



Escuela
Universitaria
Ingeniería
Técnica
Industrial
ZARAGOZA



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

Zaragoza, SEPTIEMBRE 2011.

AUTOR: Víctor MartínezYagüe.

DIRECTOR: Francisco Javier Brosed.

ESPECIALIDAD: Ingeniería Técnica Mecánica.

DOCUMENTO 1/2

MEMORIA

RESUMEN DEL TRABAJO REALIZADO.

El proyecto consiste en el diseño de un puesto de prácticas con un robot y un soporte para un sistema de visión y la realización de tres guiones de prácticas que servirán como punto de partida cuando el puesto esté creado.

El diseño se divide en dos partes: una es el diseño de la zona de trabajo del robot compuesto por un verjado de seguridad que delimite la zona de trabajo y los sistemas de seguridad que eviten posibles accidentes. El segundo es el diseño de un soporte de visión artificial y elección de los equipos que lo conforman con el que, en futuros proyectos tras modelar y calibrar estos equipos, se puedan utilizar para la realización de mediciones de piezas con geometría compleja. El robot utilizado será el modelo KUKA KR3 propiedad de la Universidad de Zaragoza.

Los guiones de prácticas incluyen: las medidas de seguridad en la zona de trabajo del robot, la definición de bases y herramientas en Solid Edge, el trabajo a realizar en el simulador KUKA Sim y movimientos de comprobación de las bases y herramientas definidas. Con ello se pretende que los alumnos aprendan a utilizar las bases y herramientas para definir los movimientos de un robot y que conozcan los riesgos existentes en el trabajo con los mismos.

Con la construcción de este puesto de prácticas existirá la posibilidad de que otras asignaturas como: Tecnología mecánica, Fundamentos de la tecnología eléctrica, Automatización industrial, Seguridad y Prevención de Riesgos en procesos industriales, entre otras, puedan realizar también prácticas en este puesto.

ÍNDICE:

1. INTRODUCCIÓN.	6
1.1. Marco del proyecto.....	6
1.2. Objetivos y alcance del proyecto.....	9
1.3. Ubicación.	10
1.4. Resumen del presupuesto.	10
1.5. Realizador del proyecto. Fecha y Firma.....	12
2. CONOCIMIENTOS PREVIOS.....	13
2.1. Robot utilizado para las prácticas.	14
2.2. Uso de bases y herramientas con el robot.....	16
2.3. Movimientos del robot.	20
2.4. Funcionamiento de los sistemas de visión artificial.....	21
3. EXPLICACIÓN DEL PUESTO DE PRÁCTICAS.	26
3.1. Diseño de la zona de trabajo del robot.....	26
3.1.1. Introducción.	26
3.1.2. Alcance del robot KR3.	28
3.1.3. Puerta de acceso.	31
3.1.4. Interruptor de seguridad.....	31
3.1.5. Entrada de la pieza en la zona de trabajo.....	35
3.1.6. Seguridad en el área de riesgo.....	35
3.1.7. Elementos indicativos. Dispositivos lumínicos.	36
3.1.8. Dispositivos de paro de emergencia.	37
3.1.9. Conclusiones y resumen del presupuesto.	37
3.1.10. Búsqueda de información.....	39
3.2. Diseño del soporte de medición.....	40

MEMORIA

3.2.1.	Introducción.	40
3.2.2.	Láser.	46
3.2.2.1.	Introducción.	46
3.2.2.2.	Láseres posibles para el diseño del conjunto.	47
3.2.2.3.	Tabla resumen de los láseres.	51
3.2.2.4.	Elección del láser.	52
3.2.2.5.	Enlaces visitados para la obtención de información.	52
3.2.3.	Cámara web.	53
3.2.3.1.	Introducción.	53
3.2.3.2.	Webcams posibles para el diseño del conjunto.	54
3.2.3.3.	Tabla resumen características Webcams.	57
3.2.3.4.	Elección de la Webcam.	59
3.2.3.5.	Enlaces visitados para la obtención de información.	59
3.2.4.	Diseño del soporte formado por dos cámaras y un láser.	60
3.2.4.1.	Despiece soporte montado.	63
3.2.4.2.	Despiece conjunto cámara.	66
3.2.4.3.	Despiece conjunto láser.	71
3.2.4.4.	Tabla resumen. Piezas a fabricar y piezas comerciales.	74
3.2.4.5.	Montaje del soporte.	75
3.3.	Definición de bases y herramientas para la medición de las piezas. .	76
3.3.1.	Fase inicial.	77
3.3.2.	Definición de bases.	78
3.3.3.	Definición de herramientas.	81
3.3.4.	Trabajo con los robots.	85
3.3.5.	Desarrollo del trabajo en el robot KR3.	89

MEMORIA

3.3.6. Desarrollo del trabajo en el robot KR5.	90
4. PRESUPUESTO.	92
4.1. Presupuesto zona de trabajo del robot.	92
4.2. Presupuesto soporte de visión.	94
4.3. Presupuesto del equipo de medición.	95
4.4. Resumen del presupuesto.	95
5. EXPLICACIÓN DE LA REALIZACIÓN DE LOS GUIONES DE PRÁCTICAS.	96
5.1. Introducción.	96
5.2. Objetivos de las prácticas.	96
5.3. Forma de trabajo y asignación de tiempos a las sesiones.	97
6. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO.	99
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.	99

1. INTRODUCCIÓN.

1.1. *Marco del proyecto.*

El proyecto surge a raíz de varios proyectos de investigación realizados por el Departamento de Fabricación de la Universidad de Zaragoza, en base al “Modelado de un robot manipulador antropomórfico de seis ejes y de un sensor de triangulación láser para la medición de piezas de geometría compleja” y de los conocimientos y prácticas existentes en la asignatura FIO (Fabricación Integrada por Ordenador).

Estos proyectos exponen el modelado de un sensor óptico por triangulación láser integrado con un robot manipulador para la medición de piezas de geometría compleja. El modelo del sistema integrado tiene en cuenta el sensor y la geometría del manipulador así como la posición relativa de los elementos durante el proceso de medición.

Con el desarrollo de estos proyectos las empresas de un sector productivo tan competitivo y estratégico para nuestra economía como es el de la automoción y su industria auxiliar, sujeto a niveles de exigencia cada día más elevados, podrán disponer de mejores sistemas de inspección en línea de alto rango y altamente funcionales a un precio económico, lo que permitirá elevar su grado de competitividad garantizando la calidad del 100% de sus productos para diversos criterios a un coste de inspección asumible e intentando conseguir los cero defectos.

MEMORIA

Las prácticas y conocimientos impartidos en la asignatura FIO nos van a servir como punto de partida ya que contienen conocimientos acerca del manejo del robot, declaración de bases, declaración de herramientas y otros aspectos relacionados con la robótica.

Con la realización de este proyecto se pretende crear un puesto de prácticas para el manejo de un robot manipulador antropomórfico de seis ejes que se asemeje a los puestos de trabajo de robots que existen hoy en día en las empresas. Además del manejo del robot se ha realizado el diseño de un soporte de visión que con el desarrollo de este proyecto sólo servirá para realizar las comprobaciones de la asignación de bases y herramientas tanto al soporte como a la pieza. Dejaremos como trabajo futuro la creación, calibración y modelado del soporte de visión para que los alumnos puedan realizar prácticas de medición con el equipo diseñado.

El puesto de prácticas contará con una zona segura donde trabaje el robot de KUKA, modelo (KR3). En este puesto los alumnos aprenderán los elementos de seguridad necesarios y los métodos de trabajo que rigen en las empresas que trabajan con uno o varios robots.

También será necesario enseñar las instrucciones necesarias para trabajar con programas de CAD, en este caso utilizaremos Solid_Edge para la definición de bases y herramientas, y aprenderán también a utilizar el simulador que proporciona KUKA, para realizar pruebas del manejo y movimientos del robot, antes de realizar los movimientos con el robot físico.

Todas estas acciones se realizarán en el mismo aula donde está situado el robot ya que está provista con todo el soporte informático necesario.

MEMORIA

Como se ha comentado de forma introductoria, el puesto de prácticas se ha diseñado lo más parecido al mundo laboral, intentando que su coste sea el menor posible, pero con unas especificaciones mínimas para que los alumnos comprendan todos los conocimientos que se les quiere transmitir en las prácticas. El diseño del soporte se ha creído apropiado realizarlo con elementos cotidianos que nos rodean hoy en día, como son el láser y las webcam, demostrando a su vez que para investigar no es necesario poseer unos equipos muy sofisticados y caros sino tener claro qué es lo que se quiere conseguir y los requisitos mínimos para obtener los resultados previstos. Estos resultados previstos son el aprendizaje de los alumnos. Para otro tipo de investigaciones más técnicas estos elementos se quedarán escasos y será necesario utilizar unos equipos con unas características superiores.

1.2. *Objetivos y alcance del proyecto.*

Este proyecto tiene un objetivo global que es la creación de un puesto de prácticas. Como antecedentes a este proyecto hay creadas unas prácticas del manejo del robot en la asignatura de FIO y una serie de trabajos realizados por el departamento de Fabricación de la Universidad de Zaragoza, comentados anteriormente y expuestos de una forma más extensa en el anexo 2 “Conocimientos previos”. En este proyecto se han abordado los siguientes objetivos:

- Diseño de una zona segura para que trabaje el robot.
- Diseño del soporte de medición.
- Creación de los guiones de prácticas.

El alcance del proyecto es el diseño del puesto de prácticas y el desarrollo de los guiones de prácticas. Estos guiones de prácticas serán tres y contendrán información acerca de la seguridad en la zona de trabajo del robot, definición de bases y herramientas en Solid Edge y por último el trabajo con el simulador KUKA Sim y el robot. Como sólo se ha diseñado y no se ha creado, quedará para futuros proyectos todo lo relacionado con el análisis de imagen del equipo de medición, la puesta en marcha de la construcción del puesto y la puesta a punto del puesto de prácticas.

1.3. *Ubicación.*

El lugar donde se va a situar el puesto de prácticas será en el edificio Torres Quevedo de la Universidad de Zaragoza, Área de de Fabricación, sala donde ya se encuentra situado el robot KR3 y se realizan actualmente las prácticas de la asignatura FIO. Esta sala también dispone de equipos informáticos para la realización de las prácticas que requieran su utilización.

1.4. *Resumen del presupuesto.*

Este resumen del presupuesto muestra el gasto que supone la creación del puesto de prácticas de forma muy general, en el capítulo 4 de la memoria se encuentra el presupuesto de forma detallada.

Se va a presentar el presupuesto completo del puesto de prácticas y a continuación se presentará otro presupuesto de menor coste adaptado al puesto de prácticas. Éste incluirá una medida de ahorro que consistirá en la sustitución de dos de los lados de la reja por dos paredes del propio aula.

MEMORIA

▪ PRESUPUESTO SIN MEDIDAS DE AHORRO.

Este presupuesto se realiza considerando el vallado de la zona de trabajo del robot colocando la verja alrededor sin tener en cuenta ninguna simplificación.

Descripción	Precio (€)
Zona de trabajo del robot	2005,40
Soporte de visión	64,19
Equipos de visión	53,80

TOTAL	2123,39 Euros
--------------	----------------------

TABLA 1-1. Presupuesto sin medidas de ahorro.

▪ PRESUPUESTO CON MEDIDAS DE AHORRO.

La diferencia entre este presupuesto y el anterior es que hemos introducido unas medidas de ahorro consistentes principalmente en la eliminación de dos de las verjas utilizando las paredes como sustitutas de éstas. Se muestran de una forma más concisa estas medidas de ahorro en el capítulo 3 de la memoria cuyo título es: “Diseño de la zona de trabajo del robot”.

Descripción	Precio (€)
Zona de trabajo del robot	1179,90
Soporte de visión	64,19
Equipos de visión	53,80

TOTAL	1297,89 Euros
--------------	----------------------

TABLA 1-2. Presupuesto con medidas de ahorro.

1.5. *Realizador del proyecto. Fecha y Firma.*

- **VÍCTOR MARTÍNEZ YAGÜE.**

FECHA: SEPTIEMBRE 2011.

FIRMA:

2. CONOCIMIENTOS PREVIOS.

Este apartado contiene un resumen de las especificaciones del robot, una explicación del trabajo con bases y herramientas, y un último apartado con un resumen general del funcionamiento de los sistemas de visión artificial. Se completarán en el “Anexo 2. Conocimientos Previos” para entregar a los alumnos junto con los guiones de prácticas. 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.

Este anexo resume conceptos que los alumnos deberán conocer antes de la realización de las prácticas, bien porque se hayan tratado en clase o porque se establezca como lectura anterior a la realización de las mismas. Debe quedar claro que este anexo son resúmenes de documentos anteriores a la realización del proyecto y en los que no se ha profundizado durante la realización del mismo. Se hace la aclaración en este punto porque el anexo comprenderá temas acerca del sistema de visión que quedan fuera del alcance y objetivos de nuestro proyecto. Esta implementación del conjunto de visión y las diversas formas de medir con los soportes diseñados serán posibles futuros trabajos para completar el objetivo global de la creación del puesto de prácticas.

2.1. *Robot utilizado para las 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 2-1. 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: ± 0.05 mm.
- Peso del robot: 53 kg.
- Montaje: suelo, mesa o techo.

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

TABLA 2-1. Rango y velocidad de movimiento del robot.

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

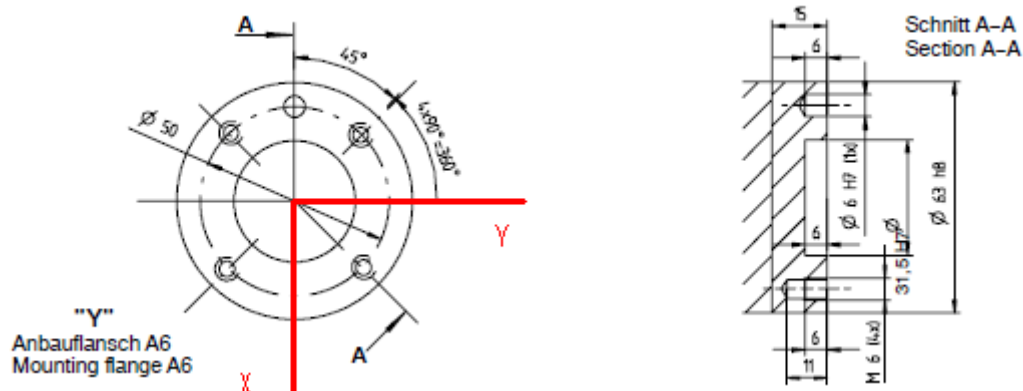


FIGURA 2-2. Brida del robot.

2.2. *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 cómo 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".

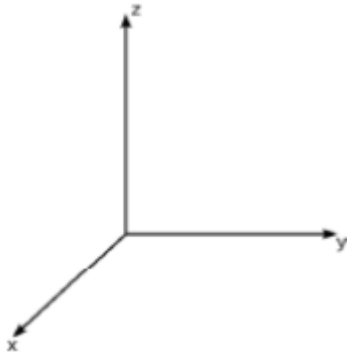


FIGURA 2-3. Sistema de referencia.

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 3×1 (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.

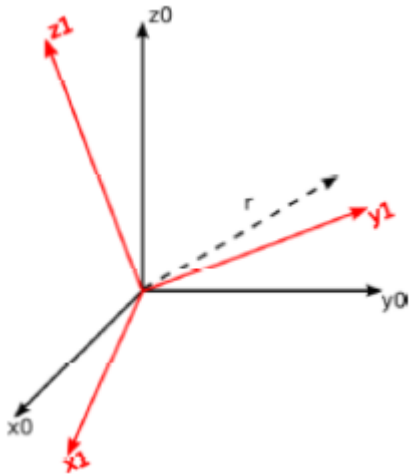


FIGURA 2-4. Dos sistemas de referencia.

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, estos son: X, Y, Z, A, B, C.

- **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, sólo 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.

- **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.

- **Ilustración gráfica de los sistemas de coordenadas de base y herramienta.**

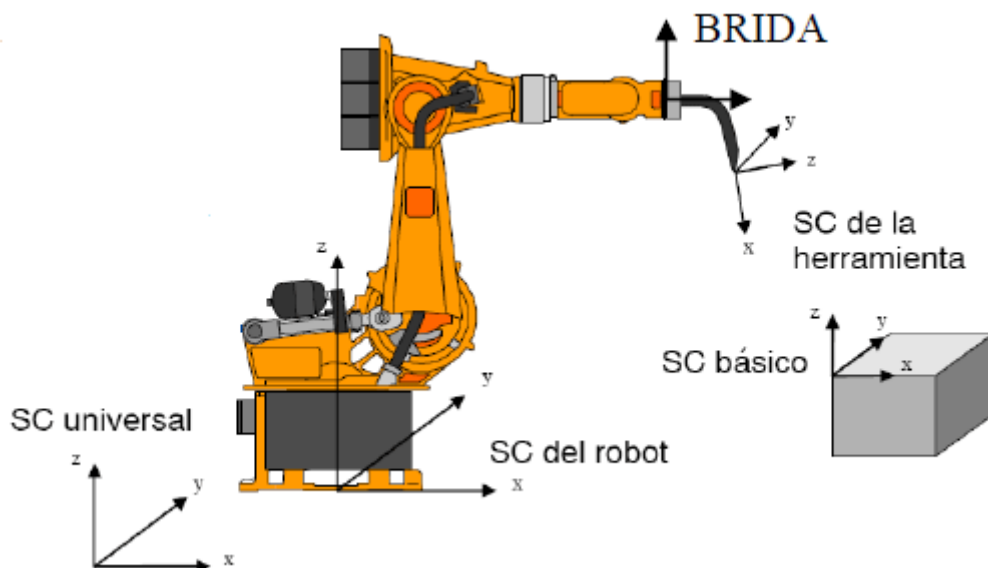


FIGURA 2-5. Sistemas de coordenadas de base y herramienta.

- **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.

2.3. *Movimientos del robot.*

Hay tres tipos de movimiento que se podrán realizar con el 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.

- **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.

- **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.

2.4. *Funcionamiento de los sistemas de 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

MEMORIA

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 cómo 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.

- **Etapas de un sistema de visión artificial.**

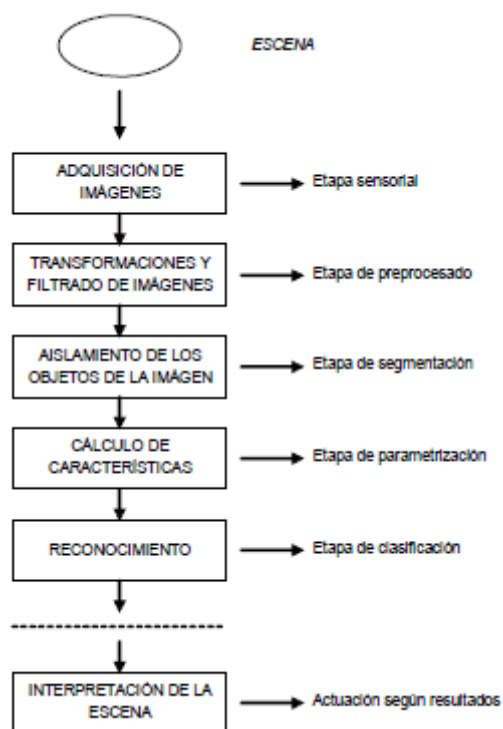


FIGURA 2-6. Etapas de un sistema de visión artificial.

▪ **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.

MEMORIA

- **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 les permita recibir la misma longitud de onda que el subsistema de iluminación, permite centrar la atención de éstas en una región de la imagen donde visualizar exclusivamente lo deseado, despreciando la exploración del resto.

▪ **Modos de medición.**

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

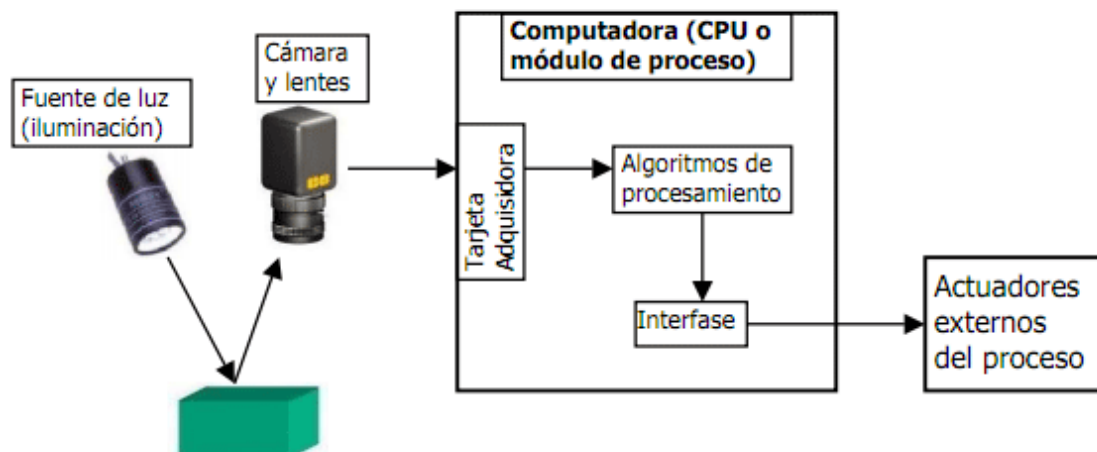


FIGURA 2-7. Medición cámara y láser.

- 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 inconvenientes como sombras en el elemento que dificulten el análisis de la imagen.

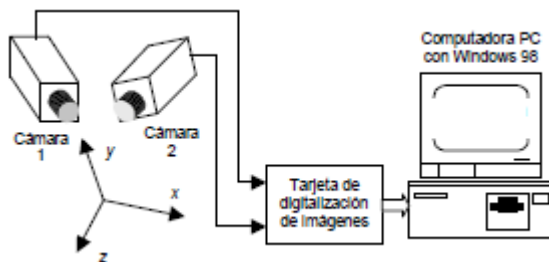


FIGURA 2-8. Medición con dos cámaras.

- Con la utilización de **dos cámaras y un láser** obtendremos una imagen para la medición del elemento en **3D** utilizando el 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.

En el apartado de diseño del soporte de medición podremos apreciar que el soporte puede realizar cualquiera de estos modos de medición comentados anteriormente.

3. EXPLICACIÓN DEL PUESTO DE PRÁCTICAS.

Este puesto de prácticas contiene dos elementos principales: la zona de trabajo del robot y el soporte de medición. Ambos han sido diseñados para la futura creación de este puesto de prácticas y a continuación los iremos desglosando y explicando.

3.1. *Diseño de la zona de trabajo del robot.*

3.1.1. Introducción.

Para el diseño de la zona del trabajo del robot existen diversas formas. En nuestro caso, se ha realizado un diseño muy extendido en la industria que trabaja con robots. Consiste en una verja o 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 derivados del trabajo con robots. La forma que escogeremos para proteger esta zona será la de limitar el perímetro del alcance del robot mediante verjas de seguridad. En el interior de la verja, además del alcance del robot, dejaremos un espacio para poder realizar acciones de mantenimiento, puesta a punto, etc... siempre con las medidas de seguridad pertinentes que comentaremos a continuación.

MEMORIA

Este tipo de cerramientos permite aislar la zona peligrosa, permitiendo a la vez la visibilidad de los equipos.



FIGURA 3-1. Verja o reja de protección.

Las dimensiones del cerramiento han de ser adecuadas al tipo de riesgo existente y al robot instalado. El sistema de protección tiene en cuenta la relación entre la altura y la anchura de los cuadrados que conforman la rejilla de la verja con el propósito de que una vez cerrada esta instalación no haya posibilidad de acceder a la zona peligrosa salvo por los accesos controlados y destinados a ellos. 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, debajo, alrededor, detrás o a través del mismo cuando permanece correctamente ubicado.

3.1.2. Alcance del robot KR3.

Las siguientes figuras muestran con imágenes esquemáticas el alcance del robot KUKA (KR3). Este alcance muestra la posición más alejada que puede alcanzar la brida del robot tanto diametralmente como en altura referenciándolas a la base del robot situada en la bancada.

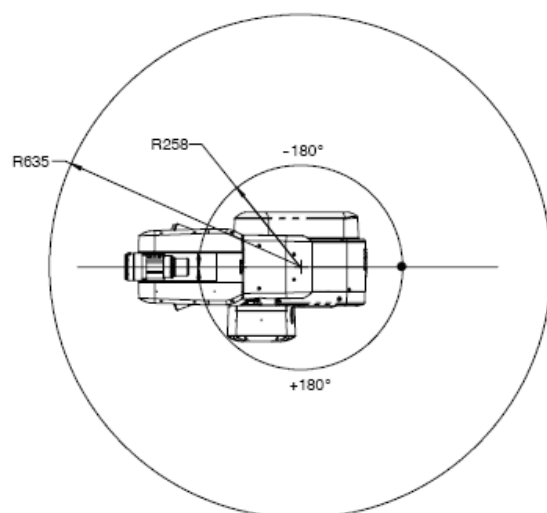
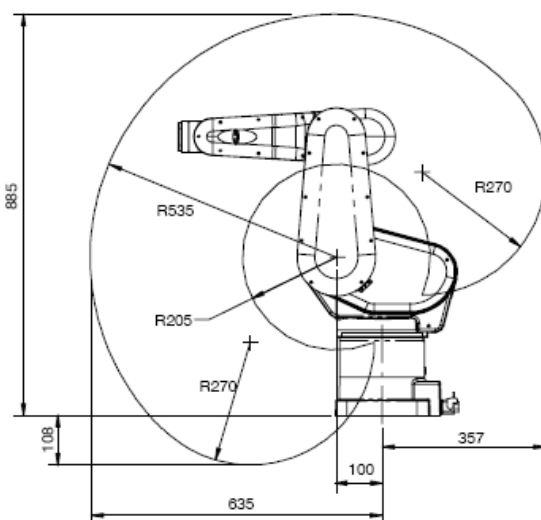


FIGURA 3-2. Alcance en altura del robot KR3. **FIGURA 3-3. Alcance del robot KR3.**

MEMORIA

La altura máxima de alcance del robot mostrada en la **FIGURA 3-2** 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 verja, **la altura de la verja será de 2000 mm.**

La zona de alcance perimetral del robot mostrado en la **FIGURA 3-3** 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 verja 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.

Como tratamos con un área docente, la automatización del proceso de medición en cuanto a tiempos y flujos de material no es importante 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 que podría realizarse, sino que hemos decidido que se puedan introducir varias piezas a medir, y cuando se termine con estas piezas, se pare el robot y se cambien por otras. Por lo tanto en nuestra celda tendremos **un solo punto de acceso que será la puerta de entrada de personal.**

Este cerramiento y todos los accesorios necesarios para su montaje han sido escogidos del catálogo del proveedor KAISER+KRAFT.

En la **FIGURA 3-4**, podemos apreciar la forma esquemática de la celda de trabajo que hemos diseñado con los distintos elementos que la forman.

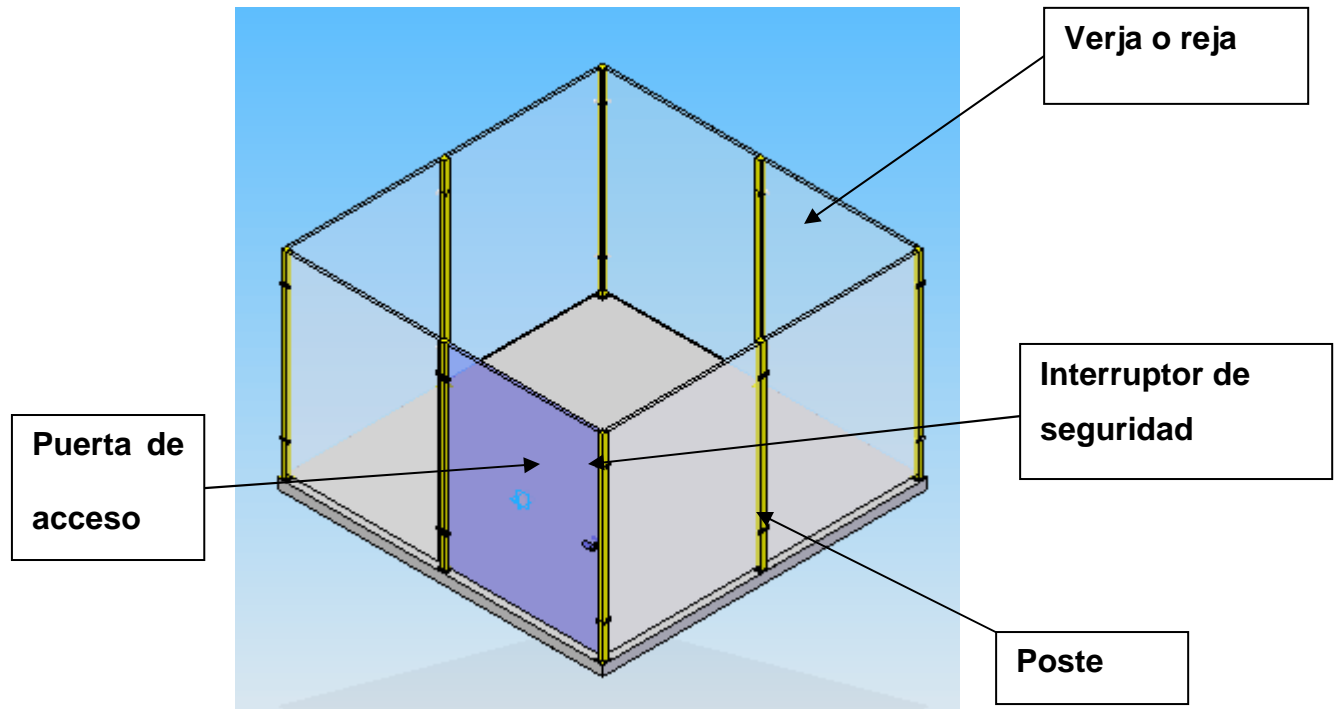


FIGURA 3-4. Diseño CAD de la zona de seguridad.

El coste de materiales necesarios para la construcción de la verja de protección del recinto de trabajo del robot será el siguiente:

Precio:

- 4 postes esquineros: 4 x 78,3 €.
- 4 postes centrales: 4 x 70,9 €.
- 1 puerta sencilla (anchura 1500 mm): 103,4 €.
- 7 verjas (anchura 1500 mm): 7 x 149,6 €.

3.1.3. Puerta de acceso.

Será el único punto de acceso por el que los alumnos podrán entrar a la zona de trabajo del robot, 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 verja que dificulten la visibilidad del interior de la zona de trabajo del robot.

En la puerta de acceso irán instalados dos interruptores de seguridad. La colocación se realizará en la parte superior e inferior de la puerta, asegurando la posición en la que se encuentra la puerta, abierta o cerrada. 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.

3.1.4. Interruptor de seguridad.

Como se podrá apreciar con más detalle en el anexo 3 (Guiones de prácticas), práctica 1 “Seguridad en la zona de trabajo del robot”, hay diversos tipos de interruptores de seguridad. Para nuestro caso hemos decidido escoger para el diseño los interruptores de seguridad de tipo mecánico PSENmench del proveedor Pilz.

Estos interruptores se utilizan para la supervisión segura de un resguardo móvil. Cuando se abre un dispositivo de protección, en nuestro caso la puerta, los interruptores de seguridad se disparan y el movimiento peligroso del robot cesa mediante una parada de emergencia interna del robot. La mayor fuerza

MEMORIA

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.

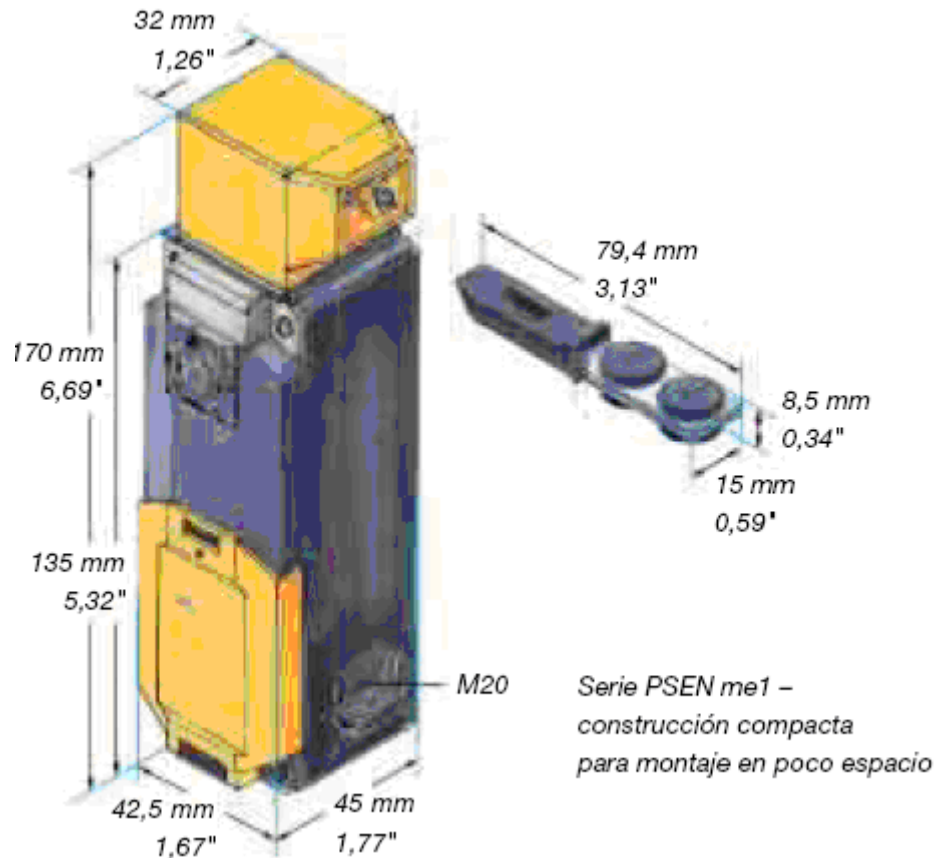


FIGURA 3-5. Interruptor PSENmench.

Precio PSEN me 1S: 2 x 111,5 € = 223 €.

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

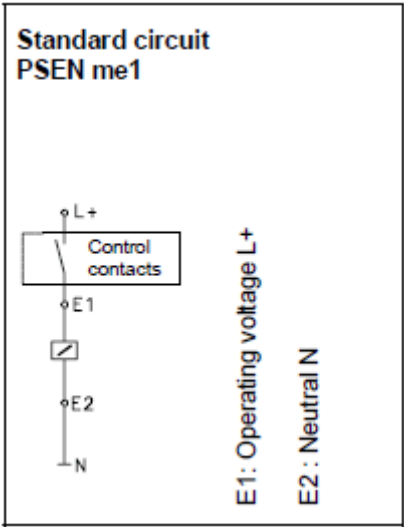


FIGURA 3-6. Circuito del interruptor.

El esquema de la figura indica que cuando el interruptor esté cerrado dará una señal y cuando esté abierto no emitirá ninguna señal. Una vez tenemos claro que el interruptor es el encargado de enviar la señal, lo siguiente que nos falta es un receptor que la reciba, la interprete y dé la orden de actuación pertinente al robot.

Para que esto sea posible se podrían dar varias soluciones posibles: la primera de ellas sería conectar un autómatas entre el interruptor y el robot para que recibiendo la señal del interruptor enviase la orden de actuación al robot.

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

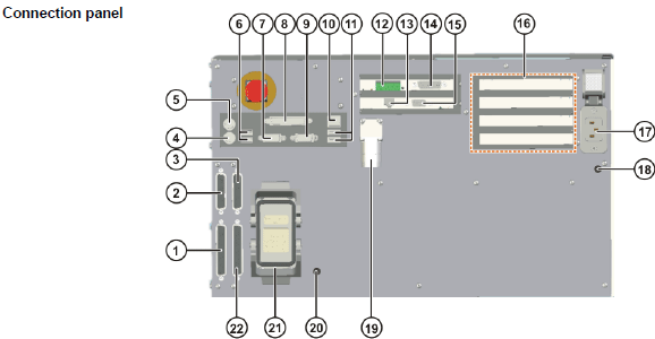


Fig. 2-16: Interfaces

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

FIGURA 3-7. Conector X11.

Este conector tiene un número definido de entradas y salidas que interactúan con el robot según unas señales. En el esquema de la FIGURA 3.8 podemos apreciar que hay dos canales de seguridad:

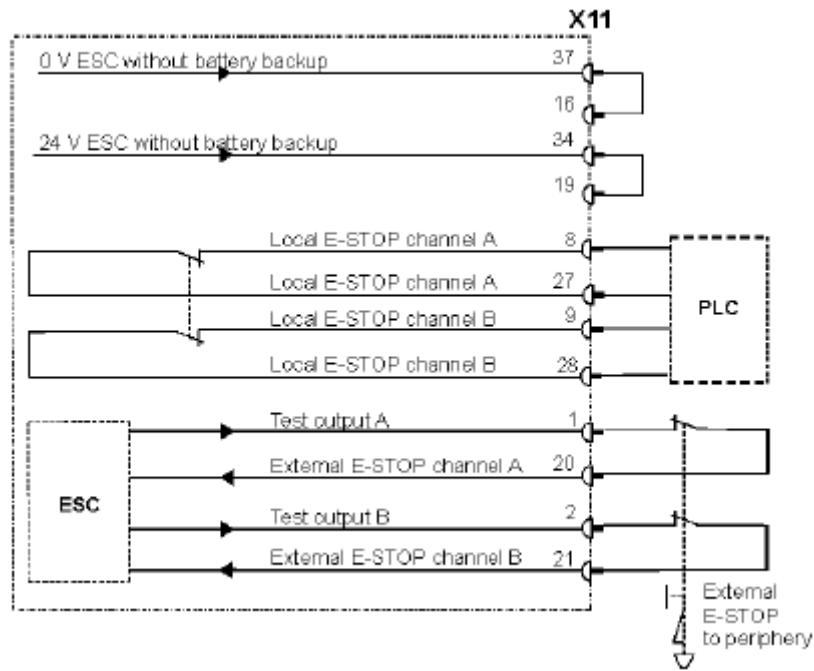


FIGURA 3-8. Esquema del conector X11.

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 enviará una señal para que el robot realice una parada de emergencia.

Para poder volver a trabajar se tendrá que cerrar la puerta y resetear la alarma.

3.1.5. 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. 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 el alumno no entre en la zona de trabajo será habilitar un hueco en la verja de la zona de trabajo por el que pueda coger la pieza.

Como hemos comentado anteriormente, las piezas a medir se dejarán ya dentro de la zona de trabajo, así que el aporte de material no se efectuará desde el exterior. No obstante en el anexo 3 mostraremos a los alumnos posibles formas de realizar un aporte de material desde el exterior de la zona de trabajo sin interrumpir la acción que esté realizando el robot.

3.1.6. Seguridad en el área de riesgo.

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

MEMORIA

paro de emergencia de la consola que llevará consigo la persona situada en el interior.

3.1.7. 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, hay 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 el diseño de nuestro puesto de prácticas, sólo será necesario indicar con un dispositivo lumínico de color los momentos en los que el robot esté en movimiento. El robot ya tiene un dispositivo lumínico naranja en la parte superior de su cuerpo que se enciende mientras el robot se mantiene en movimiento, por lo tanto aprovecharemos para conectarlo al dispositivo lumínico que situaremos en la verja.



FIGURA 3-9. Dispositivo lumínico de tres colores



FIGURA 3-10. PIT si 1.1 muting lamp.

Precio:

- PIT si 1.1 muting lamp: 35 €.

3.1.8. Dispositivos de 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 necesario añadir ninguno, ya que tenemos dos de instalados, y con los cierres de la puerta la seguridad del puesto de prácticas queda garantizada. La localización se encuentra: uno en el panel de mando del robot y otro en la consola del robot.



FIGURA 3-11. Dispositivo de paro de emergencia.

3.1.9. Conclusiones y resumen del presupuesto.

Toda la información mostrada en este documento acerca de la seguridad y prevención en el área de trabajo de robots, es un resumen de la información contenida en el anexo 3 de las medidas de prevención que pueden ser instaladas en el puesto de prácticas.

Ya que esta instalación se realiza para docencia este puesto de prácticas podrá adecuarse a la realización de prácticas de alguna asignatura que no se haya contemplado en este proyecto, como prevención de riesgos, electrónica, automatización de procesos, metrología, dejando un campo muy amplio de posibilidades de utilización. También hay que destacar que como en todo lo

MEMORIA

que hay que invertir dinero, se ha intentado diseñar la zona de trabajo del robot con el menor coste posible de la instalación.

Por lo tanto simplificaremos al máximo la instalación pero asegurando que cumple con los requisitos para que los alumnos comprendan el modo de funcionamiento de cada uno de los elementos y cómo es la zona de trabajo simplificada de un robot que el día de mañana los alumnos encontrarán en las empresas adecuándonos lo máximo posible a la norma.

Cabe destacar que cuando se lleve a cabo la implementación de este puesto de prácticas podrá ser susceptible de cambios en cuanto a los elementos que la conforman debido a que la Universidad puede contar con ofertas de proveedores asociados pero estará guiado por este diseño.

- Los **elementos** indispensables a **instalar** serían:
 - Verja de seguridad para la zona de trabajo del robot.

Coste:

4 postes esquineros: $4 \times 78,3 \text{ €} = 313,2 \text{ €}$.

4 postes centrales: $4 \times 70,9 \text{ €} = 283,6 \text{ €}$.

1 puerta sencilla (anchura 1500 mm): 103,4 €.

7 verjas (anchura 1500 mm): $7 \times 149,6 \text{ €} = 1047,2 \text{ €}$.

- Interruptores de seguridad para el cierre de la puerta.

PSEN me 1S: $2 \times 111,5 \text{ €} = 223 \text{ €}$.

- Dispositivos lumínicos.

PIT si 1.1 muting lamp: 35 €.

COSTE TOTAL DE LA INSTALACIÓN = 2005,4 €.

MEMORIA

Dado que el coste de la instalación es un poco elevado, podríamos mencionar una medida de ahorro que hiciese rebajar el coste de la instalación.

El plan de ahorro que se propone es buscar una colocación de la zona de trabajo de tal forma que dos de los lados de la verja sean una pared y de esta forma sólo tendríamos que comprar la mitad de las protecciones:

- **1 postes esquineros: 1 x 78,3 € = 78,3 €.**
- **2 postes centrales: 2 x 70,9 € = 141,8 €.**
- **4 verjas (anchura 1500 mm): 4 x 149,6 € = 598,4 €**

Ahorro = 818, 5 €

COSTE TOTAL CON EL PLAN DE AHORRO = 1186,9 €.

3.1.10. Búsqueda de información.

- Catálogo Kaiser-Kraft. Verja de protección. www.kaiserkraft.com
- Catálogo Brühl. Verjas y elementos de seguridad.
- Guía técnica de seguridad en robótica. Gobierno de Aragón.
- Robots corporativos. Universidad de Cataluña.
- BOE 155. Normativa.
- Catálogo Pilz. Elementos de seguridad.
- Catálogo Jokab Safety. Elementos de seguridad.
- Fegemu automatismos. Alfombras de seguridad.
- Cerramientos de seguridad: <http://www.interempresas.net>
- Cerramientos de seguridad: <http://www.logismarket.es>
- Seguridad instalaciones robotizadas: <http://www.oni.escuelas.edu.ar>
- Riesgos laborales: <http://www.leia.es>

3.2. *Diseño del soporte de medición.*

3.2.1. Introducción.

En este apartado de la memoria se va a explicar el diseño que se ha realizado del soporte que conforma el conjunto de medición. Mostraremos cada una de las piezas que requieran ser fabricadas y cada una de las piezas comerciales utilizadas. Este documento se complementa con el anexo 1 que contiene todos los planos.

Antes del diseño del soporte fue necesario elegir las cámaras y el láser que iban a ser utilizados para el diseño. En el apartado 3.2.2 de este documento se comentarán las propiedades requeridas para las cámaras y el láser, y también la decisión tomada para escoger una de ellas para la realización del diseño.

Para este diseño es necesario destacar la importancia del peso de todo el conjunto, ya que la idea principal era diseñar un soporte muy versátil y que pudiese ser acoplado tanto a la brida del robot como a la mesa en la que se encuentra apoyado el robot. Por este motivo el peso no debe alcanzar los tres kilogramos, límite de carga superior especificado por el fabricante del robot.

Además del peso, otro aspecto que debíamos tener en cuenta era que el coste económico del soporte fuese el menor posible, pero con todas las prestaciones necesarias para que los alumnos comprendan el funcionamiento de un sistema de visión para medición. En el momento del diseño del soporte es donde tenemos que pensar cómo queremos que sea el soporte final, pensar en diseños sencillos ya que siempre que se deba fabricar una pieza hay que ser muy consciente de cómo fabricarla. Si es muy compleja, es lógico que los procesos, máquinas y herramientas necesarios eleven el coste de fabricación y por lo tanto aumente el coste económico del soporte. Por eso mismo esta etapa

MEMORIA

del diseño es fundamental y es donde más tiempo se ha invertido ya que, partiendo de una idea principal, se va desarrollando el modelo y una vez que se tiene la visualización global del soporte, se ha de pensar en simplificar cada una de las piezas para su fabricación. A lo largo del documento se citarán algunas aclaraciones del diseño que mostrarán este trabajo realizado con la simplificación de las piezas. El diseño del soporte se ha realizado con un programa de CAD, denominado Solid_Edge con el se han realizado todos los planos contenidos en el anexo 1.

Tras el diseño de fabricación, el siguiente paso al que debemos hacer frente en lo que respecta a un soporte que puede registrar diversas variaciones de posición según nuestras necesidades, es que el montaje sea lo más sencillo posible. Con sencillo nos referimos a que no sea difícil de montar, ni sea muy costoso en cuanto al tiempo invertido en ello, ni sean necesarias herramientas especiales para su montaje. El anexo 1 también contendrá un apartado con los planos que muestren el orden y alguna aclaración del montaje, intentando crear un proceso con el que guiarse.

Por último y dado que el soporte esta diseñado para medir tenemos que tener en cuenta también en el diseño, que una vez montado y calibrado, mantenga esa posición sin alterarse hasta que el usuario así lo requiera para que los datos de la medición sean fiables. En la **FIGURA 3-12** podemos apreciar el soporte al que nos estamos refiriendo en esta introducción.

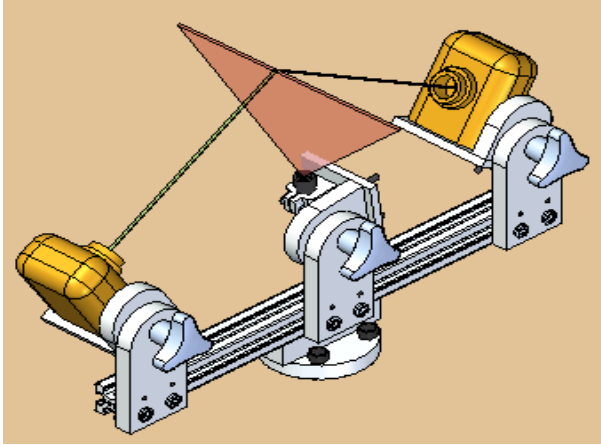


FIGURA 3-12. Soporte de visión.

Por último, mencionar que los distintos montajes que se han pensado en un principio para el soporte son los siguientes. Adjuntamos sus figuras para facilitar la comprensión.

- **Conjunto formado por dos cámaras y un láser situado en la mesa.**

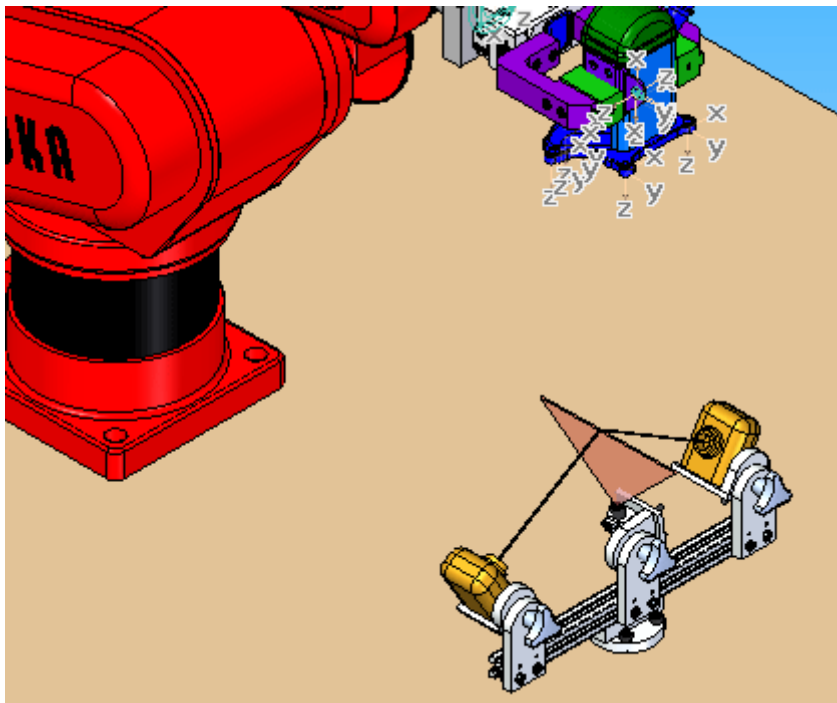


FIGURA 3-13. Conjunto formado por dos cámaras y un láser situado en la mesa.

- Conjunto formado por dos cámaras y un láser situado en la brida del robot.

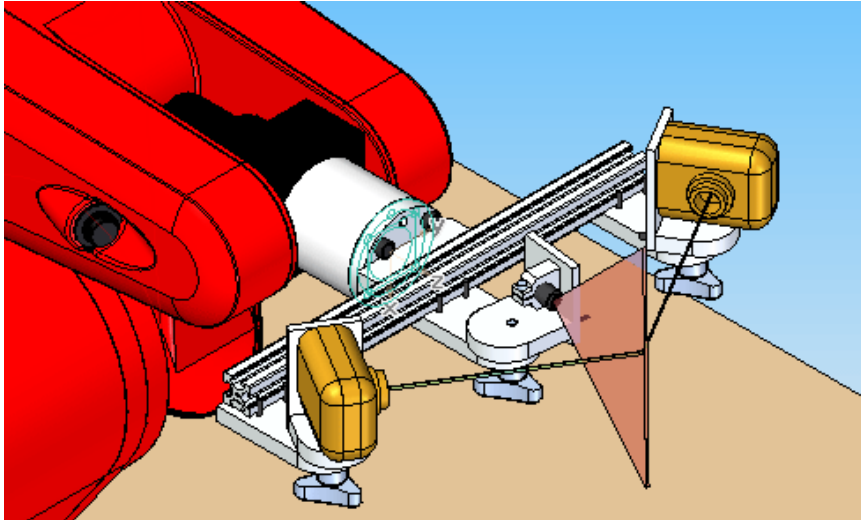


FIGURA 3-14. Conjunto formado por dos cámaras y un láser situado en la brida del robot.

- Conjunto formado por una cámara y un láser situado en la mesa.

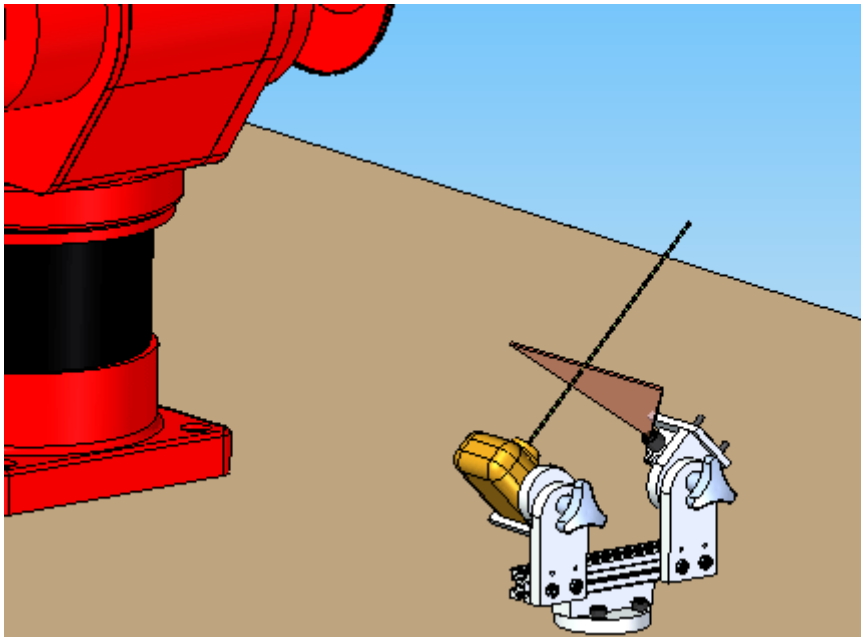


FIGURA 3-15. Conjunto formado por una cámara y un láser situado en la mesa.

- Conjunto formado por una cámara y un láser situado en la brida del robot.

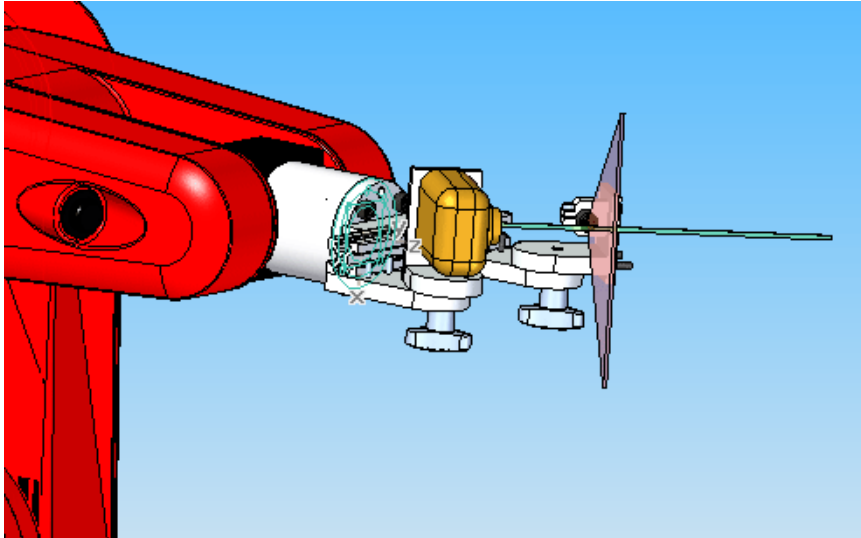


FIGURA 3-16. Conjunto formado por una cámara y un láser situado en la brida del robot.

- Conjunto formado por dos cámaras situado en la mesa.

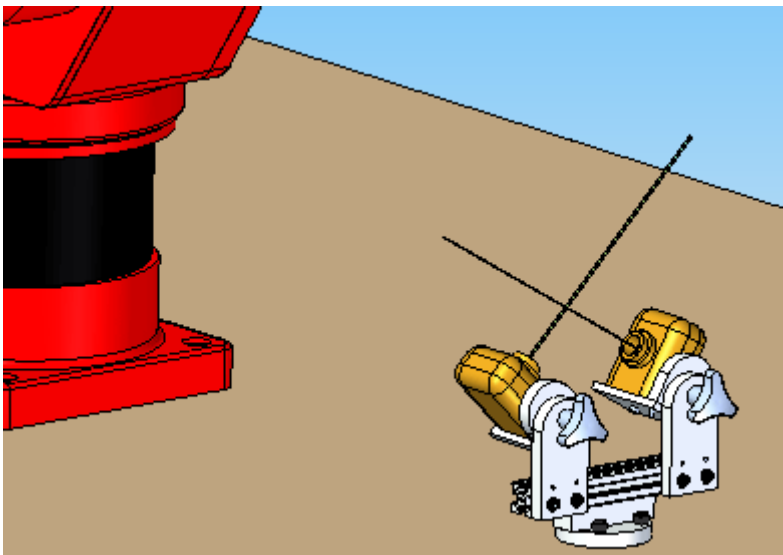


FIGURA 3-17. Conjunto formado por dos cámaras situado en la mesa.

- Conjunto formado por dos cámaras situado en la brida del robot.

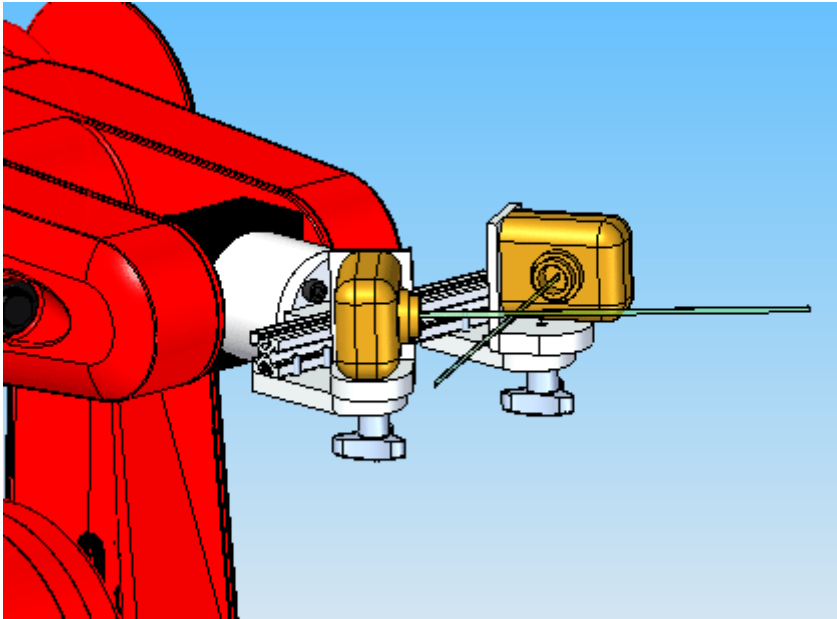


FIGURA 3-18. Conjunto formado por dos cámaras en la brida del robot.

3.2.2. Láser.

3.2.2.1. Introducción.

La palabra “LASER” proviene del acrónimo (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) cuya traducción es: luz amplificada por emisión estimulada de radiación. El láser produce un haz intenso, altamente direccional de la luz. El cuerpo humano es vulnerable a la exposición de determinados láseres y, bajo ciertas circunstancias, la exposición puede causar daño en los ojos y la piel. Las investigaciones relacionadas con los umbrales de daño a ojos y piel se han llevado a cabo con el fin de entender los peligros biológicos de la radiación láser. Ahora es ampliamente aceptado que el ojo humano es casi siempre más vulnerable a las lesiones que la piel humana.

Los láseres pueden emitir radiación en un amplio intervalo de longitudes de onda con potencias o energías de salida muy variables y con una duración temporal que puede ser continua o en impulsos. Además, las distintas aplicaciones condicionan el tiempo de exposición, que es un factor clave para determinar el riesgo.

- **Clasificación de láseres según UNE EN 60825-1 /A2-2002**

La clasificación de un láser en categorías de riesgo permite identificar la peligrosidad del mismo y está basada en el Límite de Emisión Admisible (LEA) para el usuario:

MEMORIA

- **Clase 1:**

Productos láser que son seguros en todas las condiciones de utilización razonablemente previsibles, incluyendo el uso de instrumentos ópticos en visión directa.

- **Clase 2:**

Láseres que emiten radiación visible en el intervalo de longitudes de onda comprendido entre 400 y 700 nm, con una potencia inferior o igual a 1mW. La protección ocular se consigue normalmente por las respuestas de aversión, incluido el reflejo instintivo de cerrar los párpados. Esta reacción puede proporcionar la adecuada protección aunque se usen instrumentos ópticos.

- **Clase 3a:**

Láseres con potencia de <5 mW, cuya visión directa del haz es potencialmente peligrosa.

- **Clase 3B:**

Láseres cuya visión directa del haz es siempre peligrosa (potencia: entre 5 y 500 mW). Estos láseres son potencialmente peligrosos si un haz directo o una reflexión especular es vista con el ojo no protegido.

- **Clase 4:**

Láseres que también pueden producir reflexiones difusas peligrosas (>500mW). Pueden causar daños sobre la piel y pueden también constituir un peligro de incendio. Su utilización precisa extrema precaución.

3.2.2.2. Láseres posibles para el diseño del conjunto.

Se han escogido cinco modelos distintos de láser que satisfagan las necesidades para el desarrollo del puesto de prácticas. Se van a comentar

MEMORIA

algunos requisitos comunes a todos los láseres, y finalmente se adjuntará una tabla resumen con las características particulares de cada uno de ellos.

El primer requisito, común a todos los láseres mostrados a continuación, es que son módulos láser cuya proyección genera una línea. De esta forma en vez de visualizar sólo un punto al iluminar la cara de la pieza a medir, podemos visualizar una línea en la superficie de la cara y, por tanto, se obtendrán un mayor número de puntos para realizar la medición.

El segundo requisito común a todos ellos es que debían tener un precio razonable para la realización del puesto de prácticas con un bajo coste.

A continuación se muestra la imagen de cada uno de los láseres y posteriormente una tabla resumen con las características particulares.

- **LML: Módulo láser proyectando una línea.**

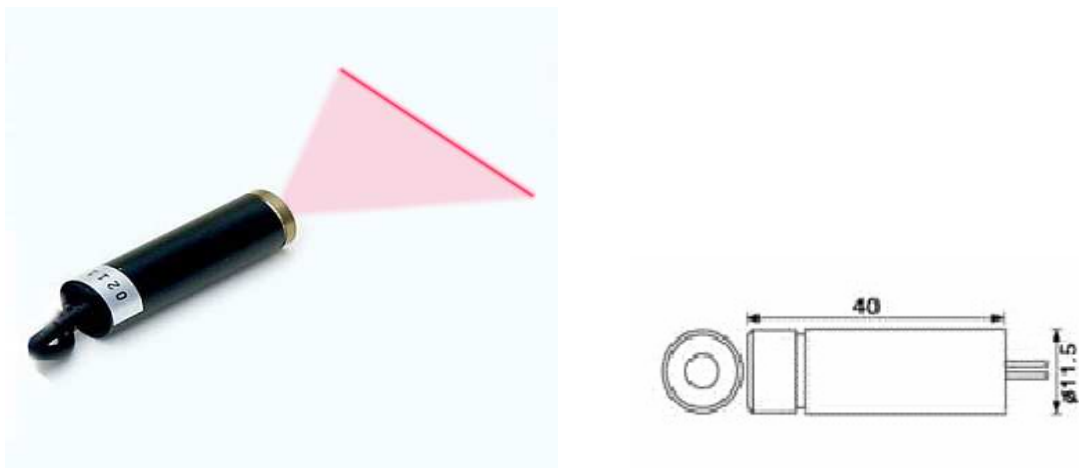


FIGURA 3-19. LML.

- **YCHG-650L: Módulo láser rojo con línea ajustable.**

MEMORIA

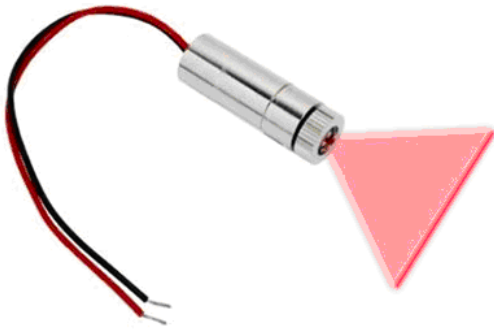


FIGURA 3-20. YCHG-650L.

- LN - 60: Módulo láser proyectando una línea.

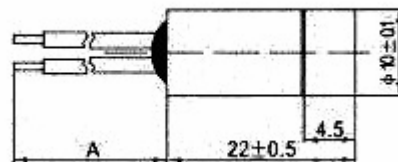
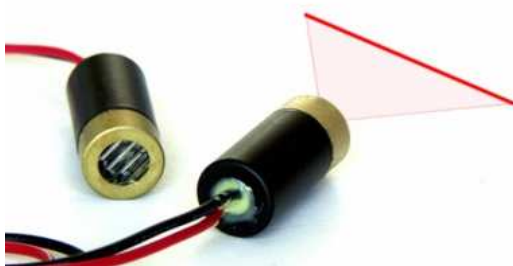


FIGURA 3-21. LN-60.

- 03016AL: Módulo láser ajustable, generador de línea roja.



FIGURA 3-22. 03016AL.

- 03015L: Módulo láser proyecta una línea.



FIGURA 3-23. 03015L.

3.2.2.3. Tabla resumen de los láseres.

	Láser LML	Láser YCHG-650L	Láser LN - 60	Láser 03016AL	Láser 03015L
Tipo de láser:	Clase 2 o 3a	Clase 2 o 3a	Clase 2 o 3a	Clase 2 o 3a	Clase 3a
Longitud de onda:	650nm o 635nm	650nm	650nm o 635nm	650nm	650nm
Potencia:	1 o 3mW	<1mW , <3mW	1 o 3mW	1 o 3mW	<1, < 3mW
Voltaje:	3V DC	3V DC	3V DC	3V DC	3V DC
Amperaje:	35mA	35mA	35mA	30mA	35mA
Tª de la operación:	(-10°C) hasta (+40°C)	(-10°C) hasta (+40°C)	(-10°C) hasta (+40°C)	(-10°C) hasta (+40°C)	(-10°C) hasta (+40°C)
Lente:	Plástica recubierta de A/R		Plástica	2 lentes vidrio ajustable	Plástica
Circuito:	Control autom. de pot(APC)				
Divergencia:	<2,0 mrd	<2,0 mrd	<2,0 mrd	<2,0 mrd	<2,0 mrd
Proyección:	Línea (ángulo de 90°)	Línea (foco ajustable)	Línea (ángulo de 60°)	Línea (ángulo de 110°)	Línea (ángulo de 90°)
Longitud del láser:	40 mm	35 mm	22 mm (+ / - 0,5)	26 mm	20 mm
Diámetro del láser:	11,5 mm	12 mm	10 mm (+ / - 0,1)	12 mm	11 / 12,5 mm
Longitud de los cables:	120 mm	55 mm	100 mm (4 pulgadas)	100 mm	100 mm
Capa exterior:	Metálica	Metálica	Metálica	Latón	Plástica
Precio	<1mW, 650 nm -> 18,75 € <3mW, 650 nm -> 22,45 € <3mW, 635 nm -> 26,25 €	<1mW -> 14,95 € <3mW -> 14,95 €	<1mW, 650 nm -> 11,25 € <3mW, 650 nm -> 11,25 € <1mW, 635 nm -> 14,80 € <3mW, 635 nm -> 14,80 €	<1mW -> 14,95 € <3mW -> 14,95 €	<1mW -> 9,40 € <3mW -> 9,40 €

TABLA 3-1

3.2.2.4. Elección del láser.

Para el diseño del soporte de visión se ha escogido el láser "03015L", principalmente por dos motivos: el primero de ellos es el tamaño, su longitud es la menor de todos ellos, y reduce por lo tanto las medidas del soporte que lo contenga. El segundo es su bajo coste, es el más barato de todos cumpliendo con todos los requisitos establecidos anteriormente.

3.2.2.5. Enlaces visitados para la obtención de información.

- Láseres cuya proyección es un punto:
<http://www.todolasers.com/index.php?route=product/category&path=25>
- Definición del Fan Angle (ángulo de la línea proyectada por el láser):
<http://www.coherent.com/products/?1717/Lasiris-SNF-Lasers>
- Punteros láser:
<http://translate.google.es/translate?hl=es&langpair=en|es&u=http://www.z-bolt.com/fast-browse-all-laser-pointers.html>
- Características y precios de los módulos láser generadores de línea:
<http://www.apinex.com/ret2/Laser-Line-Generators.html>
- Página de venta de láseres:
http://laserpointer.en.alibaba.com/product/387390632-210490751/808nm_Infrared_Laser_Pointer_300mw.html

3.2.3. Cámara web.

3.2.3.1. Introducción.

Se han escogido cinco modelos distintos de webcams que satisfagan las necesidades para el desarrollo del puesto de prácticas. Se van a comentar algunos requisitos comunes a todas las webcams, y finalmente se adjuntará una tabla resumen con las características particulares de cada una de ellas.

El primer requisito común a todas las webcams mostradas a continuación, es que el ajuste del zoom se realice manualmente y no automáticamente, de esta forma la distancia focal de la cámara se mantendrá fija en cada medición y no cambiará, así podremos conocer con exactitud la medida real de la pieza.

El segundo requisito común a todas ellas es que la resolución del sensor sea como mínimo de 640 x 480 píxeles, dado que son webcams comerciales de bajo presupuesto, se estableció como la resolución mínima para la realización de la medición.

Otro requisito a tener en cuenta es que posean botón para instantáneas, ya que facilita la captura de imágenes con una sola acción.

A continuación se muestra la imagen de cada una de las webcams con su precio, y posteriormente una tabla resumen con las características particulares.

Para finalizar, se muestran los enlaces utilizados para la obtención de toda la información.

3.2.3.2. Webcams posibles para el diseño del conjunto.

- **Logitech Webcam C250.**

- **Enlace principal:**

[-http://www.logitech.com/es-es/webcam-communications/webcams/devices/5864](http://www.logitech.com/es-es/webcam-communications/webcams/devices/5864)



PRECIO: 29 €.

FIGURA 3-24. Logitech C250.

- **Microsoft lifeCam VX-1000.**

- **Enlace principal:**

<http://www.twenga.es/precios-LifeCam-VX-1000-MICROSOFT-Webcam-81802-0>



PRECIO: 19 €.


FIGURA 3-25. VX-1000.

MEMORIA

- **Genios i-Look 300.**

- **Enlace principal:**

<http://www.pixmania.com/es/es/3815667/art/genius/ilook-300.html#pix-review>

 <p>FIGURA 3-26. i-Look 300.</p>	<p>PRECIO: 9.95 €.</p>
---	-------------------------------

- **TRUST WB – 1400 – 100K.**

- **Enlace principal:**

<http://www.trust.com/products/product.aspx?artnr=14382>



PRECIO: 12 €.

FIGURA 3-27. Trust WB-1400-100K.

MEMORIA

- **Targus USB 2.0 Webcam.**
 - **Enlace principal:**

<http://www.twenga.es/precios-USB-2.0-Webcam-TARGUS-Webcam-115476-0>



PRECIO: 22.20 €.

FIGURA 3-28. Trust USB 2.0.

3.2.3.3. Tabla resumen características Webcams.

Referencia	Logitech Quickcam C250	LifeCam VX-1000	Genius i-Look 300	TRUST WB-1400T	Targus USB 2.0
REQUISITOS DEL SISTEMA					
Espacio de disco duro, mínimo	200 MB	300 MB	60 MB	32MB	32 MB
Procesador mínimo	1 GHz	550 GHz	1.2 GHz	200 MHz	200 MHz
Memoria interna, mínimo (RAM)	256 MB	256 MB	128 MB	100 MB	32 MB
USB	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Unidad de CD-ROM o DVD-ROM	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Conexión a Internet	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Tarjeta de sonido	Sí	Sí	No	No	No
AUDIO					
Micrófono incorporado	Sí	Sí	No	No	No
CONECTIVIDAD					
Interfaz	USB	USB	USB	USB	USB
Tamaño de cable	1.8 m	1.8 m	2.0 m	2.0 m	2.0 m
Tipo de cable	USB	USB	USB	USB	USB
CONTROL DE ENERGÍA					
USB suministro de corriente	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
VIDEO					
Velocidad de captura en vídeo digital	30 fps	30 fps	30 fps	30 fps	30 fps
SENSOR DE LA IMAGEN					
Resolución del sensor	640 x 480 Píxeles	640 x 480 Píxeles	640 x 480 Píxeles	640 x 480 Píxeles	640 x 480 Píxeles
Tipo de sensor	CMOS	CMOS	CMOS	CMOS	CMOS
ENFOQUE					
Enfoque manual	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
SISTEMA OPERATIVO / SOFTWARE					
Software incluido	Logitech Vid.	Controladores y utilidades	CrazyTalk Avatar Creator, Cam Suite	Video Impresión	Controladores y utilidades
CÁMARA FOTOGRÁFICA					

MEMORIA

Megapixel	1,3 MP	1,3 MP	1,3 MP	1,3 MP	1,3 MP
STILL IMAGE					
Botón para instantáneas	Sí	No	No	Sí	Sí
MEDIDAS					
Anchura	Ø 5 cm	5.6 cm	6.6 cm	8.2(incluido soporte)	3,5 cm
Profundidad		5.3 cm	6.0 cm	6.4(incluido soporte)	5 cm
Altura		6.9 cm	4.9 cm	8.4(incluido soporte)	6 cm
Peso	100 g	95 g	90 g	100 g	80 g
PRECIO					
	29 €	19 €	9,95 €	12 €	22.20 €

TABLA

3-2

3.2.3.4. Elección de la Webcam.

Para el diseño del soporte de visión se ha escogido la webcam “Targus USB 2.0”, principalmente por dos motivos. El primero de ellos es el poco espacio que necesita en el disco duro del ordenador para su funcionamiento junto con unos requisitos del procesador muy bajos. El segundo motivo es su bajo precio, es el más barato de todos ellos cumpliendo con todas los requisitos comentados anteriormente. El tercer motivo es su bajo peso, es la más ligera de todas las webcams elegidas. El cuarto motivo por la que ha sido elegida es por su simplicidad en cuanto a la forma y enganche que nos permite poder sujetarla al soporte con un solo tornillo.

3.2.3.5. Enlaces visitados para la obtención de información.

- Cámaras CMOS industriales:
<http://www.compumodules.com/image-processing/viewbits/high-resolution-usb-2.shtml>
<http://www.compumodules.com/image-processing/viewbits/cmos-megapixel-color-cameras.html>
- Cámaras de video vigilancia:
<http://www.worldyecam.com/store/gv-bx120d-1.3m-h.264-low-lux-d-n-box-ip-camera.html>
- Webcams con enfoque manual:
<http://www.bueni.es/imagen-sonido/webcam-enfoque-manual/4>
- Targus Webcam:
<http://www.twenga.es/precios-USB-2.0-Webcam-TARGUS-Webcam-115476-0>
<http://icecat.biz/sp/p/targus/avc02eu/webcams-5024442863509-usb-20-webcam-643246.html>

3.2.4. Diseño del soporte formado por dos cámaras y un láser.

Nos vamos a basar en el conjunto de visión formado por dos cámaras y un láser para explicar el diseño del soporte de visión ya que es el más completo de los diversos montajes mostrados en las figuras anteriores. Este conjunto consta de tres elementos principales (dos cámaras y un láser), los otros conjuntos mencionados en la introducción constan solamente de dos elementos principales (2 cámaras o cámara y láser), por lo tanto ésa será una diferencia, y otra diferencia es que en vez de montar estos elementos en un perfil de 300mm, podrán ir montados en uno de 100mm para reducir las dimensiones del soporte.

El conjunto completo de visión está creado a partir de cuatro subconjuntos para facilitar el diseño en el programa CAD utilizado (Solid_Edge). Estos conjuntos son los siguientes:

- **Conjunto soporte montado.**

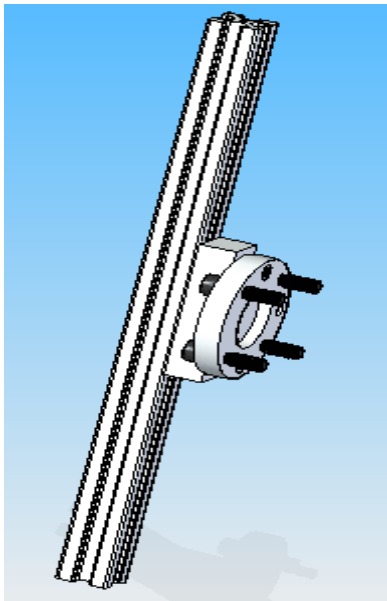


FIGURA 3-29. Conjunto soporte montado.

- **Conjunto láser.**

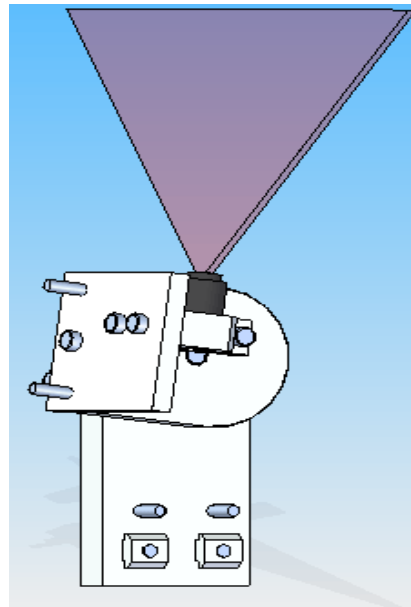


FIGURA 3-30. Conjunto láser.

▪ **Conjunto cámara.**

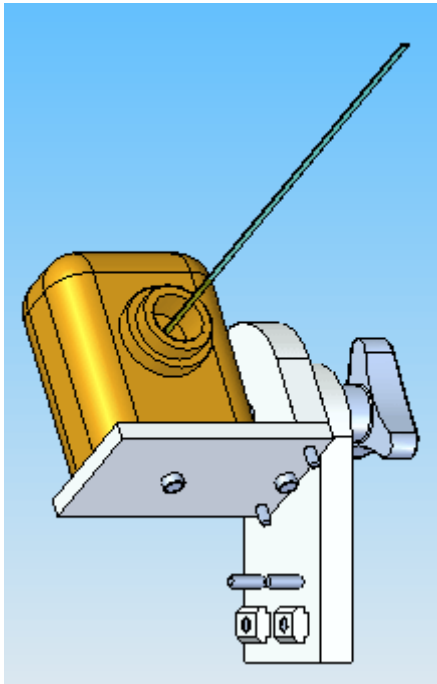


FIGURA 3-31. Conjunto cámara.

▪ **Conjunto cámara girada.**

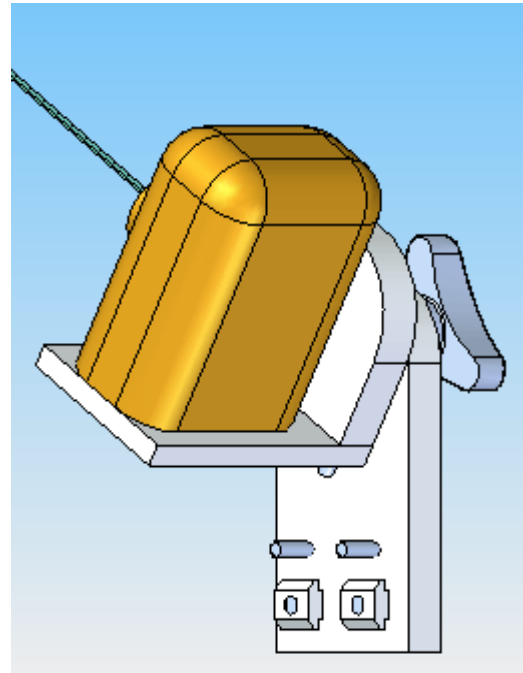


FIGURA 3-32. Conjunto cámara girada.

Los dos conjuntos cámara son muy parecidos pero tienen dos pequeñas diferencias, en el conjunto cámara girada, la posición de la cámara está girada 180° con respecto a la otra cámara, y la orientación del eje óptico de la cámara están 90° el uno respecto del otro.

El utilizar los subconjuntos en este tipo de programas es muy útil para luego realizar montajes distintos ya que los trataríamos como una sola pieza, pudiéndolos ensamblar en conjuntos más amplios.

El despiece del conjunto completo en estos cuatro subconjuntos lo podremos apreciar en el anexo 1 de este proyecto en el plano 1. A continuación se muestra una imagen del despiece del conjunto de visión en los cuatro subconjuntos.

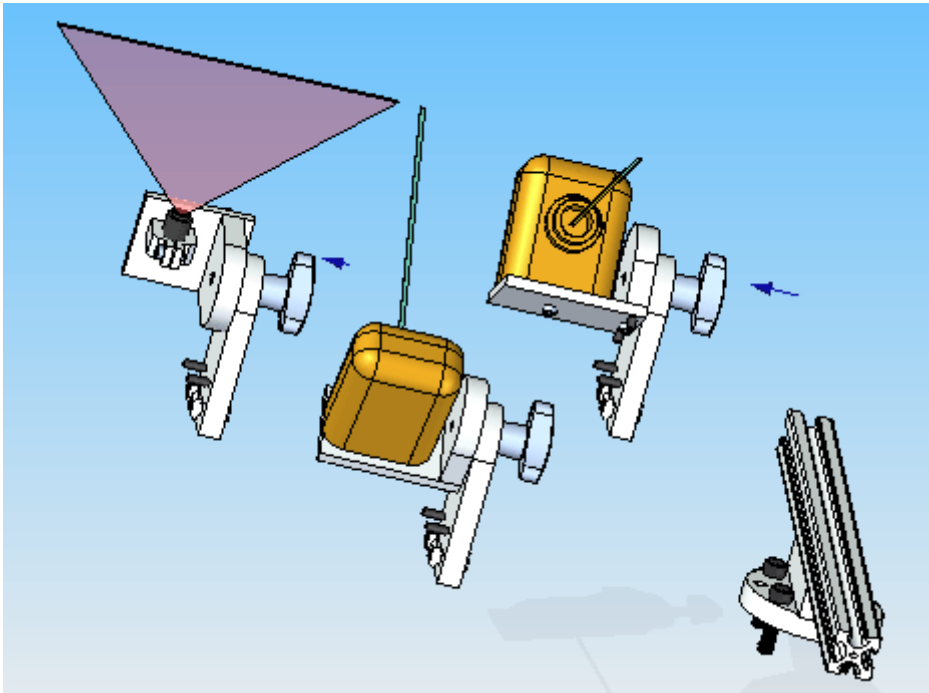


FIGURA 3-33. Despiece del conjunto de visión.

Cada uno de estos subconjuntos contiene piezas comerciales y piezas que serán necesarias fabricar en el taller de fabricación de la Universidad de Zaragoza específicamente para el soporte de visión diseñado. Para esquematizar todos estos datos de cada una de las piezas, hemos visto muy útil el realizar unas tablas que aclaren primeramente el número de piezas que conforman cada subconjunto, algunas son piezas comerciales que necesitaremos comprar y otras será necesario fabricar. En un principio realizaremos una tabla para cada subconjunto diferenciando las piezas que lo conforman en piezas comerciales y piezas a fabricar, para después englobar todas las piezas en una tabla resumen y saber las que se repiten en los subconjuntos y de esta forma conocer el total de piezas a comprar o fabricar de un mismo tipo.

Todas las piezas que se fabriquen se realizarán en aluminio, ya que este material es fácil de mecanizar y ligero en cuanto al peso.

3.2.4.1. Despiece soporte montado.

Este conjunto puede anclarse tanto a la mesa que contiene la bancada del robot como a la propia brida del robot. Para esta segunda opción fue necesario diseñar la pieza para elevar el perfil por cuestiones de montaje, evitar colisiones con el propio robot y poder desplazar el soporte láser y el soporte cámara a lo largo de todo el perfil evitando las colisiones con la pieza “sujeción robot mesa o brida”.

La siguiente figura muestra el explosionado del conjunto “soporte montado”.

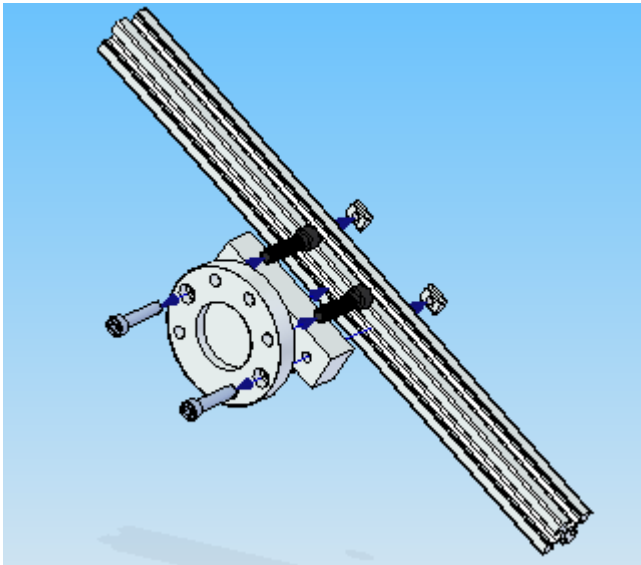


FIGURA 3-34. Explosionado del conjunto “Soporte montado”.

El plano de este despiece se encuentra en el anexo 1, es el **plano 2** denominado “Despiece soporte montado”.

A continuación se muestran las tablas de piezas comerciales y piezas a fabricar del conjunto. Junto con estas tablas se mostrarán imágenes de todas las piezas para poderlas identificar por sus nombres. Aquellas piezas que se repitan en los conjuntos no se volverán a mostrar si ya se ha hecho con anterioridad con el objetivo de no ser repetitivos.

MEMORIA

Antes de comenzar con los desgloses de las piezas comerciales, hay que aclarar que cuando se construya el puesto de prácticas no necesariamente han de ser las piezas comerciales aquí nombradas las que se instalen en el puesto. Sólo deberán cumplir las especificaciones que las definen, aunque el proveedor sea distinto o sean un poco distintas en la forma, si no afecta a lo diseñado podrá ser totalmente válido.

▪ Piezas comerciales.

Designación pieza	Proveedor	Cantidad	Material	ΣPeso (Kg)
Perfil M-BLOKAN F-20x20	ROSE+KRIEGER	1	Aluminio	0,1617
Tornillo allen M6, L 25	Rationalstock	4	Acero	0,0312
Tornillo allen M5, L 25	Rationalstock	2	Acero	0,0114
Unión guía perfil comercial	ROSE+KRIEGER	2	Aluminio	0,0002
Total		7		0,2045

TABLA 3-3

Imágenes de las piezas comerciales.

▪ Perfil M-BLOKAN F-20x20

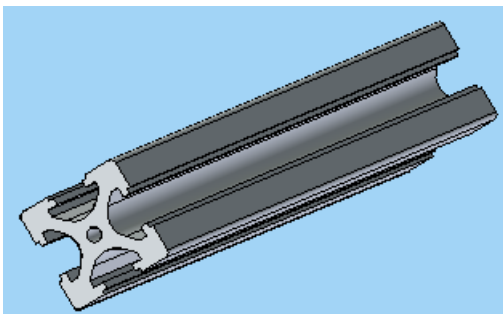


FIGURA 3-35. Perfil M-Blokan F-20x20.

▪ Unión guía perfil comercial

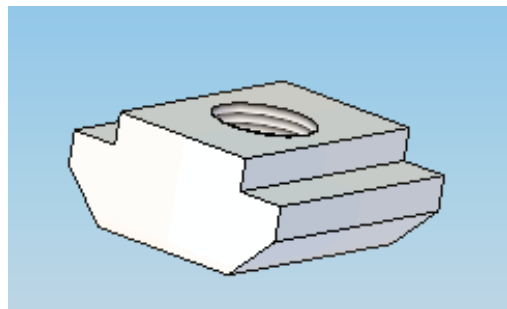


FIGURA 3-36. Unión guía perfil comercial.

MEMORIA

- Tornillo allen M5, L25

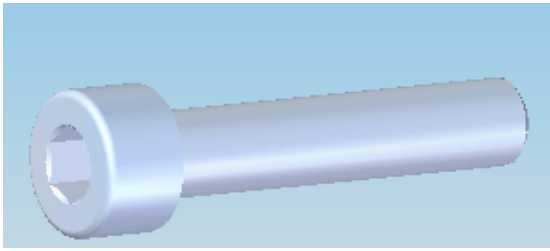


FIGURA 3-37. Tornillo allen M5, L25.

- Tornillo allen M6, L25

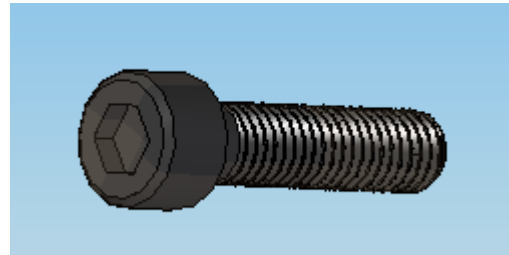


FIGURA 3-38. Tornillo allen M6, L25.

- Piezas a fabricar.

Designación pieza	Cantidad	ΣPeso (Kg)	Plano de pieza
Sujección robot mesa o brida	1	0,0679	Plano 5
Pieza para elevar perfil	1	0,0553	Plano 6
TOTAL	2	0,1232	

TABLA 3-4

Imágenes de las piezas a fabricar.

- Pieza para elevar perfil

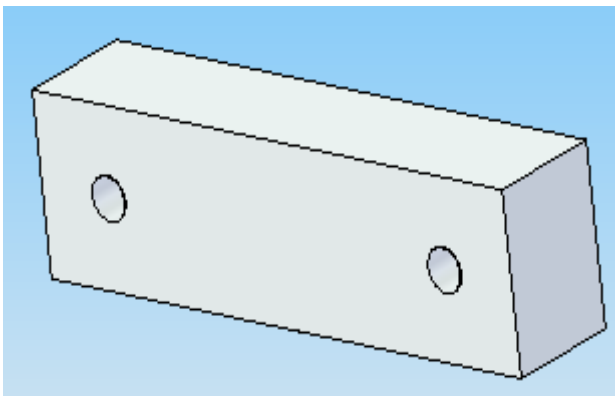


FIGURA 3-39. Pieza para elevar perfil.

- Sujección robot mesa o brida

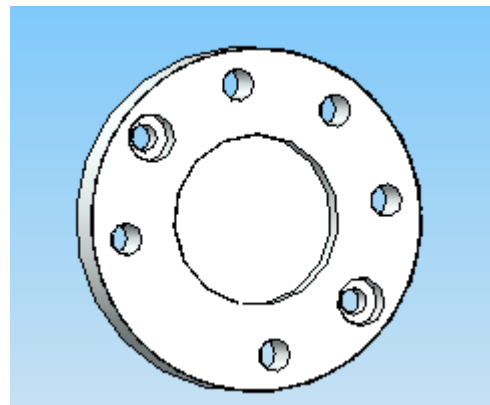


FIGURA 3-40. Sujección robot mesa o brida.

MEMORIA

En la **FIGURA 3-39** apreciamos una pieza con un diseño muy sencillo, se trata de un ortoedro con dos orificios para alojar los tornillos que unan la pieza “sujeción robot mesa o brida” con el perfil.

En la **FIGURA 3-40** apreciamos la pieza que se atornillará, bien a la mesa, bien a la brida del robot. En el caso del montaje en la brida del robot, el círculo central de menor diámetro alojará un casquillo de registro con la brida del robot. El agujero no simétrico de la figura alojará otro casquillo que servirá también para registrar la posición del soporte con la brida. El resto de orificios servirán para alojar los tornillos de sujeción.

3.2.4.2. Despiece conjunto cámara.

La primera aclaración que se debe realizar es que el soporte de visión completo está formado por dos conjuntos “cámara” idénticos en cuanto a las piezas que lo forman.

Por lo tanto en la columna de cantidad estarán incluidas las piezas para formar los dos conjuntos y no sólo uno.

En la realización del diseño se ha procurado que el giro de la base donde se apoya la cámara no estuviese muy elevado con respecto al eje de giro en que se fija la orientación, de forma que el eje de visión de la cámara estuviese lo más cerca posible del eje de giro del soporte para no introducir además del giro una traslación del eje óptico.

Por último mencionar que el soporte valdría para una amplia variedad de cámaras, aunque para la realización del diseño se haya escogido la webcam Targus USB 2.0 entre las cinco propuestas.

MEMORIA

La siguiente figura muestra el explosionado del conjunto “cámara”.

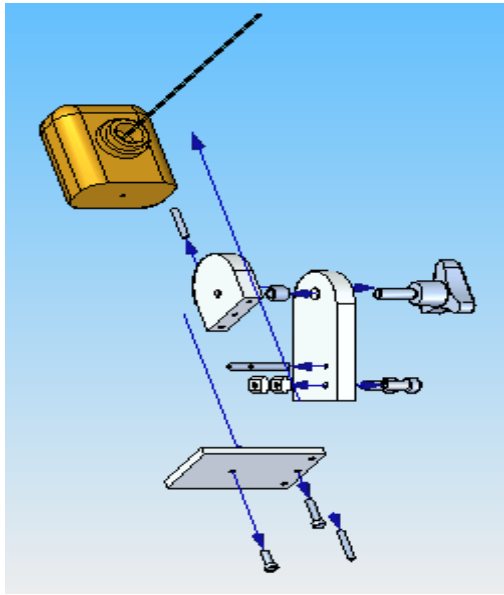


FIGURA 3-41. Explosionado del conjunto cámara.

El plano de despiece de este conjunto se encuentra en el anexo planos, es el **plano 3** denominado “Despiece conjunto cámara”.

▪ Piezas comerciales.

Designación pieza	Proveedor	Cantidad	Material	ΣPeso (Kg)
Casquillo cámara y láser	Rationalstock	1 + 1 = 2	Acero	0,0028
Boutet_tirador_2746i_n(M6, L 20)	Rationalstock	1 + 1 = 2		0,1214
Tornillo allen 4762, M3, L 16	Rationalstock	1 + 1 = 2	Acero	0,0026
Unión guía perfil comercial	ROSE+KRIEGER	2 + 2 = 4	Aluminio	0,0004
Bulón D3, L 20	Rationalstock	4 + 4 = 8	Acero	0,0088
Tornillo allen M5, L 12	Rationalstock	2 + 2 = 4	Acero	0,0149
Tornillo allen M3, L 10	Rationalstock	1 + 1 = 2	Acero	0,0020
Webcam Tragus USB 2.0	Twenqa	1 + 1 = 2		0,1600
Total		32		0,3129

TABLA 3-5

Imágenes de las piezas comerciales.

- **Casquillo cámara y láser**

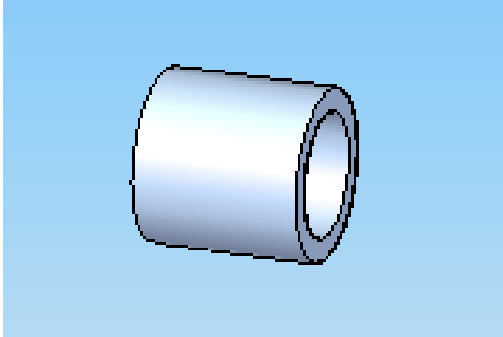


FIGURA 3-42. Casquillo cámara láser.

- **Boutet tirador M6, L 20**

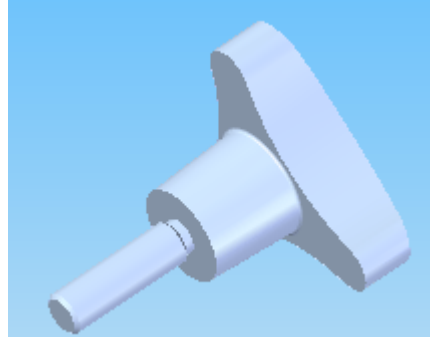


FIGURA 3-43. Boutet tirador.

- **Tornillo M3, L 16**



FIGURA 3-44. Tornillo M3, L 16.

- **Bulón D3, L 20**

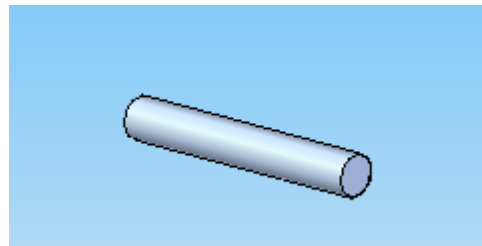


FIGURA 3-45. Bulón D3, L 20.

- **Tornillo M5, L 12**

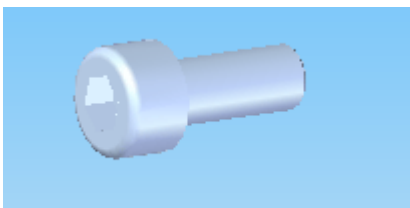


FIGURA 3-46. Tornillo M5, L12.

- **Tornillo M3, L10**

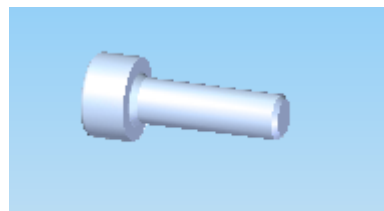


FIGURA 3-47. Tornillo M3, L10.

▪ Webcam Targus



FIGURA 3-48. Webcam Targus.

▪ Webcam simplificada en CAD

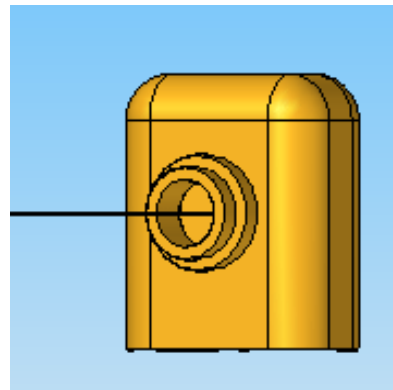


FIGURA 3-49. Webcam simplificada en CAD.

▪ Piezas a fabricar.

Designación pieza	Cantidad	ΣPeso (Kg)	Plano de pieza
Pieza giro cámara	2	0,0742	Plano 7
Base sujección cámara	2	0,0698	Plano 8
Unión soporte cámara y láser a perfil	2	0,1582	Plano 9
TOTAL	6	0,3022	

TABLA 3-6

Imágenes de las piezas a fabricar.

▪ Pieza giro cámara

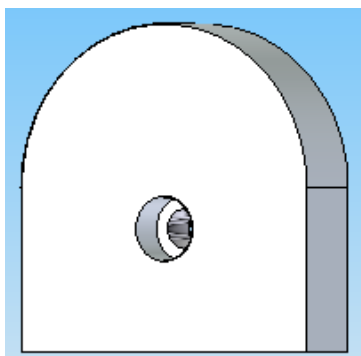


FIGURA 3-50. Pieza giro cámara.

▪ Base sujección cámara

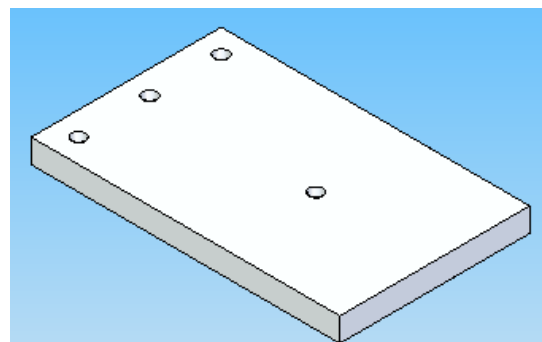


FIGURA 3-51. Base sujección cámara.

- **Unión soporte cámara y láser a perfil.**

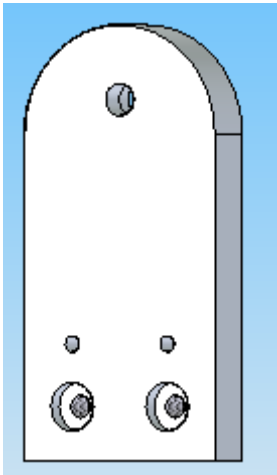


FIGURA 3-52. Unión soporte cámara y láser.

Nos gustaría destacar en este conjunto el diseño de alguna pieza en concreto. La orientación del giro de la cámara se fija con el boutet tirador (**FIGURA 3-43**) y con la pieza denominada “giro cámara” (**FIGURA 3-50**) que lleva el orificio superior roscado. De esta forma facilitamos el montaje y aligeramos el peso sin ser necesaria una tuerca.

Los bulones (**FIGURA 3-45**) sirven para colocar las piezas con una determinada orientación fija, de este modo al encajarlos estamos asegurando que la posición relativa entre las piezas que intervienen sea prácticamente la misma.

3.2.4.3. Despiece conjunto láser.

El conjunto láser tiene un diseño muy similar al conjunto “soporte cámara”, de hecho tienen una pieza en común a fabricar denominada “unión soporte cámara y láser a perfil” (**FIGURA 3-52**) que en los planos aparece como “unión soporte c. y l. a perfil” para simplificar la escritura. Por otro lado como se aprecia en las tablas todas las piezas comerciales necesarias ya se han utilizado en el conjunto anterior a excepción del láser.

La siguiente figura muestra el explosionado del conjunto “láser”.

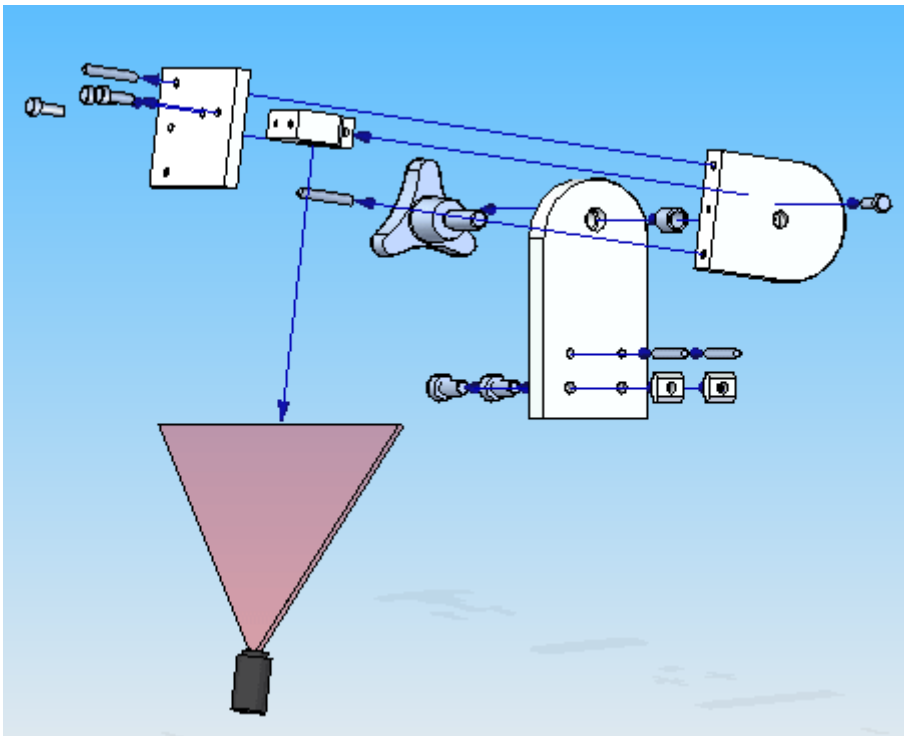


FIGURA 3-53. Explosionado del conjunto láser.

El plano de despiece de este conjunto se encuentra en el anexo planos, es el **plano 4** denominado “Despiece conjunto láser”.

MEMORIA

▪ Piezas comerciales.

Designación pieza	Proveedor	Cantidad		ΣPeso (Kg)
Casquillo cámara y láser	Rationalstock	1	Acero	0,0014
Boutet_tirador_2746i_n(M6, L 20)	Rationalstock	1		0,0610
Unión guía perfil comercial	ROSE+KRIEGER	2	Aluminio	0,0002
Bulón D3, L 20	Rationalstock	4	Acero	0,0044
Tornillo allen M5, L 12	Rationalstock	2	Acero	0,0074
Tornillo allen M3, L 10	Rationalstock	4	Acero	0,0040
Láser 03015 L	Lasiris	1		0,0800
Total		15		0,1584

TABLA 3-7

Imágenes de las piezas comerciales.

▪ Láser 03015 L



FIGURA 3-54. Láser 03015L

▪ Láser diseño CAD

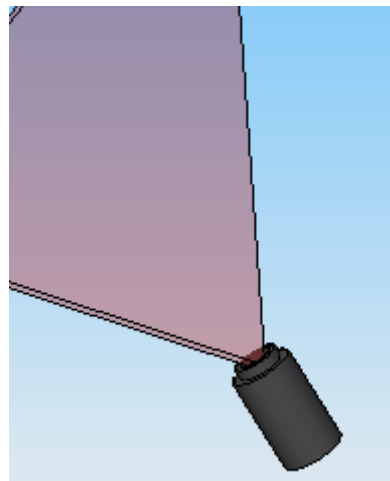


FIGURA 3-55. Láser diseño CAD.

MEMORIA

▪ Piezas a fabricar.

Designación pieza	Cantidad	Σ Peso (Kg)	Plano de pieza
Unión soporte cámara y láser a perfil	1	0,0791	Plano 9
Pieza giro láser	1	0,0481	Plano 10
Amarre láser	1	0,0084	Plano 11
Base sujección láser	1	0,0266	Plano 12
TOTAL	4	0,1622	

TABLA 3-8

Imágenes de las piezas a fabricar.

▪ Pieza giro láser

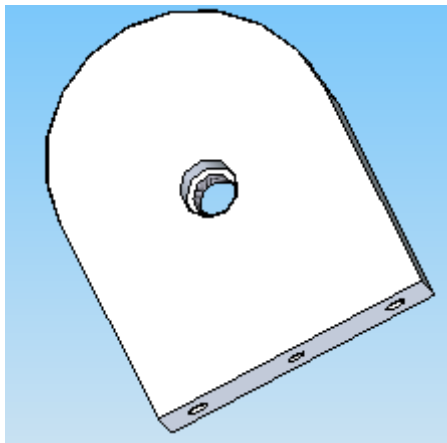


FIGURA 3-56. Pieza giro láser.

▪ Amarre láser

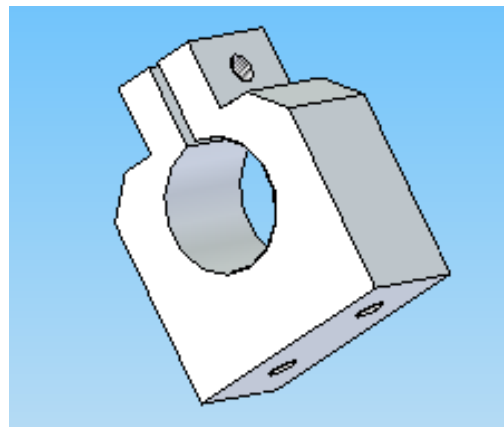


FIGURA 3-57. Amarre láser.

▪ Base sujección láser

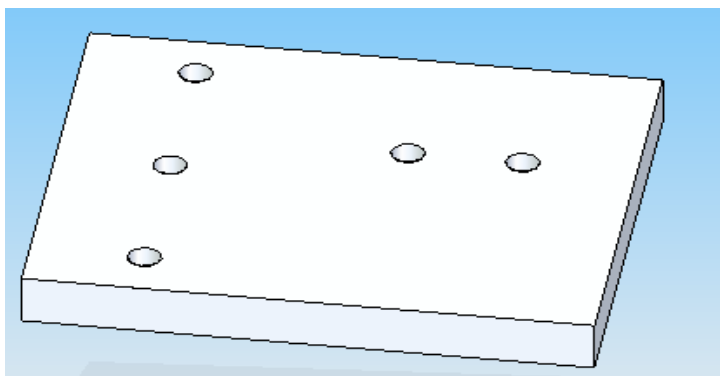


FIGURA 3-58. Base sujección láser.

MEMORIA

La pieza más significativa de este conjunto es la denominada “amarre láser” (**FIGURA 3-57**), es la pieza que sostiene el láser orientado en la posición requerida. Es una brida de amarre con un tornillo cuya misión es ejercer la fuerza necesaria para mantener fija la posición del láser.

La pieza “casquillo” es común a los dos conjuntos cámara y láser. Este casquillo se aloja en la unión entre la pieza de amarre al perfil y la pieza de giro, evitando de esta forma la desalineación perpendicular al eje del tornillo, dotando a esta unión de un registro para posteriores montajes.

3.2.4.4. Tabla resumen. Piezas a fabricar y piezas comerciales.

▪ Piezas comerciales totales.

DESIGNACIÓN PIEZA	CANTIDAD
Perfil M-BLOCAN F-20x20	1
Tornillo allen M6, L 25	4
Tornillo allen M5, L 25	2
Unión guía perfil comercial	8
Casquillo cámara y láser	3
Boutet tirador 2746i_n	3
Tornillo allen M3, L 16	2
Tornillo allen M5, L 12	2
Bulón D3, L 20	12
Tornillo allen M5, L 12	4
Tornillo allen M3, L 10	6
Webcam Tragus USB 2.0	2
Láser 03015 L	1
TOTAL	50

TABLA 3-9

MEMORIA

▪ Piezas a fabricar totales.

DESIGNACIÓN PIEZA	CANTIDAD
Sujección robot mesa o brida	1
Pieza para elevar perfil	1
Pieza giro cámara	2
Base sujección cámara	2
Unión soporte cámara y láser a perfil	3
Pieza giro láser	1
Amarre láser	1
Base sujección láser	1
TOTAL	12

TABLA 3-10

3.2.4.5. Montaje del soporte.

El montaje del soporte es sencillo, pero es necesario crear un patrón para hacerlo siempre de la misma manera y en el mismo orden.

El montaje se representa en los planos de contenidos en el anexo 1 “planos”.

Los planos son muy similares a los planos de despiece, con una diferencia significativa: las marcas numéricas que aparecen en los planos, muestran el orden que se debe seguir para el montaje de los conjuntos, mientras que en los planos de despiece mostraban la designación de conjuntos o piezas.

El montaje se realizará partiendo de los conjuntos simples: láser, cámara y soporte montado, para una vez montados cada uno de ellos, ensamblarlos todos y conformar el soporte completo de visión.

El motivo de indicar el orden de montaje es simplificar el número de acciones y evitar interferencias de unas piezas con otras.

MEMORIA

El orden de montaje se realizará según lo mostrado en la **TABLA 3-11**. Una vez montado se procederá a ajustar los ángulos requeridos tanto del láser como de la cámara y procederemos a la calibración del conjunto.

▪ **Tabla resumen planos de montaje:**

ORDEN	MONTAJE	PLANO
1º	Conjunto cámara	Plano 13
2º	Conjunto láser	Plano 14
3º	Conjunto soporte montado	Plano 15

TABLA 3-11

3.3. Definición de bases y herramientas para la medición de las piezas.

La utilización de bases y herramientas para definir elementos a la hora de trabajar con robots sirve para simplificar el trabajo si en alguna ocasión cambia la ubicación de dichos elementos.

Las bases quedan definidas respecto a una Base Global o Mundo. En nuestro caso, al trabajar con un solo robot haremos coincidir esa Base Mundo con la Base Robot. Por lo tanto la Base Láser Cámara y la Base Referencia Pieza estarán definidas a partir de ella.

Las herramientas, estarán definidas en cada uno de los elementos a medir y estarán referenciadas a la Brida que es la Tool_01 definida por defecto en el robot. Estas herramientas se moverán en una de las bases que elijamos, este modo de trabajo facilita que si en futuro cambia la ubicación de una de las

MEMORIA

bases como por ejemplo la Base Láser Cámara, si hemos definido los movimientos de las herramientas en esa base sólo tengamos que cambiar la ubicación de esa base con respecto a la Base Robot para poder realizar los mismos movimientos en la medición.

Este trabajo con bases y herramientas se puede generalizar y aplicarse no sólo a este caso en concreto de medición, sino que podemos definir otros elementos como pistolas de soldadura o pegamento y actuar de la misma manera si cambia la ubicación de la operación que deben realizar.

3.3.1. Fase inicial.

En la fase inicial del proyecto, se va a trabajar con **dos programas** de ordenador **simultáneamente**, el primero es el programa de diseño asistido por ordenador “**Solid_Edge**”. A lo largo del texto nos referiremos a él como programa **(CAD)** y es aquí dónde se definirán gráficamente cada una de las bases y herramientas asociadas a elementos de la pieza en el espacio para el desarrollo del proyecto. El segundo programa utilizado será un **simulador de robots** proporcionado por la empresa **KUKA** denominado **KUKA SIM**, donde trabajaremos con el robot en el simulador para visualizar herramientas, movimientos y trayectorias.

Como toma de contacto para empezar a trabajar con estos dos programas, se realizaron los tutoriales de CAD incluidos en el mismo programa con el propósito de conocer las órdenes de trabajo y funcionamiento para el manejo del programa. En segundo lugar se realizaron los tutoriales del simulador

definidos por los manuales de prácticas utilizados en la asignatura Fabricación Integrada por Ordenador (FIO) con el mismo propósito comentado para el programa de CAD.

3.3.2. Definición de bases.

La primera tarea a desempeñar fue la colocación de los **sistemas de coordenadas globales** y que denominamos **bases**. Esta acción será realizada en el CAD, ya que será necesario emplear herramientas de dibujo para situar los orígenes de los sistemas de coordenadas en el espacio. Colocaremos dos bases en el conjunto formado por el robot y el soporte de medición, estas bases serán: “Base_Robot”, “Base Láser_Cámara” y “Base Referencia Pieza”

La primera base a definir será la del robot definida como “**Base_Robot**”.

Para localizar la situación del origen se ha realizado un boceto trazando las diagonales de los cuatro puntos de apoyo del robot y en la intersección de ambas diagonales se encontrará el origen de la base.

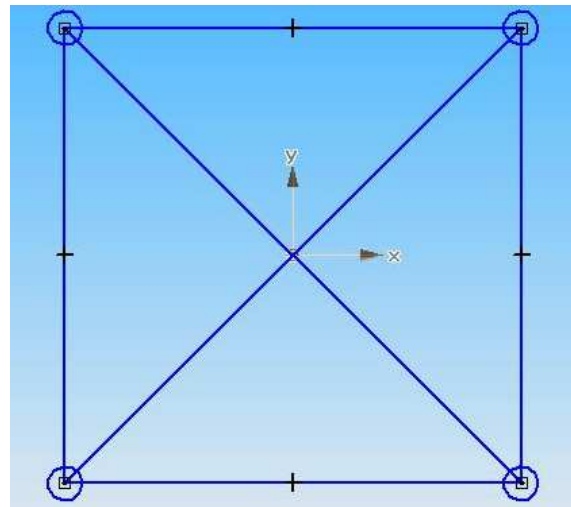


FIGURA 3-59

La segunda base a definir será la situada en la zona de visión de la cámara y el láser definida como “**Base Láser Cámara**”. Estará localizada en la intersección del haz creado por el láser y los ejes ópticos de las cámaras. De esta forma cuando coloquemos la pieza en esta posición, se encontrará dentro

MEMORIA

de la zona de visión de las cámaras y de la zona de proyección de la línea del láser.

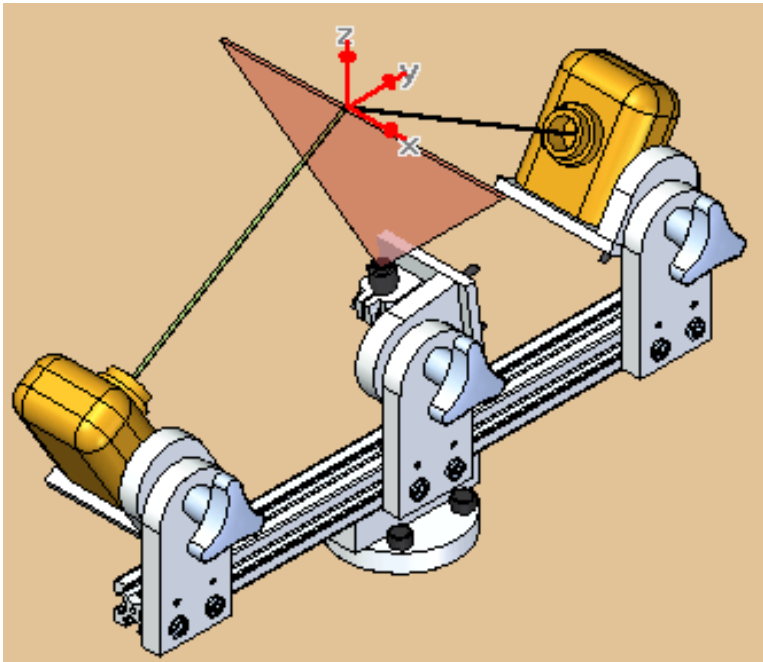


FIGURA 3-60. Base láser cámara.

La tercera base a definir será **“Base Referencia Pieza”** situada en la mesa donde se colocará la pieza para que la coja el robot. Cuando se defina, se copiará la base de la pieza con un rotulador para posicionarla siempre en la misma posición. Esta base está situada con respecto al eje “Y” de la “Base Robot” a (-500mm).

Tras estas acciones tenemos estas tres bases situadas en el espacio. Más adelante necesitaremos saber la posición de la “Base Láser Cámara” con respecto a la **“Base_World”** del robot para poder colocar la pieza a medir dentro del sistema de visión del soporte.

La **“Base_Robot”** la haremos coincidir con la **“Base Mundo” (World)**, ya que al sólo existir un robot y no varios como podría suceder en una célula de trabajo con varios robots, nos simplificará el trabajo a realizar posteriormente con el simulador y el manejo del robot. Esta base será fija en todo momento

MEMORIA

para este puesto de prácticas y estará situada en la base del robot definida anteriormente. Aunque el robot cambiase de ubicación, será el **sistema de referencia global de la célula**, y respecto a él estarán definidas todas las bases en coordenadas globales.

Más adelante será definida la **tool_01**, que coincidirá con la **mano_robot o brida**, esta herramienta será utilizada como el **sistema de referencia local** del robot.

La **“Base Láser_Cámara”** definirá el sistema de referencia de la **zona de trabajo**, nos mostrará la zona de visión y en ella será donde posicionemos la pieza para su verificación y medición. Esta base estará **definida respecto** de la **“Base World”**.

La **“Base Referencia Pieza”** definirá la posición de la mesa donde colocaremos la pieza para ser cogida por el robot y empezar los movimientos programados. Esta base estará **definida respecto** de la **“Base World”**.

Las tres bases definidas anteriormente quedan representadas en la **FIGURA 3-61**, mostrando su orientación y posición en el espacio.

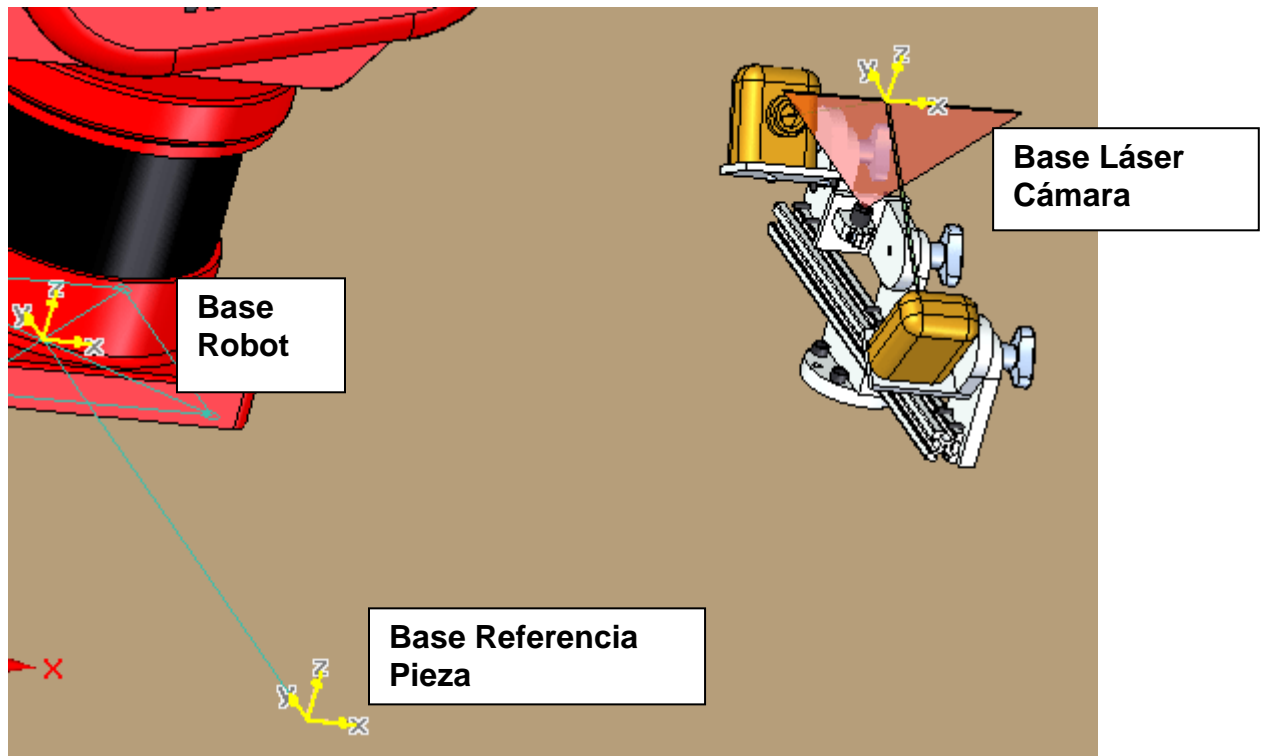


FIGURA 3-61. Representación de las tres bases,

3.3.3. Definición de herramientas.

El siguiente paso que daremos será **definir las herramientas del robot**. Estas herramientas estarán **asignadas a cada uno de los orificios o elementos significativos de la pieza a medir**. A la hora de definir las en el programa de diseño CAD actuaremos de la misma forma con la que definimos anteriormente las dos bases: será necesario definir un sistema de coordenadas para cada punto significativo y le asignaremos la orientación de los ejes con la premisa de que el eje “z” esté orientado siempre del material hacia el exterior.

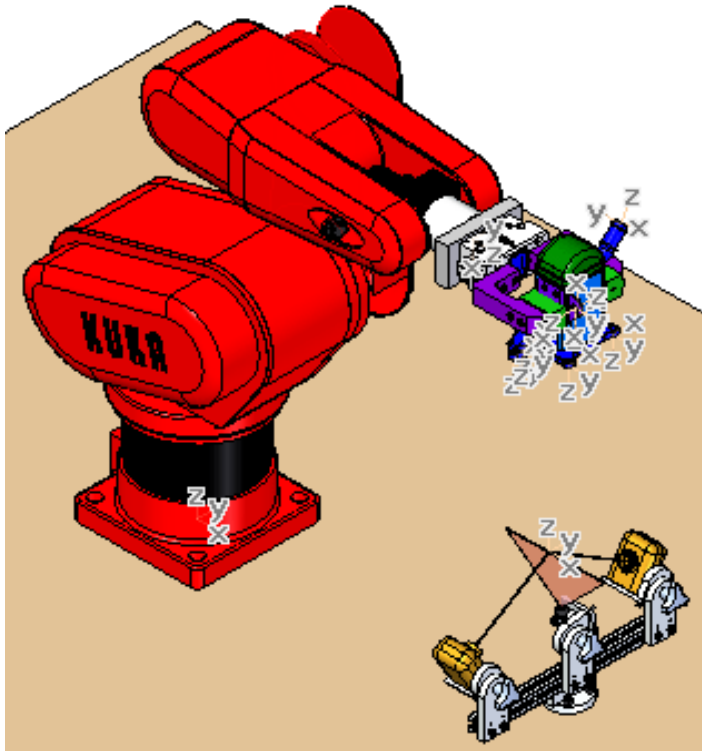


FIGURA 3-62. Definición de herramientas.

Como en la imagen anterior no se pueden apreciar correctamente las herramientas definidas y no se puede designar el nombre asociado a cada una de ellas, las siguientes figuras dejarán claramente definidas cada una de las herramientas con el elemento al que están asociadas y el nombre que se les ha asignado. El **origen de referencia** de la pieza es la **tool_02** y a partir de ella se nombrarán todas las demás herramientas siguiendo el sentido horario.

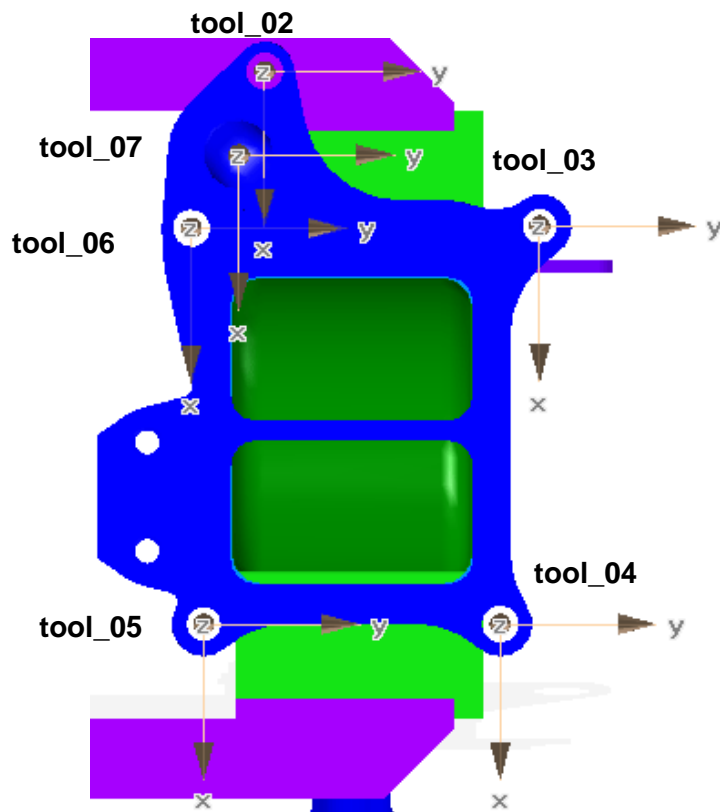


FIGURA 3-63. Tools en la base de la pieza.

En esta figura se muestran todas las herramientas definidas en la base de la pieza a medir. A lo largo del proyecto se utilizarán estos términos para referirnos a las herramientas asignadas.

En el centro del orificio del tubo de la pieza estará definida la herramienta **tool_tubo**.

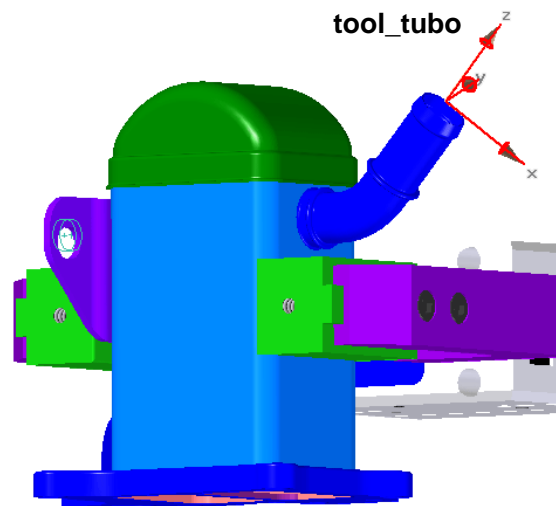


FIGURA 3-64. Tool tubo.

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)**.

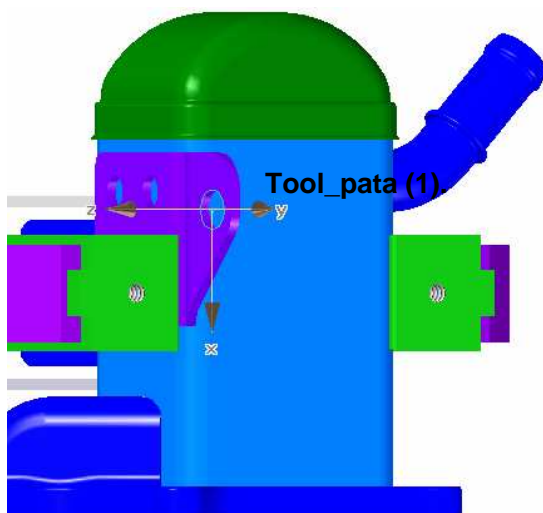


FIGURA 3-65. Tool pata (1).

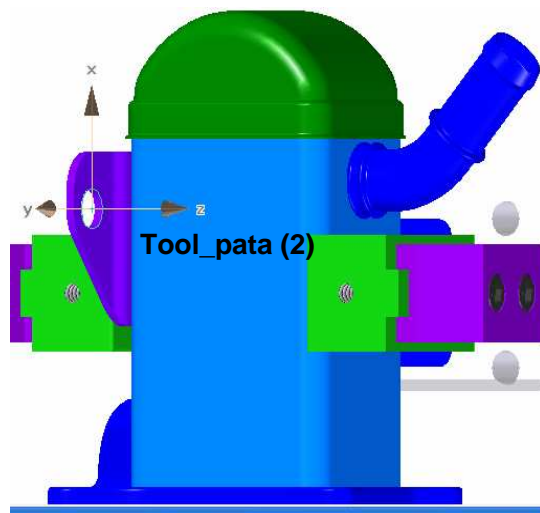


FIGURA 3-66. Tool pata (2).

3.3.4. Trabajo con los robots.

Una vez tenemos definidos todos los elementos de la pieza y asignados a una herramienta del robot, nos falta definir el **sistema de referencia mano robot o brida**: este sistema de referencia será el origen respecto al cual se definan las herramientas del robot en coordenadas locales. Este sistema estará definido como **tool_01** y será el nombre que utilicemos a lo largo del proyecto.

En este punto vamos a tener que diferenciar el trabajo realizado ya que para la realización de este apartado se han utilizado dos robots distintos. Aunque en principio el robot utilizado para la realización de las prácticas es el robot KR3, no está de más diseñar este sistema de bases y herramientas para ambos por si fuese necesario utilizar el otro robot. Es el robot de KUKA KR5.

Esta pequeña aclaración y el hecho de que no se pueda trabajar de la misma forma con ambos robots es debida a la **distinta orientación del eje “y”** en el sistema de referencia “mano robot” en cada uno de los robots. Para ver la diferencia estas dos imágenes sirven como aclaración gráfica.

- Tool_01 en simulador del KR3.

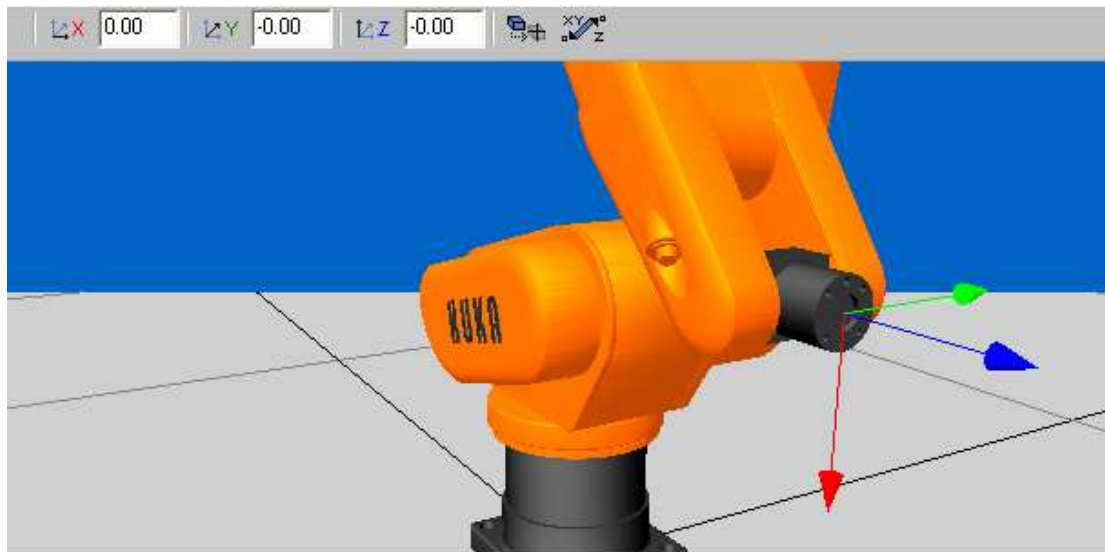


FIGURA 3-67. Tool_01 en simulador del KR3.

- Orientación de los ejes proporcionado por el fabricante del KR3.

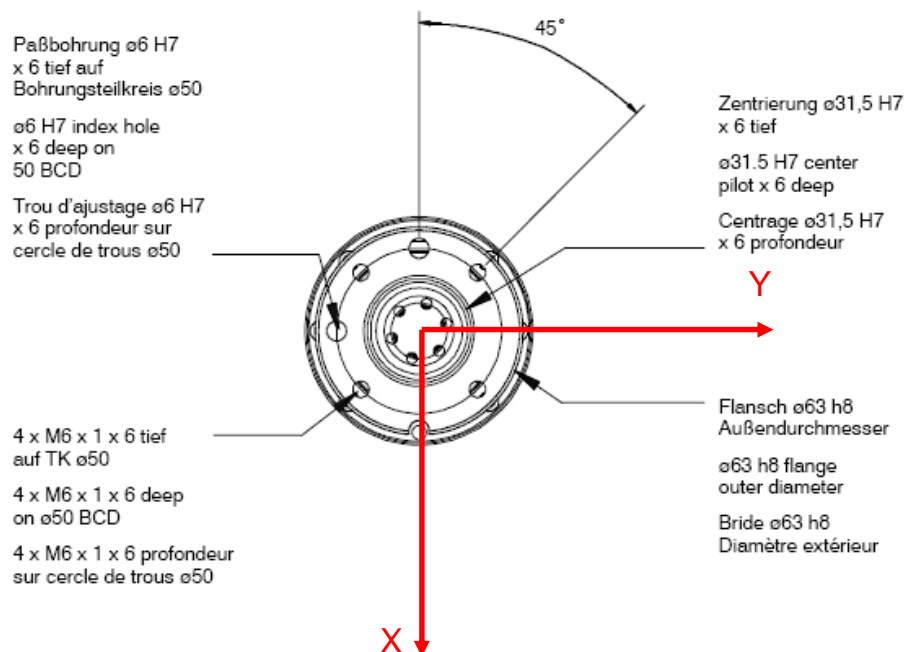


FIGURA 3-68. Orientación de los ejes del KR3.

- Tool_01 en simulador del KR5.

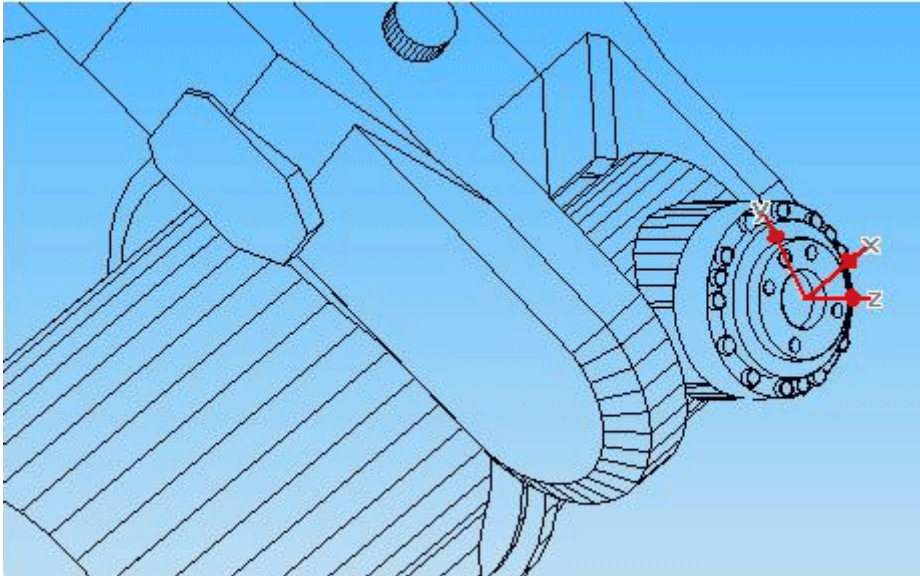


FIGURA 3-69. Tool_01 en el simulador del KR5.

- Orientación de los ejes proporcionado por el fabricante del KR5.

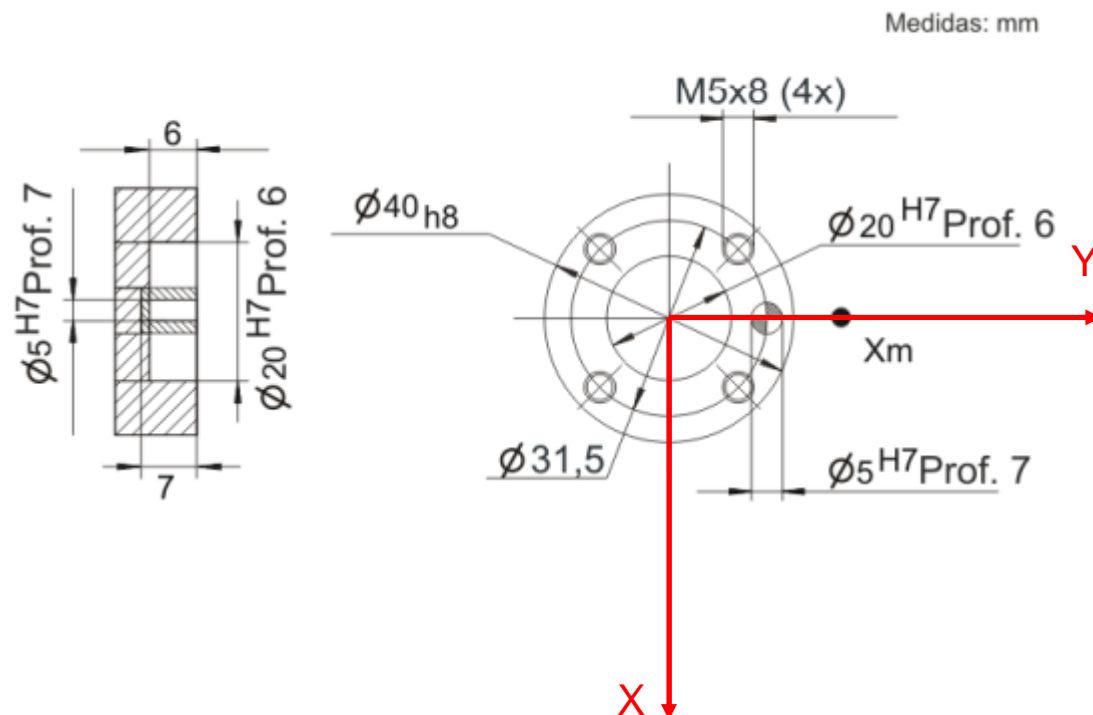


FIGURA 3-70. Orientación de los ejes del KR5.

MEMORIA

Esta distinta orientación de los ejes de la tool_01, afectará a las medidas con las que quede definida cada herramienta asociada a los elementos de la pieza y por tanto será necesario bifurcar **dos rutas de trabajo**: en **KR3** y en **KR5**.

Antes de comenzar cada una de las líneas de trabajo, cabe destacar que aquí es donde comenzará el trabajo con el simulador y se tendrán que asignar los nombres de las herramientas definidos anteriormente a los nombres de las herramientas predefinidos por el simulador. Esto es debido a que en el simulador no se puede cambiar el nombre de las herramientas, están nombradas por defecto, por lo tanto se adjunta una tabla con la relación de los nombres del CAD con el simulador.

▪ Relación de nombres CAD – 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	Base_Láser_Cámara	Base[2]
Base Robot	Base_robot	Base[1]
Base Referencia Pieza	Base Referencia Pieza	Base[3]

TABLA 3-12

3.3.5. Desarrollo del trabajo en el robot KR3.

El trabajo mostrado en la siguiente tabla es la medición de la posición de cada herramienta con respecto a la Tool_01 en coordenadas locales y a la posición de la Base Láser_Cámara con respecto a la base del robot. Las herramientas están definidas en el sistema de coordenadas según los ejes X, Y, Z, y los otros parámetros A, B y C, que se nombran ahora por primera vez 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.

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, es decir, una vez girado uno de ellos el siguiente giro se mide a partir del eje ya girado.

▪ Medición en KR3.

		X	Y	Z	A	B	C
HERRAMIENTAS	Tool_02	58	-73,18	140,94	90	0	90
	Tool_03	58	-41,88	196,58	90	0	90
	Tool_04	58	38,72	188,58	90	0	90
	Tool_05	58	38,72	128,58	90	0	90
	Tool_06	58	-41,41	126,09	90	0	90
	Tool_07	58	-56,26	135,73	90	0	90
	Tool_tubo	-60,6	81,44	158,58	-135	-45	135
	Tool_pata(1)	-21,03	-34,92	201,35	0	0	90
	Tool_pata(2)	-21,03	-32,42	201,35	-180	0	90
Base Robot a Base Cámara	520.5	48.54	189.87	0	0	0	

TABLA 3-13

3.3.6. Desarrollo del trabajo en el robot KR5.

El trabajo mostrado en la siguiente tabla es la medición de la posición de cada herramienta con respecto a la Tool_01, y la posición de la base del robot con respecto a la Base Láser_Cámara.

▪ **Medición en KR5.**

		X	Y	Z	A	B	C
HERRAMIENTAS	Tool_02	-69,91	-58	139,73	0	0	90
	Tool_03	-38,6	-58	195,37	0	0	90
	Tool_04	42	-58	187,37	0	0	90
	Tool_05	41,99	-58	127,37	0	0	90
	Tool_06	-38,14	-58	124,88	0	0	90
	Tool_07	-52,99	-58	134,53	0	0	90
	Tool_tubo	85,82	63,26	157,36	-45	0	90
	Tool_pata(1)	-31,25	21,69	200,14	0	-90	0
	Tool_pata(2)	-28,75	21,67	200,14	-90	0	90
Base Robot a Base Cámara		482,4	24,7	346,91	0	0	0

TABLA 3-14

Para finalizar esta primera fase de iniciación sólo queda mencionar el trabajo realizado en el simulador. Este simulador nos representa el robot KR3 con su orientación del eje “y” mencionado anteriormente.

El trabajo realizado se basa en asignar el valor de la posición en X, Y, Z, A, B, C, de las herramientas y bases obtenidas en el CAD, y asignarlas a las herramientas predefinidas del robot.

- Herramientas definidas en el simulador del KR3.

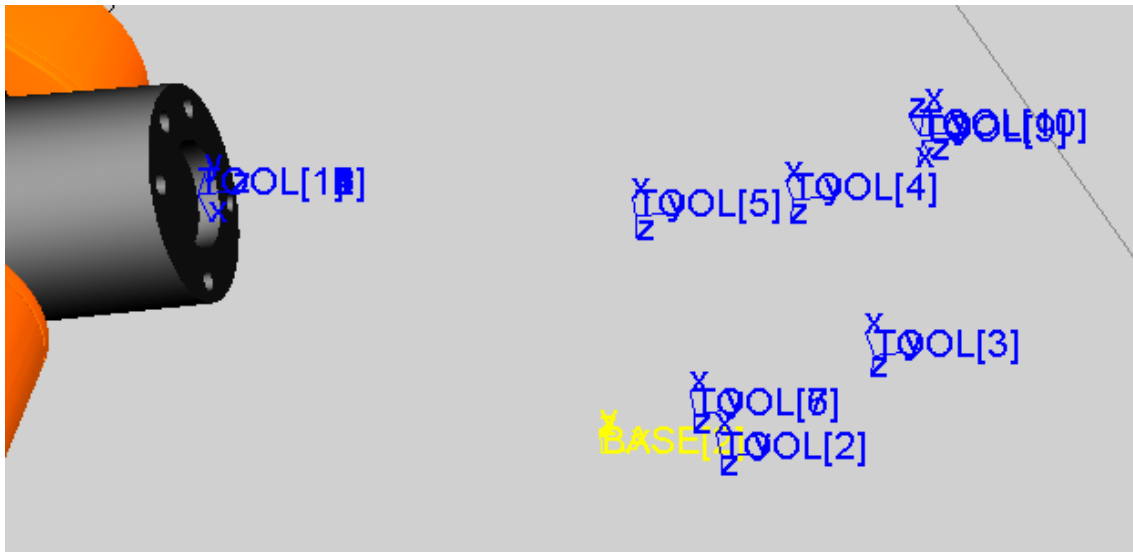


FIGURA 3-71. Herramientas definidas en el simulador del KR3.

Tras la definición de estas herramientas se han realizado movimientos con el robot para verificar que estaban correctamente definidas. Estos movimientos han sido: situar cada una de las herramientas en la “Base Láser Cámara” y comprobar girando cada uno de los ejes x, y, z, que la herramienta estaba bien definida.

4. PRESUPUESTO.

Como se ha comentado anteriormente el precio de las piezas puede variar, tanto porque cambie el precio del producto, de aquí hasta la creación del puesto, como si la Universidad posee algún proveedor que le pueda facilitar piezas similares a un precio menor.

Hemos dividido el presupuesto en tres conjuntos: zona de trabajo del robot, soporte de visión y equipo de medición.

4.1. *Presupuesto zona de trabajo del robot.*

La tabla muestra el proveedor, la cantidad de piezas comerciales y el precio de las mismas necesarias para crear la zona de seguridad donde trabajará el robot.

Descripción pieza	Unidades	Precio unidad (€)	Precio total (€)	Proveedor
Postes esquineros	4	78,3	313,2	Kaiser+Kraft
Postes centrales	4	70,9	283,6	Kaiser+Kraft
Puerta sencilla (1500mm)	1	103,4	103,4	Kaiser+Kraft
Verja (1500mm)	7	149,6	1047,2	Kaiser+Kraft
Interruptor de seguridad	2	111,5	223,0	Pilz
Dispositivo lumínico	1	35,0	35,0	Pilz
TOTAL			2005,4	Euros.

TABLA 4-1

Como el coste era un poco elevado pensamos en realizar alguna medida de ahorro, y se nos ocurrió que en vez de colocar la verja de seguridad por las cuatro caras de la zona de trabajo, podríamos simplificarla y dejar sólo dos lados con verjado y sustituir las otras dos verjas por las paredes del aula como

MEMORIA

se comentaba en el capítulo 3 de la memoria, en el apartado del diseño de la zona de trabajo del robot.

Por lo tanto con esta medida de ahorro, si se decidiese realizarla, el presupuesto nos quedaría de la siguiente manera:

Descripción pieza	Unidades	Precio unidad (€)	Precio total (€)	Proveedor
Postes esquineros	1	78,3	78,3	Kaiser+Kraft
Postes centrales	2	70,9	141,8	Kaiser+Kraft
Puerta sencilla (1500mm)	1	103,4	103,4	Kaiser+Kraft
Verja (1500mm)	4	149,6	598,4	Kaiser+Kraft
Interruptor de seguridad	2	111,5	223,0	Pilz
Dispositivo lumínico	1	35,0	35,0	Pilz
TOTAL			1179,9 Euros.	

TABLA 4-2

EL **ahorro** sería de: $2005,4 - 1179,9 = 825,5$ Euros.

4.2. Presupuesto soporte de visión.

▪ Piezas comerciales.

La tabla muestra el proveedor, la cantidad de piezas comerciales y el precio de las mismas necesarias para crear el soporte de visión.

Descripción pieza	Unidades	Precio unidad (€)	Precio total (€)	Proveedor
Perfil M-BLOCAN F-20x20	1	11(1000mm)	11	Rose+Krieger
Unión guía perfil comercial	8	Incluidas con el perfil		Rose+Krieger
Tornillo allen, M3, L 16	2	0,0280	0,0560	Rationalstock
Tornillo allen, M3, L 10	6	0,0260	0,1560	Rationalstock
Tornillo allen M5, L 25	2	0,0220	0,0440	Rationalstock
Tornillo allen, M5, L 12	6	0,0196	0,1176	Rationalstock
Tornillo allen M6, L 25	4	0,0334	0,1336	Rationalstock
Casquillo cámara y láser (Dext 8mm,Dint 6mm, Long < 10mm)	3	0,9907	2,9721	Rationalstock
Boutet tirador_2746i_n	3	0,8472	2,5416	Rationalstock
Bulón D3, L 20	12	0,0452	0,5424	Rationalstock
		TOTAL	6,5633 Euros	

TABLA 4-3

▪ Piezas a fabricar.

Para la fabricación de estas piezas, todas de aluminio, deberemos comprar el necesario para la fabricación de todas ellas. Nuestras necesidades teniendo en cuenta todas las piezas es de

Descripción pieza	Unidades	Precio unidad	Precio total (€)	Proveedor
Aluminio barra cuadrada, lado 75mm, longitud 1000mm	1 (13,72Kg/m)	4,2 €/Kg	57,624	Lumetal
		TOTAL	57,624	Euros

TABLA 4-4

Por lo tanto el presupuesto del soporte de visión es de:

$$6,5633 + 57,624 = \mathbf{64,1873 \text{ €.}}$$

4.3. Presupuesto del equipo de medición.

En este apartado hemos incluido los costes de los equipos de medición que son las dos webcams y el láser.

Descripción pieza	Unidades	Precio unidad (€)	Precio total (€)	Proveedor
Webcam Targus USB 2.0	2	22,2	44,4	Targus
Láser 03015L	1	9,4	9,4	Lasiris
TOTAL			53,8 Euros.	

TABLA 4-5

4.4. Resumen del presupuesto.

▪ PRESUPUESTO SIN MEDIDAS DE AHORRO.

Descripción	Precio (€)
Zona de trabajo del robot	2005,40
Soporte de visión	64,19
Equipos de visión	53,80

TOTAL	2123,39 Euros
--------------	----------------------

TABLA 4-6

▪ PRESUPUESTO CON MEDIDAS DE AHORRO.

Descripción	Precio (€)
Zona de trabajo del robot	1179,90
Soporte de visión	64,19
Equipos de visión	53,80

TOTAL	1297,887 Euros
--------------	-----------------------

TABLA 4-7

5. EXPLICACIÓN DE LA REALIZACIÓN DE LOS GUIONES DE PRÁCTICAS.

5.1. *Introducción.*

Las prácticas se han elaborado siguiendo el trabajo realizado para la ejecución del proyecto y se encuentran en el anexo 3 del documento 2. El puesto de prácticas se ha diseñado lo más parecido posible a las celdas de trabajo de robots instaladas hoy en día en las empresas para que el alumno se haga una idea de lo que le espera en el mundo laboral. Aunque estas prácticas usan como herramienta un sistema de visión para la medición, estos conceptos sirven para cualquier otra aplicación que pueda realizar un robot: utilización de pistolas de soldadura, colocación de piezas, pistolas de pegamento...

5.2. *Objetivos de las prácticas.*

Los objetivos de las prácticas son los siguientes:

- Conocimiento básico de las normas y medidas de seguridad en la zona de trabajo del robot.
- Aprendizaje del uso de un programa de parametrizado de piezas 3D basado en un software de diseño asistido por ordenador (CAD) denominado SolidEdge.
- Aprendizaje del uso del simulador de robots KUKA Sim.
- Aprendizaje del uso y definición de bases y herramientas.
- Aprendizaje de los movimientos básicos del robot utilizando bases y herramientas.

5.3. *Forma de trabajo y asignación de tiempos a las sesiones.*

La forma de trabajo de estas prácticas será siguiendo el guión diseñado específicamente para ellas.

Para su realización será muy aconsejable haber realizado las prácticas de la asignatura FIO con anterioridad y también haber leído el anexo 2 “Conocimientos previos” antes de su ejecución.

Las sesiones, en un principio se realizarán en grupos formados en función de los equipos disponibles. La duración de cada sesión será de tres horas.

Las prácticas a realizar son tres:

- **Práctica 1:** asimilación y comprensión de los conceptos contenidos en el anexo 2. Posteriormente se realizará el guión denominado “Seguridad en la zona de trabajo del robot”. El principal motivo de la realización de esta práctica es informar al alumno de los posibles riesgos producidos por la existencia de un robot en un área de trabajo. La finalidad es que el alumno conozca las causas principales de los accidentes en el área de trabajo con robots y las medidas de seguridad que se deberían instalar en el puesto de trabajo o en el puesto de prácticas para reducir al máximo posible las probabilidades de que suceda un accidente provocado por el robot.

Parte importante del aprendizaje es que el alumno conozca o por lo menos le suenen las principales normas de seguridad que afectan al

trabajo con robots, por eso se nombrarán para que si en su día necesita consultar alguna de ellas, sepa a qué norma acudir.

- **Práctica 2:** Definición de bases y herramientas utilizando el programa SolidEdge. Aprendizaje del programa. En esta práctica el alumno conocerá el manejo del programa que actualmente está siendo utilizado por grandes empresas como SIEMENS y que en un futuro puede superar en uso al programa mundialmente conocido AutoCad.

- **Práctica 3:** Definición de bases y herramientas utilizando el simulador de KUKA "KUKA Sim". Comprobación de la asignación con movimientos básicos con el robot KR3. En esta práctica el alumno puede aprender nociones básicas para la programación y el manejo de un robot antropomórfico de seis ejes que cada vez se instala más en las empresas y que son elemento fundamental en las cadenas de producción de automóviles y electrodomésticos.

6. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO.

Este diseño del puesto de prácticas posibilita la elaboración de multitud de prácticas distintas, dando cabida a otras asignaturas independientes de la robótica, como pueden: tecnología mecánica, fundamentos de la tecnología eléctrica, planificación y gestión de la producción, automatización, seguridad y prevención de riesgos en procesos industriales, entre otras, dotando al puesto de una gran versatilidad.

El diseño del soporte de visión, permite la utilización de diversas técnicas de medición para el aprendizaje o investigación de los alumnos.

Como conclusión general creo que este proyecto hace un aporte muy importante al objetivo general de la creación de un puesto de prácticas formado por un robot manipulador y un soporte de visión 3D para la medición de piezas complejas.

Como trabajo futuro podemos mostrar varios caminos que culminen en el objetivo global anteriormente mencionado:

- Materialización del diseño presentado en este proyecto y su posterior puesta a punto.
- Posibilidad de instalar un autómatas que gobierne toda la célula.
- Introducir elementos que aumenten la automatización del proceso. Por ejemplo, introducir un conveyor en la célula para la alimentación de piezas, que interactúe con el robot, para coger una pieza medirla, dejarla

MEMORIA

en la posición destinada para piezas medidas y vuelva el robot al conveyor para coger otra nueva.

- Calibración y modelado de los equipos.
- Elaboración de las prácticas de medición con el soporte de visión diseñado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- [1] Juan Carlos Martín, Maria Pilar García, Automatismos industriales, Ed. Editex.
- [2] KUKA System Software (KSS), Manual Programación por el usuario, Release 4.1, Edición: 15.01.2004 Versión: 06.
- [3] KUKA System Software (KSS), Manual Programación por el experto, Release 4.1, Edición: 15.01.2004 Versión: 06.
- [4] 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.
- [5] LÓPEZ PELÁEZ, A. y KRux, M. (2000). "Social Impacts of Robotics and Advanced Automation towards the Year 2010", The IPTS Report, (editado por: The Institute for Prospective Technological Studies, European Commission), n°48, pp. 34-40.
- [6] KINGHT, A.L. (1989): "Robots y maquinaria de producción automática", en OIT (1989): Enciclopedia de salud y seguridad laboral en el trabajo, Madrid, Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, pp. 2143-2147.
- [7] J. D. Tardós, Visión por Computador, C. P. S. Universidad de Zaragoza, Apuntes asignatura.
- [8] Fabricación Integrada por Ordenador, Diseño y fabricación, E.U.I.T.I.Z. Universidad de Zaragoza, Apuntes asignatura.
- [10] Xavier Izquierdo, Diseño e industrialización de una célula flexible, Escuela Técnica Superior de Barcelona, Apuntes asignatura.

MEMORIA

- [11] Práctica 4, Uso de robots, Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática, UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID, Apuntes asignatura.
- [12] Guía técnica de seguridad en robótica, Gobierno de Aragón, CEPYME.
- [13] Rafael Gutiérrez Olivar; Jesús Lambás Pérez; Esther Pascual Albarracín; Tomás Vázquez Gallego, Guía de Referencia Solid Edge v16, U.D. de Expresión Gráfica en la Ingeniería, Universidad Politécnica de Madrid.

ENLACES WEB.

- Diseño de la zona de trabajo del robot:

- [14] Catálogo Kaiser-Kraft. Verja de protección. <http://www.kaiserkraft.es>
- [15] Catálogo Brühl. Verjas y elementos de seguridad. www.valladodeseguridad.es
- [16] Catálogo Pilz. Elementos de seguridad. <http://www.pilz.com>
- [17] Catálogo Jokab Safety. Elementos de seguridad. <http://www.jokabsafety.com/>
- [18] Fegemu automatismos. Alfombras de seguridad. <http://www.fegemuautomatismos.com>
- [19] Seguridad instalaciones robotizadas: <http://www.oni.escuelas.edu.ar>
- [20] Riesgos laborales: <http://www.leia.es>

MEMORIA

- Elección de los equipos

- [21] Láseres cuya proyección es un punto. <http://todolasers.com/>
- [22] Definición del Fan Angle (ángulo de la línea proyectada por el láser).
<http://www.coherent.com/>
- [23] Punteros láser. <http://z-bolt.com/>
- [24] Características y precios de los módulos láser generadores de línea.
<http://www.apinex.com>
- [25] Página de venta de láseres. <http://www.laserto.com/>
- [26] Cámaras CMOS industriales. <http://www.compumodules.com>
- [27] Cámaras de video vigilancia. <http://www.worldeyecam.com>
- [28] Webcams con enfoque manual. <http://www.bueni.es>
- [29] Targus Webcam, Life cam. <http://www.twenga.es>, <http://icecat.biz>
- [30] Logitech Webcam C250. <http://www.logitech.com>

- Proveedores piezas.

- [31] Perfiles de aluminio. Blocan. <http://www.rk-rose-krieger.com>
- [32] Aluminio de mecanización. <http://www.lumetalplastic.com/>
- [33] Tornillería. <http://www.rationalstock.com/>