostrará un **desplegable** en el que podremos elegir la superficie en la que deseamos crear el boceto. Haremos **click** en “**Cara (OperaciónDeCuerpo1)**” como se muestra en la siguiente figura.

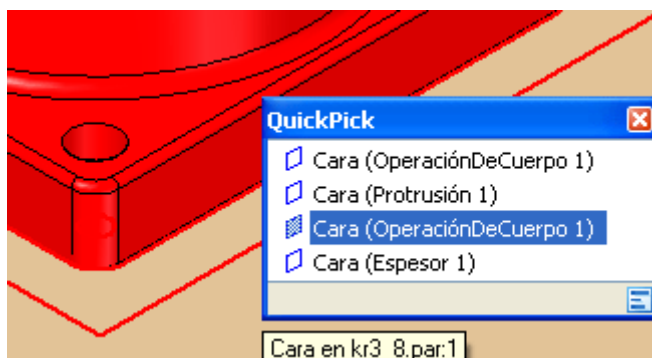


FIGURA 3-4

- Veremos la base del robot con los cuatro orificios de sujeción. El origen de la “**Base Robot**” va a estar situada en la intersección de las diagonales del cuadrado que se forma al unir los cuatro orificios. Para poder utilizar estos cuatro orificios para el dibujo del boceto debemos copiar su geometría.

- Ha llegado el momento de visualizar la barra de herramientas **“Dibujo”**. En ella estarán todas las herramientas necesarias para la realización del boceto. **Ver el significado de cada icono.**



FIGURA 3-5

- Seleccionamos el botón **“incluir”** y tras chequear que las opciones están igual que en la **FIGURA 3-6**, hacemos clic en **aceptar**.

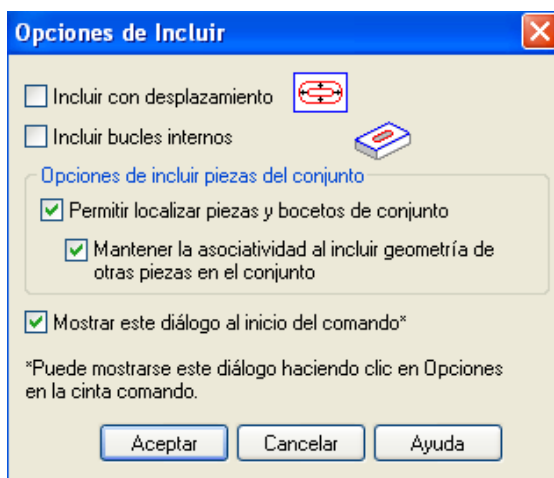


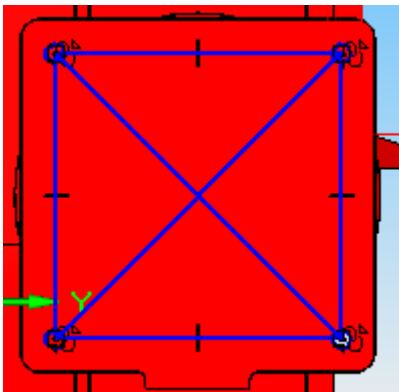
FIGURA 3-6

- **Seleccionamos los cuatro orificios** de la base del robot posicionándonos sobre ellos y haciendo **clic**. Si es necesario, utilizar lo aprendido anteriormente con las **herramientas de visualización** (acercar, alejar, rotar) y la herramienta del cursor **QuickPick**, para seleccionar lo que nos interese. En la pestaña superior donde aparece el desplegable de **“Seleccionar”** marcaremos **“Jaula de alambre”**



FIGURA 3-7

- Seleccionamos la herramienta “**Línea**” y con el cursor nos situamos encima de uno de los orificios seleccionados anteriormente hasta que nos aparezca la marca de centro como en la **FIGURA 3-7**, entonces **hacemos clic**. Hemos empezado una línea en el centro de uno de los orificios, continuaremos ahora **uniendo los cuatro orificios** formando un cuadrado y **dibujaremos sus diagonales**. El resultado será como el de la siguiente figura.

**FIGURA 3-8**

- Si en algún momento nos hemos confundido dibujando debemos pulsar la “**herramienta de selección**” en la barra de dibujo y para **borrar**, una vez seleccionado lo deseado, basta con apretar la tecla “**Supr**”.
- Ya tenemos localizado el punto donde vamos a situar el **origen de coordenadas** de nuestra “**Base Robot**” que es el punto de intersección de las dos diagonales. Procederemos a cerrar el boceto.
- Clic en el botón “**Volver**” de la parte superior. Le daremos al boceto el nombre de “**Base Robot**” en el cuadradito que nos aparece en la parte superior y haremos clic en “**Terminar**”.
- Podemos apreciar que en la pestaña **PathFinder** nos ha aparecido un nuevo desplegable denominado “**Bocetos**” y es ahí donde se nos ha

guardado el boceto y donde podremos realizar las distintas acciones con él como: borrarlo, modificarlo, ocultarlo o mostrarlo.

Llegados a este punto guardaremos el archivo: **Archivo > guardar como > carpeta prácticas > práctica 2**. Guardar cuando lo creais necesario.

Este es el método para definir bocetos y se utilizará cuando sea necesario de la misma forma, pero en otra ubicación para poder localizar el origen del sistema de coordenadas cuando no sea posible realizarlo de forma directa.

### 3.3. Creación de Sistemas de Coordenadas.

Ahora procederemos a crear el sistema de coordenadas de la Base Robot.

- En la barra de herramientas “**Comandos de Conjunto**” seleccionamos la herramienta “**Sistemas de Coordenadas**”. Seleccionaremos las opciones mostradas en el cuadro de opciones y haremos clic en “**Aceptar**”.

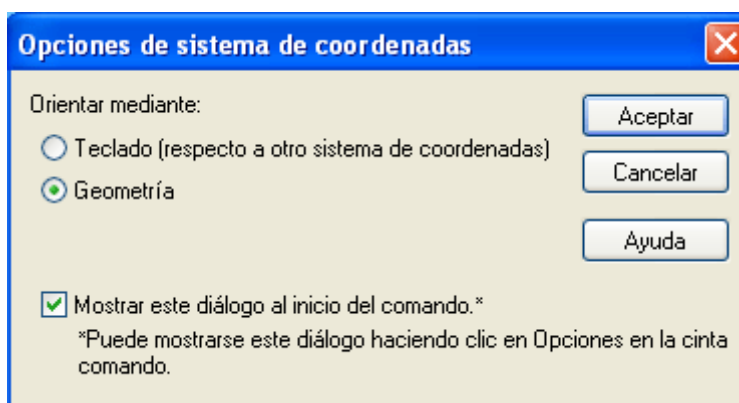


FIGURA 3-9

- Nos aparece en la parte superior los pasos a seguir, primero definir el origen, segundo podemos elegir qué eje queremos situar, y cuando

terminemos de situarlo el botón **“ok”** estará en verde y terminaremos la definición del sistema de coordenadas. En la pestaña **“seleccionar”** elegiremos **“Elemento lineal”**.



FIGURA 3-10

- Seleccionamos como origen el punto de intersección de las diagonales dibujado anteriormente en el boceto. Si utilizamos **“QuickPick”** ese punto es el denominado **“Conjunto de Topologías”** y hacemos **“clic”**.

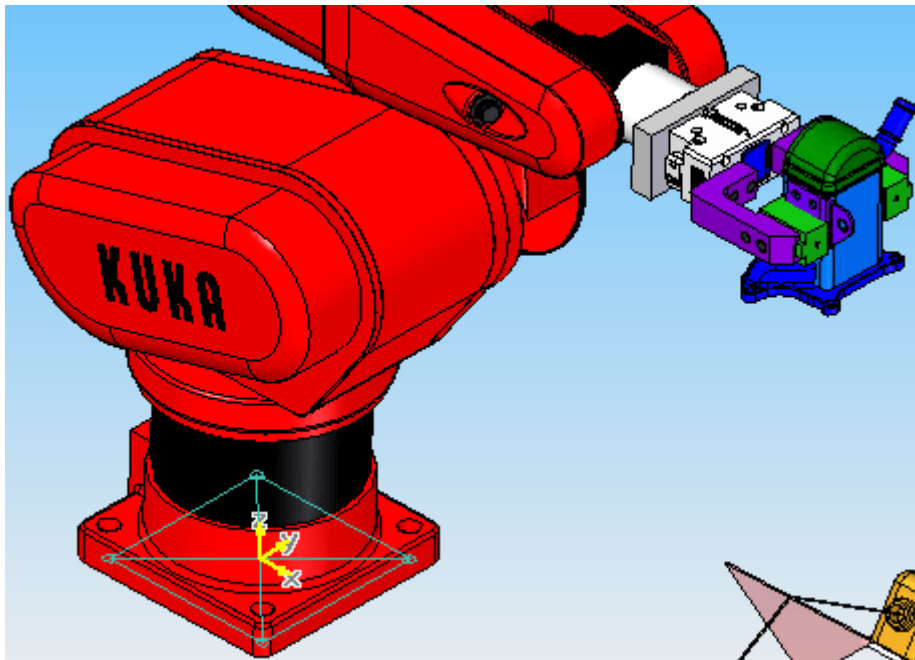


FIGURA 3-11

- Teniendo seleccionado el origen, seleccionaremos la dirección de los ejes que estarán orientados como los de la **FIGURA 3-11**. Primero definimos el **eje “X”** haciendo **clic** en algún elemento que tenga ya la dirección deseada (lo más sencillo es seleccionar el lado del cuadrado del boceto dibujado anteriormente que tiene la misma dirección que el eje “X” de la figura) y daremos al botón **“ok”** de color verde y a



continuación lo orientaremos como muestra la flecha hacia el lado deseado haciendo clic en la pantalla de la dirección deseada.

- Es el momento de definir el eje “Y”, seleccionamos (el otro lado del cuadrado del boceto que tiene la dirección deseada) y clic en botón “ok” de color verde y a continuación daremos la orientación como muestra la flecha hacia el lado deseado haciendo clic en la pantalla con la dirección deseada.
- El tercer eje estará ya definido por estos dos. Definiremos en el cuadro de texto de la parte superior este sistema de coordenadas como “**Base Robot**” y presionaremos el botón Terminar.
- Podemos apreciar que en la pestaña **PathFinder** nos ha aparecido un nuevo desplegable denominado “**Sistemas de Coordenadas**” y es ahí donde se nos ha guardado el Sistema de Coordenadas “**Base Robot**” y donde podremos realizar las distintas acciones con él como: borrarlo, modificarlo, ocultarlo o mostrarlo.
- Para salir de la herramienta Sistemas de Coordenadas basta con pulsar la tecla escape “**ESC**” del teclado. Si nos confundimos definiendo un Sistema de Coordenadas podemos borrarlo con la tecla “**Supr**”.

Este es el método para definir Sistemas de Coordenadas, se actuará de la misma forma para definir las herramientas y bases restantes.

### 3.4. Trabajo a realizar por el alumno.

Ahora siguiendo las ilustraciones de las siguientes figuras el alumno deberá crear los sistemas de coordenadas de la base del sistema de visión y las herramientas (Tools) que se muestran en ellas poniendo en práctica lo aprendido anteriormente.

Recordad que es muy importante que queden bien definidas y en el lugar que les corresponde para que a la hora de introducirlas en el simulador se ajusten a la realidad y comprobemos que el robot las posiciona y orienta correctamente.

- **Base láser cámara.**

#### Colocación del origen.

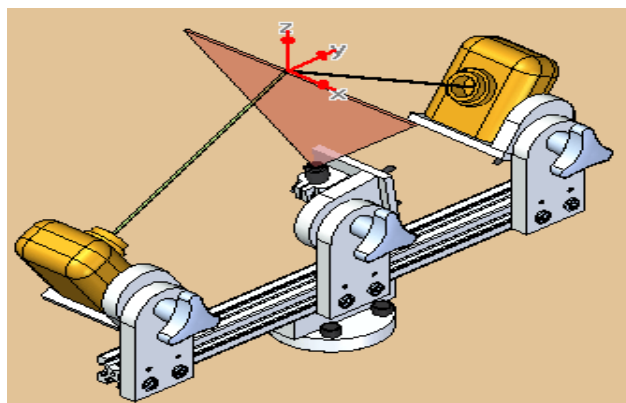
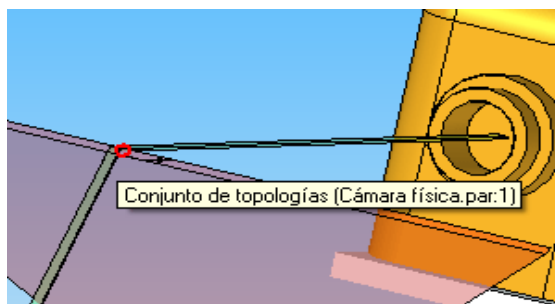


FIGURA 3-12

- **Tool\_01. Brida del Robot KR3.**

**Pista para situar el origen del Sistema de Coordenadas de la Tool\_1.**

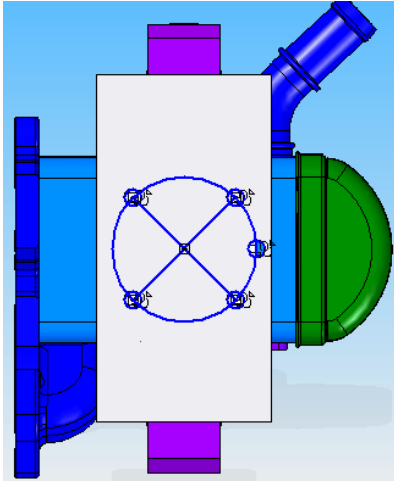


FIGURA 3-13

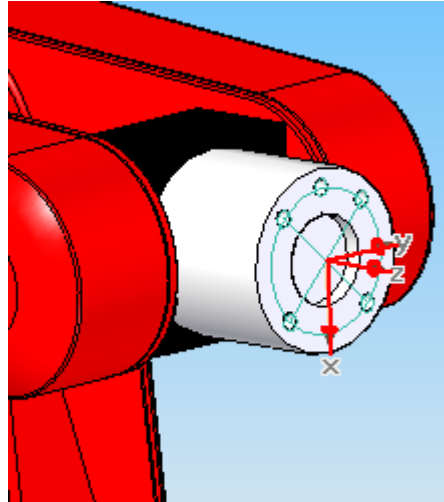


FIGURA 3-14

- **Tools en la planta de la pieza.**

El **eje “Z”** posee la dirección saliente del papel, desde la pieza hacia el exterior.

La **tool\_02** es el origen de referencia de la pieza.

Para obtener esta vista y poder situar de forma más sencilla todas estas tools se procede de la siguiente manera:

**Clic** en la pestaña de la parte superior **“Ver”**, seleccionamos la opción **“Ver Cara”** y hacemos clic en la **superficie de la base de la pieza**. De esta forma obtendremos una imagen similar a la de la **FIGURA 3-15** y colocaremos los Sistemas de Coordenadas con las designaciones de la imagen.

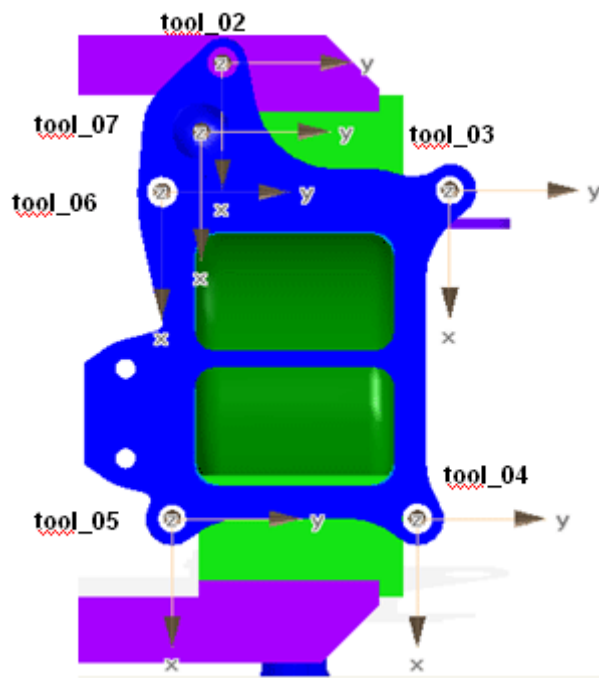


FIGURA 3-15

- **Tool\_tubo.**

Para colocar el origen de esta herramienta debemos seleccionar el contorno de la **FIGURA 3-16**.

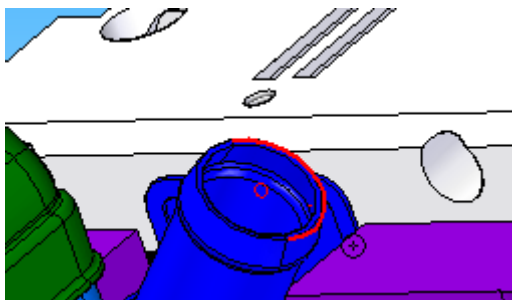


FIGURA 3-16

Para definir el eje “X” debemos elegir en la pestaña “**Seleccionar**” la opción “**Cara Plana / Plano**” y seleccionar la superficie de la **FIGURA 3-17**.

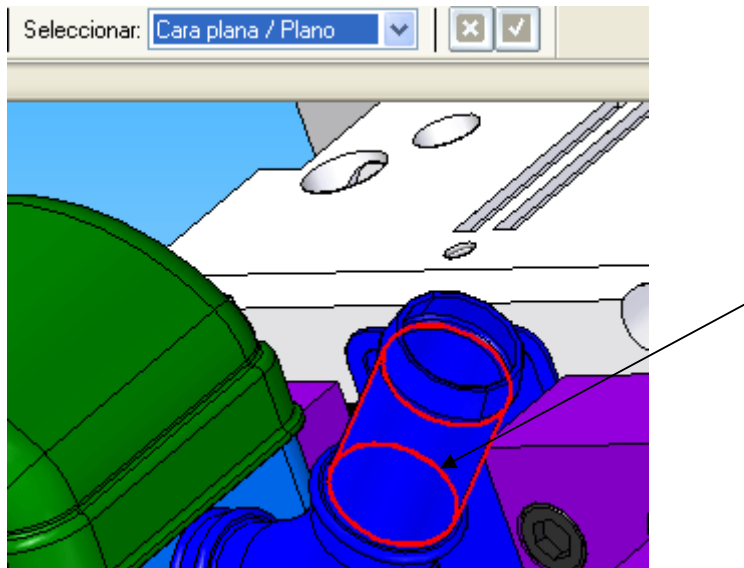


FIGURA 3-17

Haremos clic en el botón “**ok**” y lo orientaremos según muestra la **FIGURA 3-18**. Actuaremos igual seleccionando la misma superficie para definir el **eje “Y”**.

El resultado ha de ser el mostrado en la **FIGURA 3-18**.

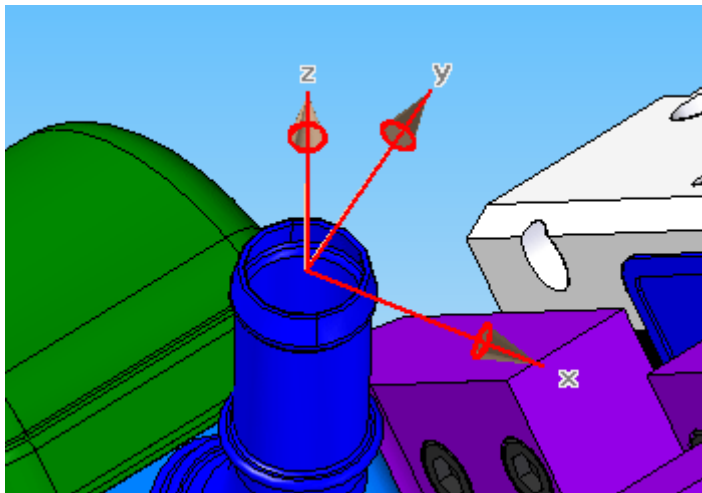


FIGURA 3-18

- **Tools pata.**

La siguiente figura muestra las dos herramientas asociadas a los dos orificios de la pata con los sentidos de sus ejes, que son distintos para cada una de ellas, el **orificio exterior de la pata** será definido como **tool\_pata(1)** y el **orificio interior** de la pata será definido como **tool\_pata(2)**.

- **Tool pata (1)**

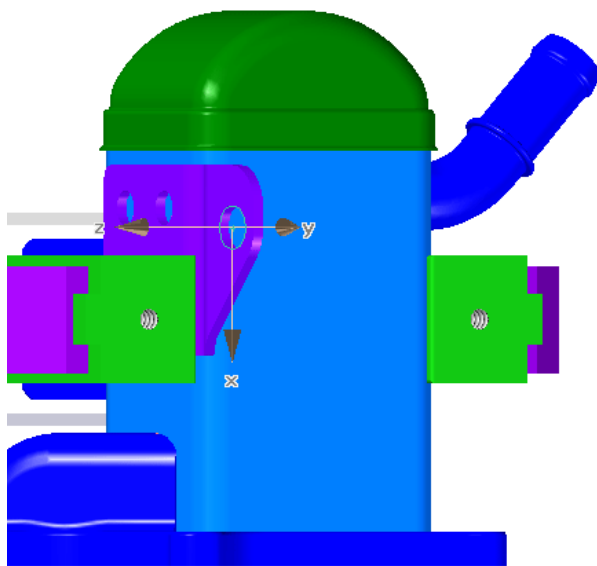


FIGURA 3-19

- **Tool pata (2)**

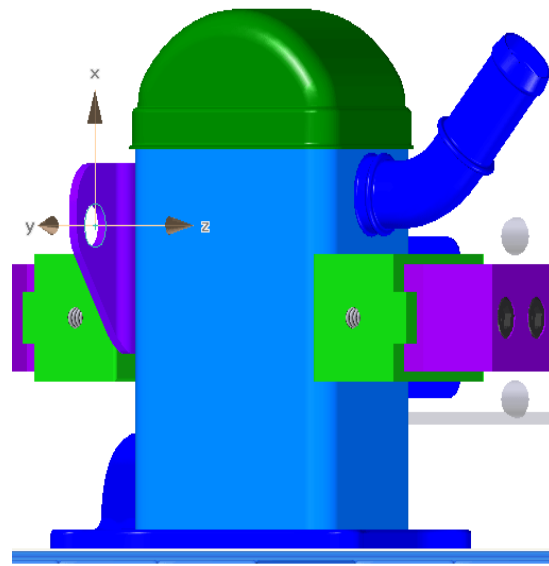


FIGURA 3-20

Para situar bien el origen de estas dos herramientas será muy recomendable realizar dos bocetos, uno para cada herramienta, como el mostrado en la **FIGURA** siguiente.

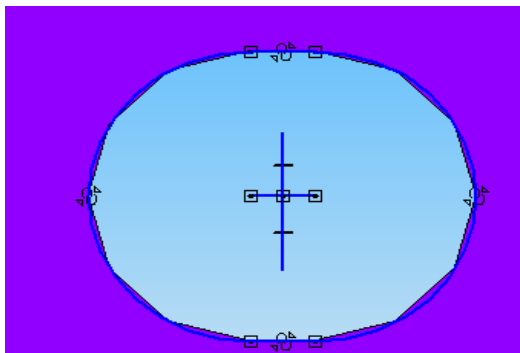


FIGURA 3-21

En este momento tenemos definidas todas las bases y herramientas de nuestros conjuntos.

El siguiente paso que tendremos que dar es sacar las medidas entre la Base Láser Cámara con respecto a la Base Robot y todas las medidas de todas las tools con respecto a la tool\_01 (Brida del Robot).

### ***3.5. Medición entre Sistemas de Coordenadas.***

Vamos a realizar las **mediciones entre los Sistemas de Coordenadas** que definen las herramientas para más adelante poder introducir los valores numéricos en el simulador del robot. El alumno **irá rellenando la tabla de resultados** con las medidas según los ejes “**X, Y, Z**” y los otros parámetros “**A, B y C**” que se nombran ahora por primera vez y hacen referencia al ángulo de los ejes de la herramienta girados con respecto a los ejes definidos del sistema de referencia de la mano del robot. Para el caso de las bases serán el ángulo girado de los ejes de la Bases definidas con respecto a los ejes definidos en la Base Robot.

El primer **giro “A”**, hace referencia al giro sobre el **eje “Z”**.

El segundo **giro “B”**, hace referencia al giro sobre el **eje “Y”**.

El tercer **giro “C”**, hace referencia al giro sobre el **eje “X”**.

Estos giros se contabilizan sobre ejes girados, una vez girado uno de ellos, el siguiente giro se mide a partir del eje ya girado.

- Para comenzar la medición seleccionaremos la pestaña en la parte superior “**Verificar**” y seleccionaremos la acción “**Medir Distancia**”, como muestra la **FIGURA 3-22**.

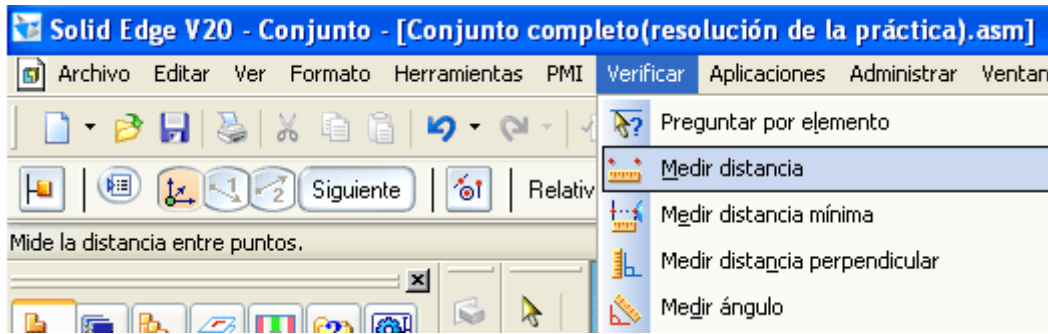


FIGURA 3-22

- La primera medición que realizaremos será entre el sistema de referencia global “**Base Robot**” y el sistema de referencia “**Base Láser Cámara**”. Para ello en la parte superior en la segunda pestaña seleccionaremos “**Base Robot**”. Ver figura:

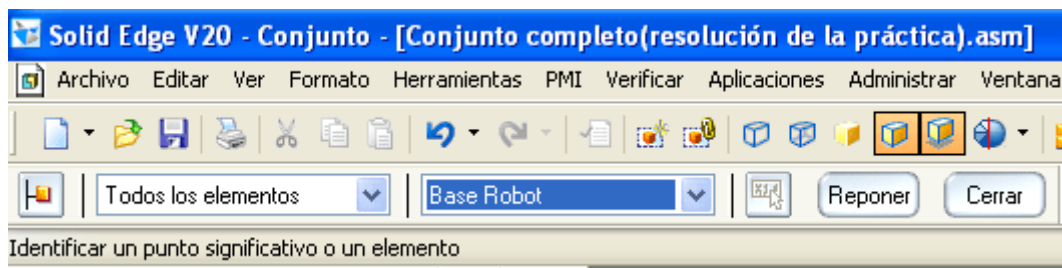


FIGURA 3-23

- Haremos un **click** en el sistema de coordenadas definido como “**Base Robot**” y un segundo **click** en el sistema de coordenadas definido como “**Base Láser Cámara**”. Nos aparecerá una ventana como la de la **FIGURA 3-24**, y copiaremos en la tabla los datos “**X, Y, Z**”. Los valores de “**A, B, C**” los obtendremos visualizando la pieza y, en caso de duda, ayudados por el profesor. En este caso los ejes de la Base Robot y la Base láser cámara coinciden, por eso **los valores de “A, B, C” son cero**.



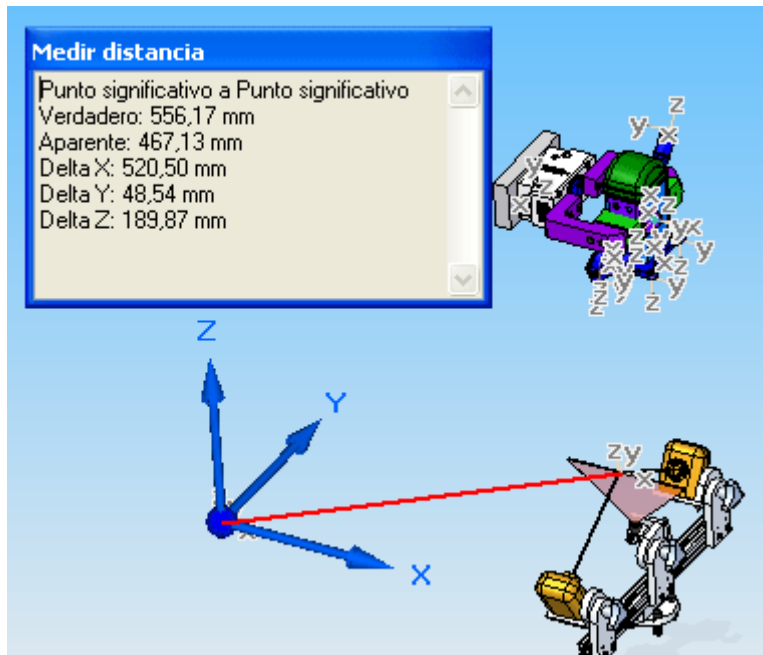


FIGURA 3-24

- Anotar estos datos una vez obtenidos de Solid Edge en la “**tabla de resultados**”.
- Ahora procederemos a la medición de todos los sistemas de referencia definidos por las “**Tools**” con respecto al sistema de referencia local de la “**Tool\_01**”. Para ello debemos cambiar en la segunda pestaña y seleccionar “**Tool\_01**”. Ver FIGURA 3-25.

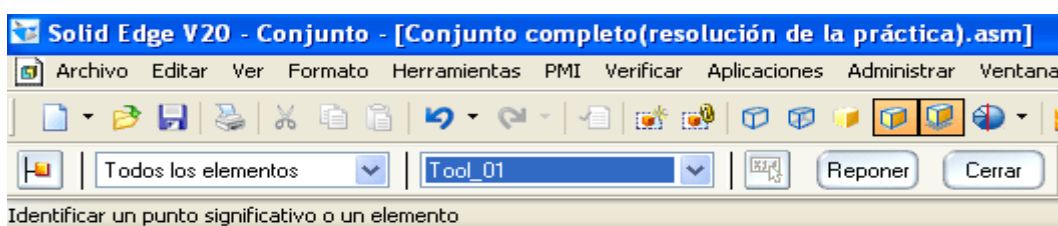


FIGURA 3-25

- A partir de aquí todas mediciones las realizaremos de la misma manera e iremos copiando los datos en la “**tabla de resultados**”. Clic en “**Verificar**” > “**Medir distancia**” > hacemos clic en “**Tool\_01**” y clic en “**Tool\_02**”. Copiamos los datos obtenidos en la “**tabla de resultados**” y realizamos este proceso para todas las “**Tools**”.

**3.6. Tabla de resultados.**

		X	Y	Z	A	B	C
HERRAMIENTAS	Tool_02						
	Tool_03						
	Tool_04						
	Tool_05						
	Tool_06						
	Tool_07						
	Tool_tubo						
	Tool_pata(1)						
	Tool_pata(2)						
	Base Robot a Base Cámara						

- Uno de los componentes del grupo entregará esta hoja al profesor para verificar la calidad y realización de la práctica realizada por el grupo.

**PRACTICA 3.**

**DEFINICIÓN DE BASES Y HERRAMIENTAS EN EL**

**SIMULADOR KUKA Sim.**

**MOVIMIENTOS CON EL ROBOT.**



**Escuela Universitaria de Ingeniería de Zaragoza.**

**ÍNDICE.**

1. INTRODUCCIÓN: .....	93
2. COMIENZO DE LA PRÁCTICA. ....	94
3. DEFINICIÓN DE LOS SISTEMAS DE COORDENADAS DE LAS BASES Y DE LAS HERRAMIENTAS. ....	96
3.1. Ejercicio 1. Definición del resto de herramientas. ....	101
4. COMPROBACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS EN EL ROBOT. ....	105
4.1. Posibles movimientos del robot. ....	105
4.2. Ejercicio 2. Realizar movimientos con el robot en el simulador. ....	107
4.3. Ejercicio 3. Realizar movimientos de comprobación con el robot. ...	110

## 1. INTRODUCCIÓN:

En esta práctica introduciremos los datos recogidos en la “tabla de resultados” de la práctica anterior para definir cada una de las bases y herramientas en el simulador de KUKA, “Kuka Sim Pro 1.1”.

Este programa lo habéis usado ya con anterioridad en las prácticas de la asignatura (FIO). No obstante recapitularemos algún apartado de los guiones de esa asignatura, por si no recordáis el manejo, o no habéis realizado antes estas prácticas.

KUKA.Sim Pro es un software diseñado para programar robots de KUKA fuera de línea. En este programa es posible utilizar los filtros incorporados para introducir datos CAD de otros sistemas o elaborar componentes con las herramientas CAD predefinidas en el programa. También es posible el uso de los amplios catálogos electrónicos que suministra la marca, o también se pueden descargar los modelos de Internet. La mayoría de componentes del catálogo electrónico son variables en cuanto a su dimensionado. Con lo que es posible por ejemplo cargar una valla de protección y adaptar la altura y anchura de ésta a las necesidades. Este sistema modular evita que los componentes tengan que ser dibujados de nuevo y supone por lo tanto un ahorro considerable de tiempo.

Para esta práctica se utilizarán los equipos informáticos habilitados en la sala de prácticas que contendrán todos los documentos y programas necesarios para el desarrollo de las mismas. También una vez introducidos los datos en el simulador los exportaremos al robot real para verificar que las medidas asignadas a las herramientas son las correctas.

Es muy recomendable para esta práctica que el alumno lleve consigo los apuntes de las dos prácticas de FIO, para que en caso de duda sobre el manejo del simulador o control del robot tenga una ayuda extra además de este guión.

## 2. COMIENZO DE LA PRÁCTICA.

Este primer apartado es el mismo que se mostraba en las prácticas de (FIO), servirá como recordatorio del significado de los iconos y de las acciones más usadas.

Para iniciar el programa ejecutaremos la aplicación situada en el escritorio:



FIGURA 2-1.

La primera figura que aparece en pantalla, es en la que vamos a desarrollar todo el trabajo y simula un entorno en 3D.

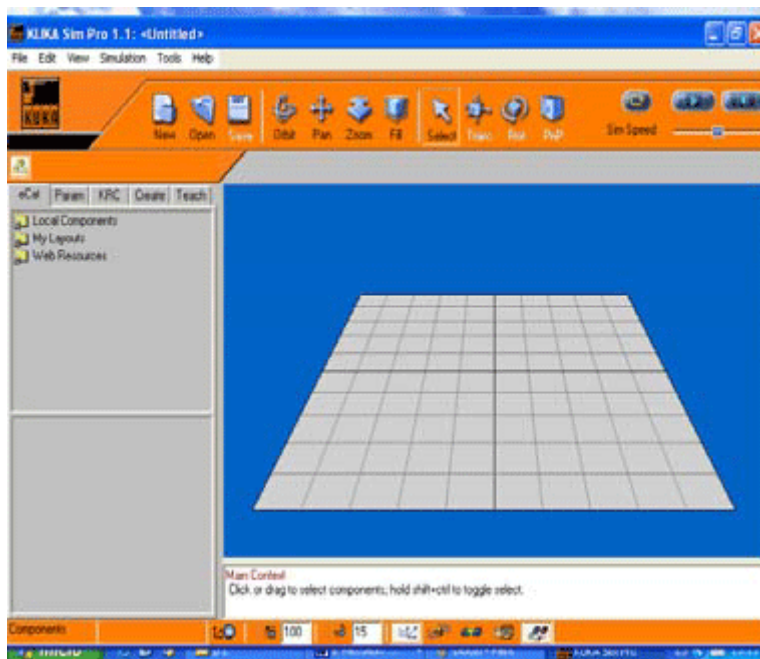
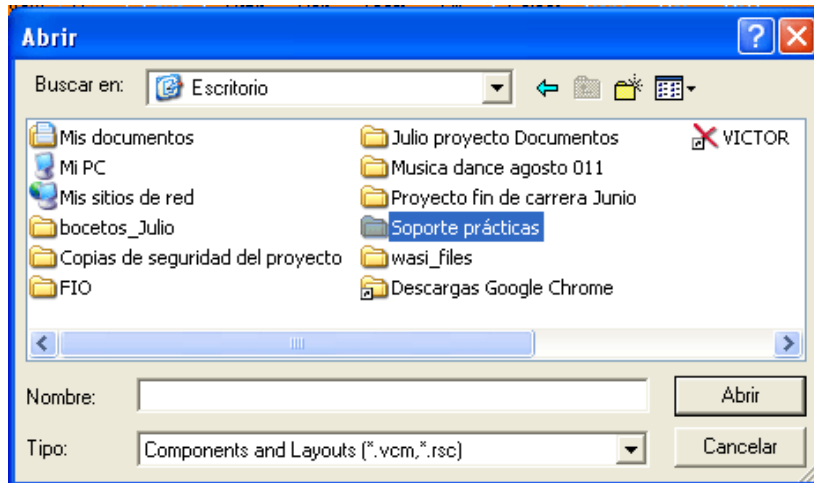


FIGURA 2-2.

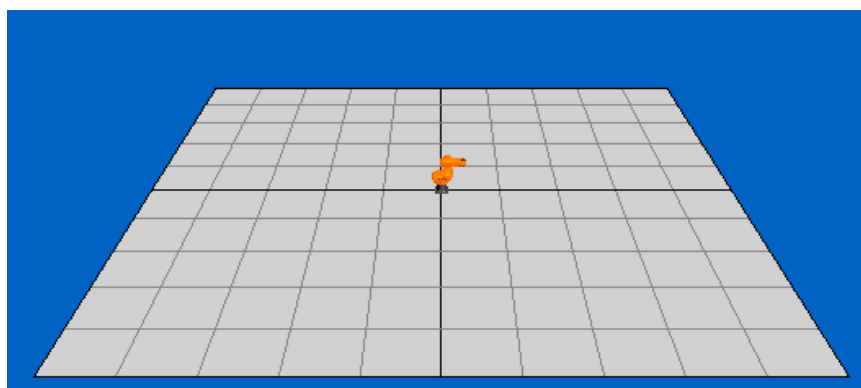
Dado que este programa ya lo habéis utilizado con anterioridad y que en la práctica no se van a realizar operaciones con todas las funciones que aparecen en la pantalla, en cada caso se explicará la función que corresponda.

**FIGURA 2-3**

Haremos **clic** en la pestaña **"File"** y seleccionaremos la opción **"Open"**, nos aparecerá la siguiente pantalla (**FIGURA 2-3**), en la que seleccionaremos el primer archivo a abrir del escritorio denominado **"soporte prácticas"** y seguiremos la siguiente secuencia de carpetas:

**Soporte prácticas > SIMULADOR > Robot KR3**

Una vez seleccionado este archivo pulsamos el botón abrir y esperamos a que se cargue el programa. Nos quedará en la pantalla una imagen como en la **FIGURA (2-4)**.

**FIGURA 2-4**

En la figura anterior vemos que el robot está situado en el centro de la pantalla. En este punto se encuentra la “Base World o Mundo” y el robot está situado justo en ella, por tanto la Base Robot coincide con la “Base World”

### 3. DEFINICIÓN DE LOS SISTEMAS DE COORDENADAS DE LAS BASES Y DE LAS HERRAMIENTAS.

En este momento necesitaremos la “tabla de resultados” de la práctica anterior resuelta.

En el simulador los nombres de las herramientas no pueden ser modificados. Por eso se muestra la **TABLA 3-1** con la relación ente los nombres que se asignaron a bases y a herramientas en el archivo CAD con la designación que se les dará en el simulador.

DESIGNACIÓN	CAD	SIMULADOR
Mano - robot	tool_01	tool_01
Agujero brida 2	tool_02	tool_02
Agujero brida 3	tool_03	tool_03
Agujero brida 4	tool_04	tool_04
Agujero brida 5	tool_05	tool_05
Agujero brida 6	tool_06	tool_06
Agujero brida 7	tool_07	tool_07
Tubo	tool_tubo	tool_08
Pata exterior	tool_pata(1)	tool_09
Pata interior	tool_pata(2)	tool_10
Sistema visión	SRCamara_laser	Base[2]
Base Robot	Base_robot	Base[1]

**TABLA 3-1**

Esta tabla significa que, por ejemplo, la Base Robot del Cad será la Base [1] en el simulador.



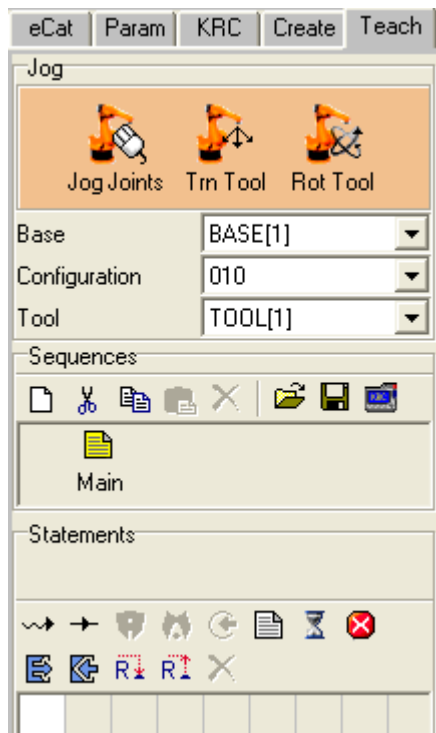


FIGURA 3-1

- Hacemos clic en el botón **“FILL”** para acercar la vista del robot. Seleccionamos en la parte izquierda de la pantalla la pestaña **“Teach”**, como mostraba la **FIGURA 3-1**. A continuación verificaremos que la Base\_01 corresponde a la base del robot y tiene la orientación definida en el archivo CAD.
- Seleccionamos en la pestaña **“Base”** la opción **“Base [1]”** y hacemos clic en el botón **“Trans”** mostrado en la **FIGURA 3-2**, situado entre las funciones para manipulación de objetos.



FIGURA 3-2

- Se mostrará la **FIGURA 3-3** que compararemos con la **FIGURA 3-4**, que fue la definida en el CAD. Deben coincidir ambos sistemas de coordenadas.

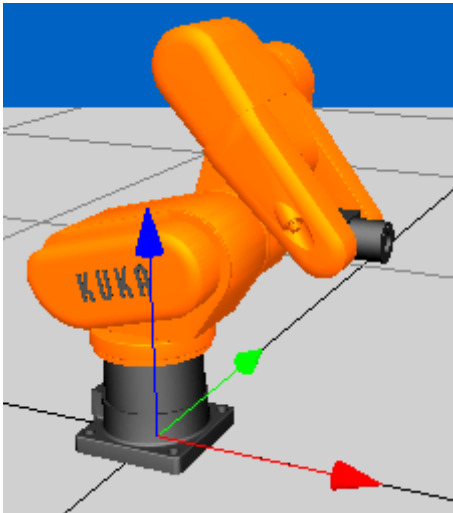


FIGURA 3-3

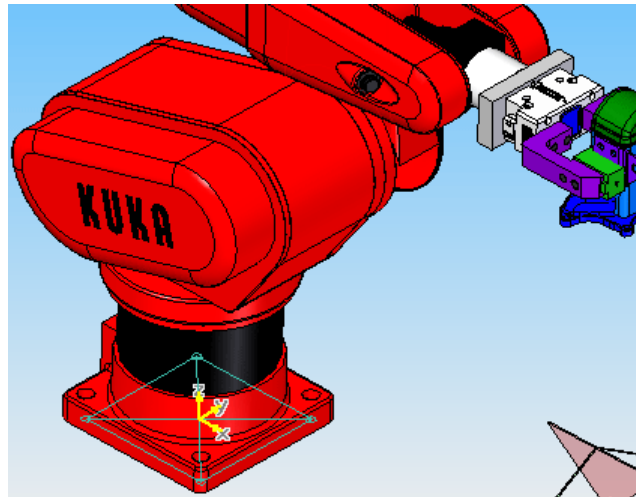


FIGURA 3-4

- Vemos que coinciden los sistemas de coordenadas. El **eje “x”** se corresponde con el eje de color **“rojo”**, el **eje “y”** con el eje **“verde”** y el eje **“z”** con el eje **“azul”**. Guardar el documento en el escritorio para ir salvando los cambios realizados.
- Ahora vamos a definir la posición de la **“Base Láser Cámara”** denominada como **“Base [2]”** con respecto a la **“Base [1]”**. Para estar referidos a la **“Base [1]”** tendremos que estar trabajando en **“Coordenadas Mundiales”**, esto se consigue con el botón situado en la parte inferior de la pantalla mostrado en la **FIGURA 3-5**.

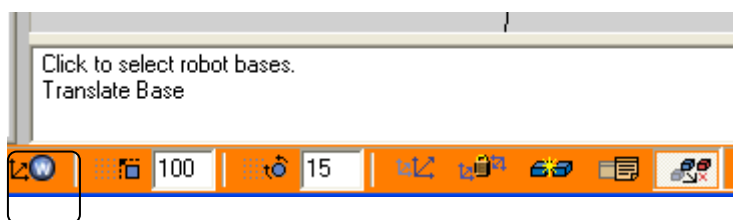
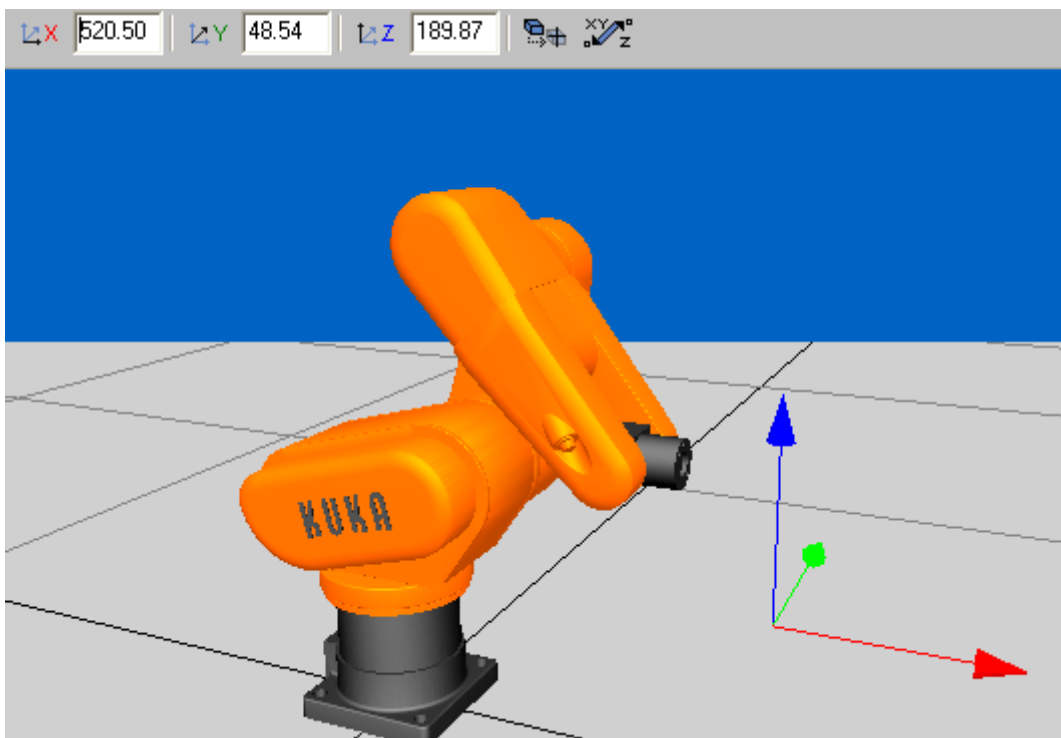


FIGURA 3-5

- Si el botón se encuentra como en la imagen estaremos trabajando con coordenadas mundiales y si lo presionamos pasaremos a trabajar con coordenadas locales.

- Continuamos después de la aclaración con el trabajo haciendo **click** en la pestaña “**Teach**” si no estábamos ya en ella. En el desplegable “**Base**” seleccionamos “**Base [2]**”, hacemos clic en el icono “**Trans**” e introducimos los datos en las casillas de los ejes **X, Y Z**, y en **A, B, C**. Al introducir los datos con decimales deberemos marcar el decimal con un **punto**. Tras introducir cada dato presionaremos la tecla “**intro**” para que el dato quede registrado, para desplazarnos a la siguiente casilla presionaremos la tecla “**Tab**”.
- Como comentamos en la práctica anterior la orientación de los ejes de la “**Base [1]**” y **Base [2]** es la misma, por eso los parámetros **A, B, C**, son cero. Nos quedará una vista como la mostrada en la **FIGURA 3-6**.

**FIGURA 3-6**

- Si queremos que nos **muestre el nombre** de la base o herramienta seleccionaremos en la parte inferior de la pantalla el botón mostrado en la siguiente figura.

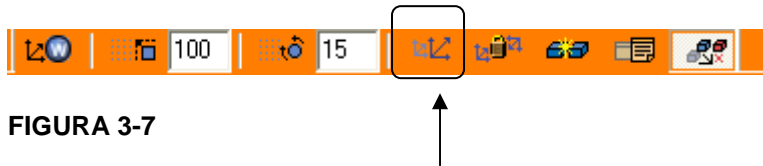


FIGURA 3-7

- Si queremos **visualizar los ejes** de una base o una herramienta deberemos seleccionar la base o herramienta a visualizar y después hacer clic en el botón **“Trans”**.

En este momento ya tenemos definidas nuestras dos Bases del sistema. Pasaremos entonces a definir las herramientas. Para ello el profesor os pasará a cada grupo la **“hoja de resultados”** corregida, para que todos partamos con los mismos valores.

- Empezaremos por definir en primer lugar la herramienta **“Tool\_01”**. Para ello seleccionamos la pestaña **“Teach”**, presionamos el botón mostrado en la **FIGURA 3-5** para pasar a trabajar con coordenadas locales. Comprobamos que esta **Tool\_01** coincide con la orientación definida en el Cad, y sus coordenadas en locales son (0, 0, 0, 0, 0, 0) pulsando los botones **“Trans”** y **“Rot”**.

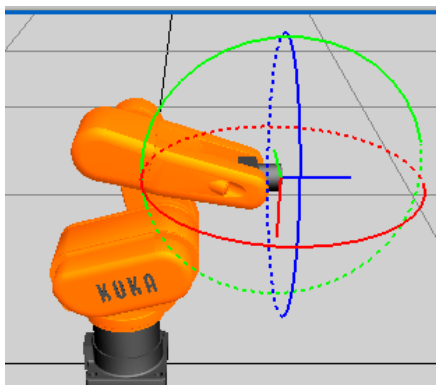


FIGURA 3-8

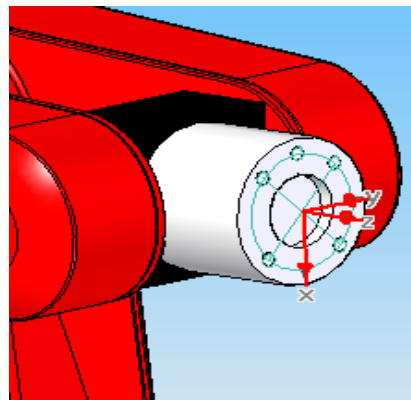


FIGURA 3-9

Vamos a seguir con la definición de todas las demás herramientas. Se mostrará la definición de una de ellas como ejemplo y posteriormente el alumno se dispondrá a definir todas las demás guiándose con el ejemplo.

- En la pestaña “**Teach**” seleccionamos en el desplegable “**Tool**” la “**Tool\_02**”. Hacemos clic en “**Trans**” e introducimos los datos “**X, Y, Z**” de la “**Tabla de resultados**”. Una Vez realizado hacemos clic en el botón “**Root**” e introducimos los valores “**A, B, C**”. En este momento ya tenemos definida la herramienta.

Como os habréis fijado, las dos prácticas se han realizado para una pieza en concreto. Pero con estas prácticas podéis definir cualquier tipo de herramienta o elemento, como por ejemplo una pistola de soldadura.

### ***3.1. Ejercicio 1. Definición del resto de herramientas.***

El alumno realizará la definición del resto de herramientas en el simulador con los procedimientos que se han mostrado.

La orientación de los ejes en el simulador debe coincidir con los ejes que se definieron en el CAD, para comprobar que se está realizando correctamente se muestran las siguientes figuras de CAD con la orientación deseada.

Para ver la relación existente entre la orientación de los ejes de la Tool\_01 y el resto de Tools se muestra la **FIGURA 3-14**. De esta forma podremos comprobar de nuevo los datos que ya obtuvimos del CAD.

- Definición de las herramientas en la base de la pieza, de “Tool\_03” a “Tool\_07”.

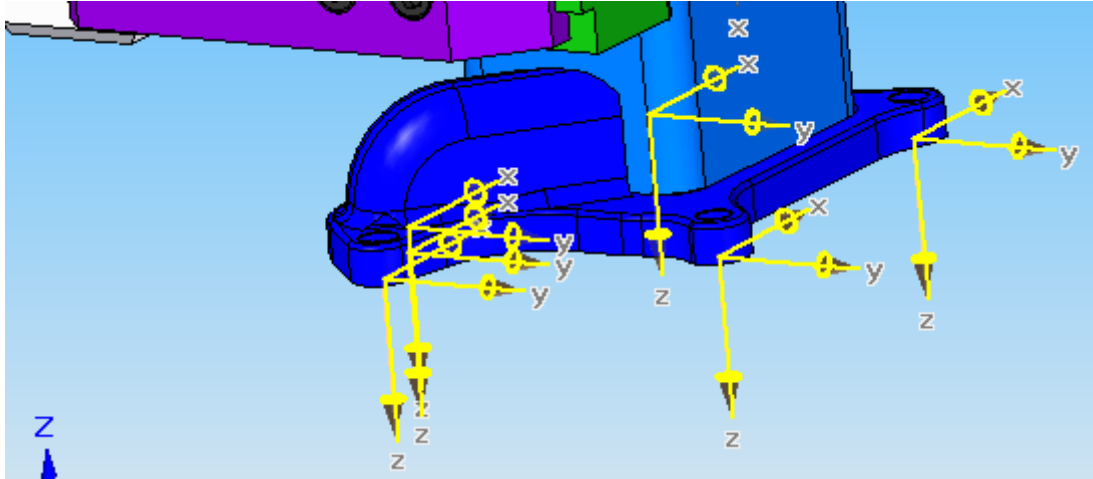


FIGURA 3-10

- Definición de la herramienta “Tool\_Tubo” = “Tool\_08”.

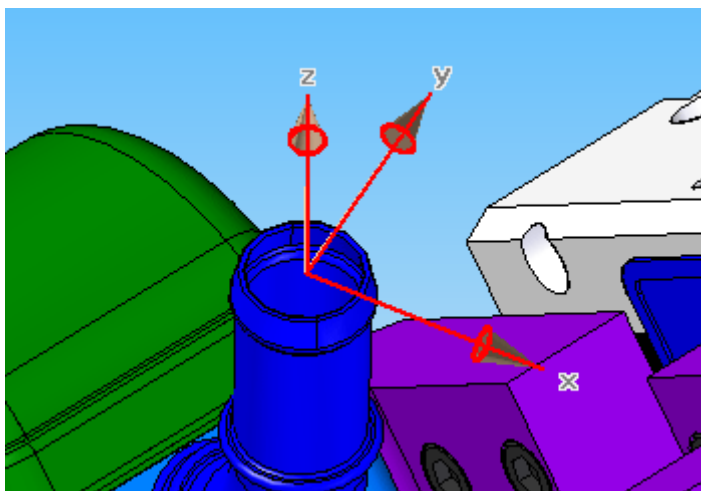


FIGURA 3-11

- Definición de la herramienta “Tool\_pata (1)” = “Tool\_09”.

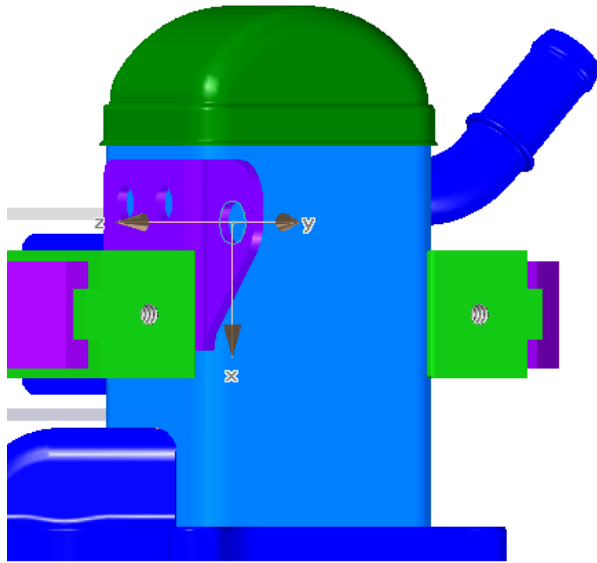


FIGURA 3-12

- Definición de la herramienta “Tool\_pata (12)” = “Tool\_10”.

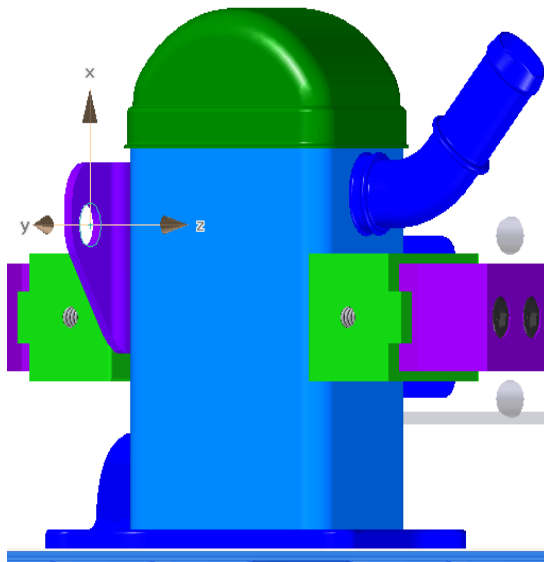


FIGURA 3-13

- Orientación de los ejes de la **Tool\_01** con respecto a todas las demás **Tools**.

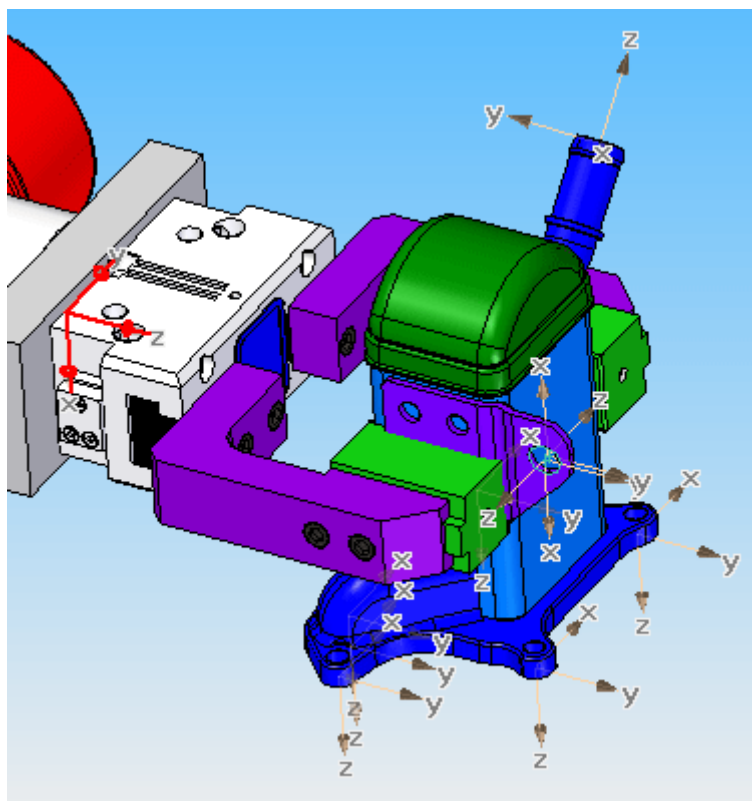


FIGURA 3-14



## 4. COMPROBACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS EN EL ROBOT.

En este apartado realizaremos movimientos de comprobación tanto en el simulador como en el propio robot para comprobar que las herramientas y bases han sido definidas correctamente. Cuando nos refiramos al TCP, nos referiremos a la “tool\_01” herramienta por defecto del robot o “Brida robot”.

### 4.1. Posibles movimientos del robot.

#### ▪ Movimiento punto a punto (PTP).

El robot desplaza el TCP al punto de destino a lo largo de la trayectoria más rápida. La trayectoria más rápida no es, por regla general, la trayectoria más corta y por ello no es una recta. Dado que los ejes del robot se mueven de forma rotacional, las trayectorias curvas pueden ser ejecutadas de forma más rápida que las rectas. No puede predecirse la trayectoria exacta.

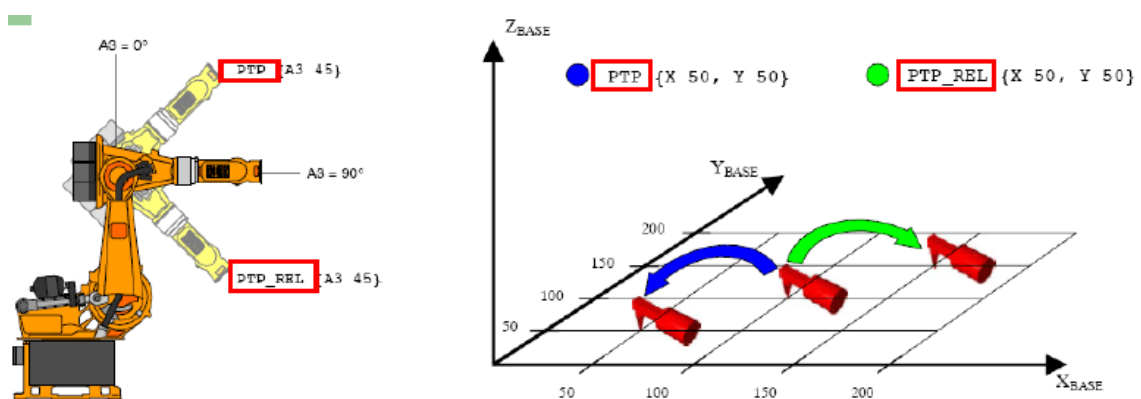


FIGURA 4-1

- **Movimiento lineal (LIN).**

Podemos dirigir la trayectoria del movimiento. El robot conduce el TCP con una velocidad definida al punto de destino a lo largo de la trayectoria más corta. El trayecto más corto es siempre una recta.

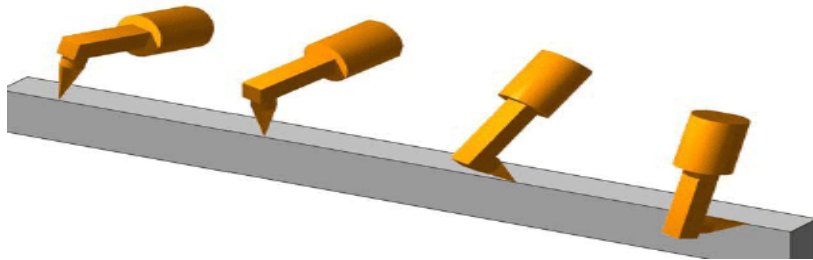


FIGURA 4-2

- **Movimiento circular.**

Como en el movimiento lineal comentado en el punto anterior, el movimiento circular también permite controlar la trayectoria. La trayectoria queda definida por el punto de arranque, un punto intermedio y el punto de destino.

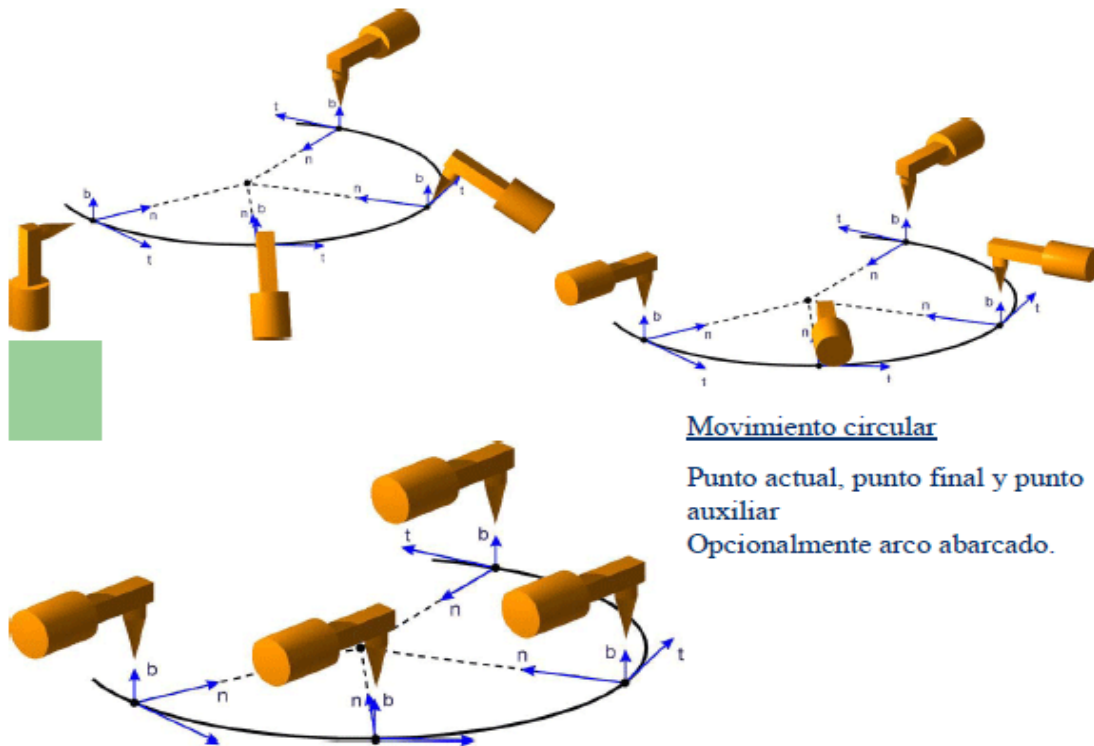


FIGURA 4-3

#### **4.2.Ejercicio 2. Realizar movimientos con el robot en el simulador.**

Empezaremos con la realización de un movimiento en el simulador. Es importante destacar que en el simulador no es posible realizar movimientos circulares, por lo tanto este movimiento sólo lo podremos apreciar cuando estemos trabajando directamente con el robot.

El movimiento que vamos a realizar será un barrido de la tool\_02 en la Base láser cámara para visualizar el movimiento que realizaría en la medición. Si la herramienta está bien definida, el orificio al que está definida debería ser recorrido por el haz láser.

- Vamos a empezar con la simulación del movimiento. Debemos asegurarnos que estamos trabajando en **coordenadas locales**.
- En la pestaña “**Teach**” seleccionamos primero en el desplegable base, “**Base\_02**” y en segundo lugar seleccionamos en el desplegable tool, “**Tool\_02**”.
- Teniendo esta selección presionamos el botón “**Trn Tool**” y grabamos el punto como punto de reposo presionando el botón “**Add Point**” recuadrado de la **FIGURA 4-4**.

- Una vez grabada esta posición pasaremos a definir la segunda posición de la herramienta “**Tool\_02**” en la “**Base\_02**”. Introduciremos en el valor del eje “x” cero, y lo mismo en el eje “y”, el eje “z” lo dejamos de momento y pulsamos de nuevo “**Add Point**”. Este será nuestro punto de aproximación al sistema de visión.

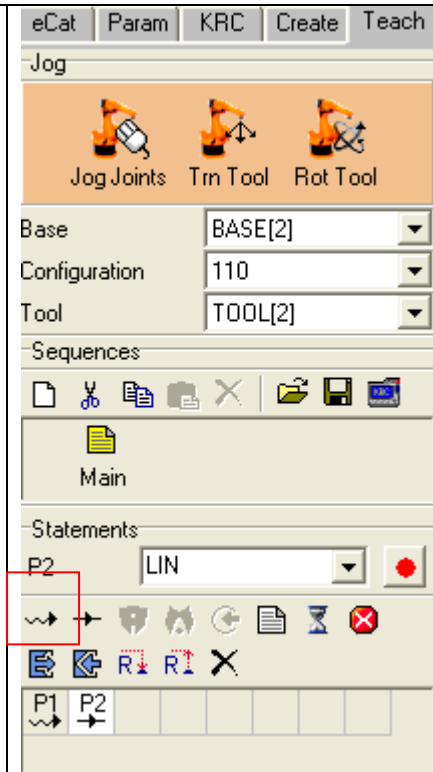


FIGURA 4-4

- Para ver la secuencia de movimientos que estamos realizando podemos ir a los iconos de la FIGURA 4-5 del “**slim speed**” y ver que la secuencia es correcta pulsando primero el botón “**reset**” y posteriormente el botón “**Run/Stop**”.



FIGURA 4-5

- Si en algún momento os equivocáis y queréis borrar la posición de un punto grabado, lo único que debéis hacer es seleccionar ese punto grabado y pulsar el icono “**Delete**”.

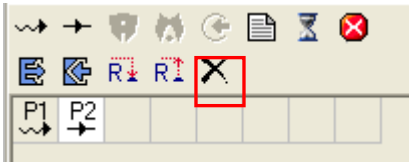


FIGURA 4-6

- Ahora posicionaremos la herramienta en la base del sistema de visión. Para ello volvemos a seleccionar **“Base\_02”** y **“Tool\_02”** - > **“Trn Tool”** y le damos los siguientes valores a los ejes: **“X= 0, Y= 20, Z= 0”** y pulsamos el botón **“Add Linear”** (situado al lado del Add Point). Se realizará un movimiento linear más controlado para situarnos en el punto inicial del barrido.
- En este punto inicial empezamos el barrido. Como veis no posicionamos la Tool\_02 coincidiendo con la Base láser cámara, ya que nuestra intención es que el sistema de visión capte en el barrido todo el orificio.
- El punto final del barrido será: **“X=0, Y=-20, Z=0”** y pulsaremos **“Add Linear”**.
- Por último sacaremos la pieza de la zona del sistema de visión llevándola a un punto de seguridad como por ejemplo: **“X=-20, Y=-20, Z=50”** - > **“Add Linear”**.

Con este ejemplo realizado se deberá programar otro movimiento de otra herramienta para afianzar lo aprendido anteriormente.

### **4.3.Ejercicio 3. Realizar movimientos de comprobación con el robot.**

En este apartado comprobaremos con el robot real que los sistemas de referencia de las herramientas han sido definidos correctamente. Para ello actuaremos de forma muy similar a como trabajamos con la consola en las prácticas de la asignatura FIO y podremos acudir a ellas si tenemos alguna duda acerca del manejo del robot.

- **Conectamos la unidad de control al robot.** Colocamos el interruptor principal de la unidad de control del robot en **ON**. El sistema operativo y la unidad de control (KSS) arrancan automáticamente.
- **Cambiar de grupo de usuario.** Existen los siguientes grupos de usuarios: usuario, experto y administrador. Nosotros trabajaremos en el **“grupo usuario”**.
- Para ello procederemos del siguiente modo:

**Seleccionar secuencia de menú configurar > Grupo de usuario** y presionamos la tecla **“intro”**. En la pantalla se visualiza el grupo de usuario actual.

- **Seleccionar modo de servicio.** Dado que en esta práctica sólo vamos a usar el robot en modo manual seleccionaremos el **modo de servicio T1** (test 1) girando la llave de la consola hasta este modo.
- **El ajuste de ejes estará ya realizado** porque en caso contrario no podría desplazarse a posiciones programadas ni ser movido de forma cartesiana.

El movimiento manual lo realizaremos con las teclas de desplazamiento y podemos realizarlo de dos formas diferentes: desplazamiento cartesiano (el TCP es desplazado en dirección positiva o negativa a lo largo de los ejes de un sistema de coordenadas), o desplazamiento específico de ejes (cada eje puede ser movido en forma individual, en dirección positiva y negativa).

Para hacer un uso correcto de los distintos tipos de movimientos en modo manual nombramos los sistemas de coordenadas con respecto a los cuales vamos a mover el robot:

- Base World, situado por defecto en el pie del robot.
- Base Láser Cámara, situado en el sistema de visión.
- Tool, por defecto situada en la brida del robot.
- Tool\_02. Herramienta que escogeremos como ejemplo para la definición de su sistema de referencia.

En esta práctica, para realizar la verificación realizaremos movimientos manuales con las teclas de desplazamiento.

- Realizaremos el desplazamiento de forma **cartesiana**.
- Seleccionaremos la herramienta definida como “Tool\_02” y la colocaremos en la posición “Base Láser Cámara”. Si el equipo de visión está operativo y hemos definido bien la herramienta, podremos realizar una **primera comprobación**, el láser incidirá en el orificio y en la pantalla donde se muestre la imagen de las cámaras veremos el orificio.
- Ahora procederemos a mover los ejes uno a uno para verificar la definición del sistema. **Mantendremos pulsado el pulsador de hombre muerto.**

- En la barra de estado derecha se indican las siguientes **teclas de estado**:
  - **X, Y, Z**: para los movimientos lineales a lo largo de los ejes del sistema de coordenadas seleccionado, en nuestro caso Tool\_02).  
**Comprobaremos la traslación en los tres ejes.**
  - **A, B, C**: para los movimientos de rotación alrededor de los ejes del sistema de coordenadas seleccionado. **Comprobaremos la rotación en los tres ejes.**
- Pulsar la tecla de **estado positiva** o **negativa** para mover un eje en dirección positiva o negativa respectivamente.





Escuela  
Universitaria  
Ingeniería  
Técnica  
Industrial  
**ZARAGOZA**



# ***ANEXO 4.***

## ***CUESTIONARIO DE PRÁCTICAS.***

*Zaragoza, SEPTIEMBRE 2011.*

**AUTOR: VÍCTOR MARTÍNEZ YAGÜE.**

## CUESTIONARIO DE PRÁCTICAS.

<b>Grado:</b> _____
<b>Curso actual:</b> _____ <b>Grupo nº:</b> _____

Marque con una X la puntuación que considere más acorde con las prácticas recibidas (1 muy deficiente, 5 excelente)

<b>PROFESOR</b>					
	1	2	3	4	5
Claridad en la explicación					
Disposición para aclarar dudas					
Dominio de los conceptos					
Amenidad en la práctica					
Comentarios					

<b>INSTALACIONES</b>					
	1	2	3	4	5
Iluminación					
Limpieza					
Comentarios					

<b>PRÁCTICA</b>					
	1	2	3	4	5
Instalaciones					
Equipos disponibles					
Equipación de la zona del robot					
Amenidad					
Importancia de los conceptos explicados					
Comentarios					

<p>¿Le han parecido interesantes los conceptos explicados en la práctica?</p> <p>¿Recomendaría a sus compañeros realizar esta práctica porque le ha parecido interesante?</p> <p>¿Cree que se podría realizar alguna mejora para que la práctica fuese más completa?</p> <p>¿Cómo calificaría esta práctica de forma global del 1 al 10?</p>
---