

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA
Departamento de Ingeniería Mecánica y de Materiales



TESIS DE MASTER

**DISEÑO DE UN BRAZO ROBÓTICO PARA
APLICACIONES FITOSANITARIAS**

Presentada por: D. Daniel Aristizábal Torres

Dirigida por: Dr. D. Vicente Mata Amela

Valencia, Octubre de 2009

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo de investigación es el diseño de un brazo articulado para la portabilidad de un sistema de desinsectación por microondas.

El sistema de desinsectación ha sido probado por el Departamento de Comunicaciones de la Universidad Politécnica de Valencia en retablos de madera con muy buenos resultados. Por tal motivo se desea ampliar el rango de aplicación y hacer pruebas del sistema en estructuras arquitectónicas. Ya que estas no se pueden mover para ser tratadas, se ha visto la necesidad de acoplar el sistema de desinsectación a un vehículo provisto de un brazo robótico.

La función del brazo articulado es dar seguridad al operario durante el tratamiento de piezas y accesibilidad a las esquinas, alturas y puntos ocultos.

Las características que debe presentar el brazo robótico son:

- *Seguro: cumpliendo la normativa vigente sobre el límite de la exposición de las personas a campos electromagnéticos y evitando que el operario lo opere manualmente.*
- *Compacto: para facilitar su transporte, las maniobras del operario y su utilización en cualquier ambiente.*
- *Económico: diseñado con materiales y componentes comerciales de fácil adquisición.*
- *Montaje sencillo: para facilitar las tareas de mantenimiento y desacople del aplicador.*
- *Alta automatización: facilita el funcionamiento del sistema, homogeniza el método de aplicación, reduce errores y costos de funcionamiento.*

El diseño y simulación del brazo robótico se han apoyado en diferentes tipos de software comercial como lo son Solidworks y Visual Nastran Desktop.

Palabras clave: brazo robot, robótica, diseño mecánico.

ABSTRACT

The objective of this research work is the design of a robotic arm for the portability of a system of disinsectization microwave.

The system of disinsectization has been tested by the Department of Communications of the Polytechnic University of Valencia in strips of wood with very good results. For that reason it wishes to expand the range of implementation and to make the system tests in architectural structures. Since these cannot be moved to be treated, has been the need to attach the system of disinsectization a vehicle fitted with a robotic arm.

The role of the robotic arm is to give security to the operator during the treatment of parts and accessibility to the corners, heights and hidden points. The characteristics that must submit the robotic arm are:

- *Safe: observing the rules in force on the limit of the people's exposure to electromagnetic fields and avoiding the operator what operates manually.*

- *Compact: to facilitate their transport, the maneuvers of the operator and its use in any environment.*

- *Economic: designed with materials and commercial components of easy acquisition.*

- *Simple Assembly: to facilitate the maintenance tasks and dissociation of applicator.*

- *High automation: facilitates the functioning of the system, mixed the method of implementation, reduces errors and operating costs.*

The design and simulation of robotic arm have relied on different types of commercial software as they are Solidworks and Visual Nastran Desktop.

Keywords: robot arm, robotics, mechanical design.

RESUM

L'objectiu del present treball d'investigació és el disseny d'un braç articulat per a la portabilitat d'un sistema de desinsectació per microones.

El sistema de desinsectació ha sigut provat pel Departament de Comunicacions de la Universitat Politècnica de València en retaules de fusta amb molt bons resultats. Per tal motiu es desitja ampliar el rang d'aplicació i fer proves del sistema en estructures arquitectòniques. Ja que estes no es poden moure per a ser tractades, s'ha vist la necessitat d'acoblar el sistema de desinsectació a un vehicle proveït d'un braç robòtic.

La funció del braç articulat és donar seguretat a l'operari durant el tractament de peces i accessibilitat als cantons, altures i punts ocults.

Les característiques que ha de presentar el braç robòtic són:

- *Segur: complint la normativa vigent sobre el límit de l'exposició de les persones a camps electromagnètics i evitant que l'operari ho opere manualment.*
- *Compacte: per a facilitar el seu transport, les maniobres de l'operari i la seua utilització en qualsevol ambient.*
- *Econòmic: dissenyat amb materials i components comercials de fàcil adquisició.*
- *Muntatge senzill: per a facilitar les tasques de manteniment i desacoble de l'aplicador.*
- *Alta automatització: facilita el funcionament del sistema, homogenitza el mètode d'aplicació, reduïx errors i costos de funcionament.*

El disseny i simulació del braç robòtic s'han recolzat en diferents tipus de programari comercial com ho són Solidworks i Visual Nastran Desktop.

Paraules clau: braç robot, robòtica, disseny mecànic.

AGRADECIMIENTOS

A mi familia que a pesar de la distancia siempre han estado conmigo apoyándome en todo.

A mis tutores Vicente y Josep Lluís por su dedicación y conocimientos brindados.

A mis compañeros del master por su ayuda incondicional y amistad.

A Fede y al personal del departamento por la colaboración prestada para la realización de este proyecto de investigación.

Octubre de 2009

Índice general

Resumen	i
Abstract	iii
Resum	v
Agradecimientos	vii
Índice general	ix
1 ESTADO DEL ARTE.....	1
1.1 ROBOTS DE SERVICIO.....	1
1.1.1 <i>Introducción</i>	1
1.1.2 <i>Sectores económicos de aplicación</i>	2
1.1.3 <i>Robots personales</i>	6
1.1.4 <i>El futuro de la robótica de servicios</i>	10
2 DISEÑO DEL BRAZO ROBÓTICO.....	17
2.1 DESCRIPCIÓN DEL BRAZO ROBÓTICO.....	17
2.1.1 <i>Componentes</i>	18
2.1.1.1 <i>El brazo articulado</i>	18
2.1.1.2 <i>El vehículo</i>	19
2.1.2 <i>Funcionamiento</i>	19
2.1.3 <i>Selección de componentes y materiales</i>	25
2.1.3.1 <i>Perfilería</i>	25
2.1.3.2 <i>Actuadores</i>	25
2.1.3.3 <i>Poleas y correas de sincronización</i>	27
2.1.3.4 <i>Rodamientos y chumaceras</i>	27
2.1.3.5 <i>Ejes</i>	27
2.1.3.6 <i>Engranajes</i>	28

2.2	DISEÑO MEDIANTE SOLIDWORKS.....	29
2.2.1	<i>Procedimiento</i>	29
2.2.1.1	<i>Croquizado de piezas</i>	29
2.2.1.2	<i>Ensamblaje</i>	29
2.2.1.3	<i>Renderizado</i>	31
2.2.1.4	<i>Obtención de planos</i>	32
2.3	SIMULACION CON VISUAL NASTRAN DESKTOP	33
2.3.1	<i>Procedimiento</i>	33
2.3.1.1	<i>Importación de ficheros</i>	33
2.3.1.2	<i>Ensamblaje</i>	34
2.3.1.3	<i>Simulación dinámica</i>	37
2.3.2	<i>Resultados</i>	40
2.4	PRESUPUESTO.....	43
3	CONCLUSIONES	45
4	DESARROLOS FUTUROS.....	47
	BIBLIOGRAFIA.....	49
	ANEXOS.....	51

1 ESTADO DEL ARTE

El trabajo de investigación, dirigido desde el Departamento de Ingeniería Mecánica y de Materiales (DIMM), tiene como objetivo el diseño de un brazo robótico para aplicaciones fitosanitarias. Este proyecto nace a partir de un trabajo de investigación del Departamento de Comunicaciones de la UPV, en el cual se advierte la necesidad de diseñar un brazo robot donde su elemento terminal sea un aplicador de un sistema de desinsectación por microondas.

Como la función del brazo robótico es la de realizar servicios útiles al bienestar de los humanos, este se clasificaría dentro de los robots de servicio.

1.1 ROBOTS DE SERVICIO

1.1.1 Introducción

Desde los primeros desarrollos hace unos 50 años, la Robótica ha experimentado una extraordinaria expansión en el ámbito de la fabricación de diferentes sistemas industriales, especialmente de automóviles.

Para ello ha utilizado los robots, denominados industriales, de gran popularidad en los ámbitos tecnológicos que tienen un mercado ampliamente consolidado.

En la última década ha aparecido una necesidad de extender estas realizaciones a otros ámbitos, tratando de que los robots realicen tareas distintas de las industriales de producción citadas anteriormente. Para responder a esta demanda aparece lo que se denomina Robótica de Servicio. La Federación Internacional de Robótica, organismo

que coordina las actividades en esta área tecnológica de los países con mayor nivel de desarrollo define un robot de servicio como un robot que opera de manera automática o semiautomática para realizar servicios útiles al bienestar de los humanos o a su equipamiento, excluyendo las operaciones de fabricación.

El nombre surge por la inquietud de la comunidad científica de realizar desarrollos destinados a estar al servicio de la sociedad, tratando de que ésta reconozca y apoye sus resultados. Desde el punto de vista social hay aún muy pocos desarrollos en esta área que hayan impactado en nuestra forma de vivir, pero en los centros de investigación especializados en robótica hay una gran actividad en investigación con este objetivo y, posiblemente, en un plazo relativamente inmediato podremos ver robots de servicio operando de forma masiva.

1.1.2 Sectores económicos de aplicación

Es evidente, y está en la mente de todos, que los robots son los sistemas que en un futuro van a realizar la mayor parte de las tareas de tipo físico, especialmente las más pesadas. Sin querer ser exhaustivos se pueden citar los siguientes sectores como posibles usuarios principales de estos robots:

- Agricultura
- Construcción
- Minería
- Energía
- Espacio
- Seguridad y defensa
- Sanidad

1.1 ROBOTS DE SERVICIO

En todos ellos, y en muchos más, hay cantidad de tareas que se deben y se pueden robotizar. Ello requerirá el desarrollo de robots específicos, labor que los fabricantes de robots no están realizando y que sólo en centros de investigación se efectúa.

Como características especiales de los robots de servicio, que los hacen diferentes de los robots industriales, se pueden destacar las siguientes:

- En su aspecto físico los robots dejan de ser un simple brazo, como lo son los robots industriales, para formar una estructura más compleja que puede tener varios brazos y otros dispositivos.
- En general los robots de servicio incluyen dispositivos de locomoción que le dan la capacidad de desplazarse en los diferentes medios en que se vaya a desenvolver. A veces el robot es sencillamente este dispositivo de locomoción.
- La complejidad y falta de estructuración de las operaciones que tienen que realizar, así como la diversidad de objetos que deben manipular, exigen que los robots de servicio estén dotados de un potente sistema sensorial.

En cuanto a la estructura física existen cada vez más exigencias respecto a las características de éstas. Se puede hablar de robots de elevadas dimensiones o de elevada capacidad de carga, lo que requiere estructuras muy robustas, o mini, micro y nanorobots, de dimensiones extraordinariamente pequeñas, capaces de introducirse en cavidades de dimensiones muy pequeñas para realizar tareas complejas.

Los robots de servicio deben tener también la capacidad de desplazarse para situarse en su lugar de trabajo, a veces situado alejado del puesto de control o en un lugar de muy difícil acceso o situado en un entorno incómodo o peligroso para los humanos.

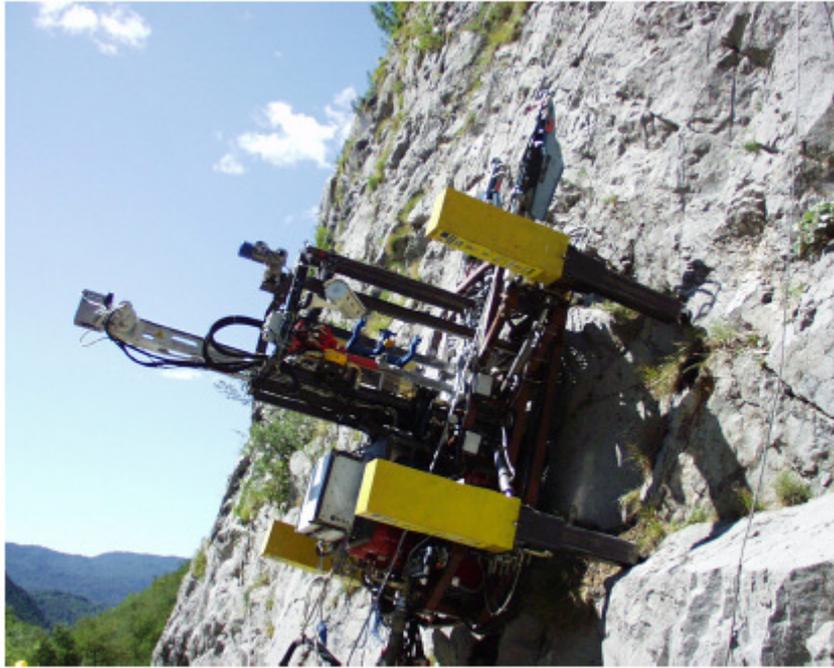


Figura 1.1. Roboclimber, robot escalador para consolidación de laderas de montañas.

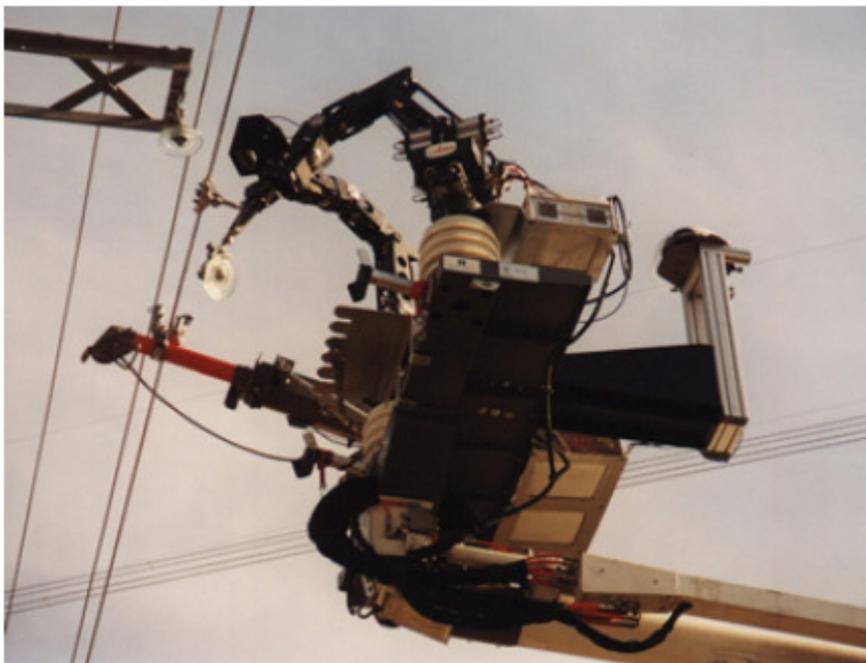


Figura 1.2. ROBTET, robot para el mantenimiento de líneas de alta tensión.

1.1 ROBOTS DE SERVICIO

Una de las contribuciones de los trabajos en locomoción de robots, con buenos resultados prácticos aunque aún no definitivos, ha sido en los sistemas automáticos de conducción de automóviles.

Estos, con exigencias en cuanto al entorno mucho más fuertes que los ya citados de aviones o barcos, son uno de los puntos de atracción de los investigadores en robots móviles.

Igualmente en sistemas de locomoción hay que citar los robots submarinos con capacidad de desplazarse en el agua. Igualmente los robots aéreos con capacidades de volar, robots trepadores y deslizantes.



Figura 1.3. Robot helicóptero para inspección y vigilancia.

Las necesidades de navegación autónoma de los robots, así como los requerimientos de manipulación de objetos de formas y tamaños diversos exigen también la dotación de sofisticados sistemas sensoriales. Un robot debe ser capaz de reconocer el entorno en el que se va a mover, así como la forma de los objetos que va a manipular. Ello le permitirá además conocer los obstáculos que impiden su movimiento

y tomar decisiones para esquivarlos. La visión, igual que en los seres vivos, es el sentido más apropiado para este cometido, especialmente la denominada visión 3D cuyo propósito es conocer la tercera dimensión de los objetos. También es importante destacar las capacidades sensoriales en fuerzas de las que pueden estar dotados los manipuladores de los robots que les permiten realizar tareas con gran destreza y precisión.

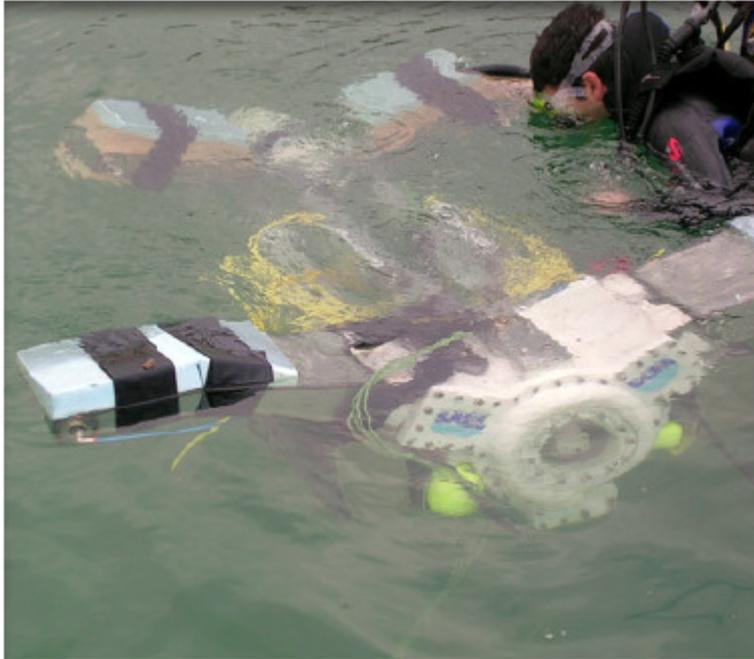


Figura 1.4. REMO, robot de rescate submarino.

1.1.3 Robots personales

Se pueden considerar bajo este término todos aquellos robots con capacidades de convivir con las personas y de realizar tareas que incidan directamente en su forma de vida. Formalmente formarían parte de los robots de servicio, pero merecen un apartado por su mayor impacto social. Se incluyen en este grupo los robots domésticos, robots de vigilancia, robots de entretenimiento, robots sanitarios, robots en bibliotecas y museos, etc.

1.1 ROBOTS DE SERVICIO

La realización de las tareas domésticas, todos sabemos, es uno de los problemas importantes con que se enfrentan actualmente las sociedades avanzadas. El desarrollo de equipos capaces de aminorar la carga de trabajo en las casas se ha venido haciendo desde hace más de cincuenta años con la invasión de electrodomésticos, bastantes de ellos imprescindibles en toda vivienda. Pero, aunque a algunos se les haya denominado robots, todos tenemos la conciencia de que esa denominación no corresponde a sus prestaciones. Un robot doméstico debe realizar las tareas de la casa con total autonomía sin más intervención de las personas que, como mucho, para realizar una programación previa de sus actividades.

El primer sistema que responde a las características de un robot que ha penetrado en el mercado de los equipos domésticos ha sido el robot aspiradora. Éstos son programables, están sensorizados, utilizan algoritmos que les permiten cubrir todo el suelo del recinto a aspirar, se desplazan siguiendo el límite de las paredes y alrededor de los muebles y son capaces de dirigirse al punto de alimentación eléctrica cuando sienten que sus baterías están bajas. Además sus costes están en línea con cualquiera de los electrodomésticos de funcionamiento manual. Existen varias compañías que los comercializan y sus ventas han sido del orden de un millón de unidades. Se espera que en el plazo de unos diez años en la mayor parte de las viviendas exista uno.

Otras funciones susceptibles de ser robotizadas en un futuro son las de manipulación inteligente de objetos domésticos, como vajillas u otros utensilios, ordenación de armarios o estanterías, etc. Estos robots todavía no existen, aunque en algunos centros de investigación se está trabajando en su desarrollo. Deben contar, además de con brazos manipuladores, con sistemas de locomoción, así como con métodos sencillos de programación de sus actividades. En este sentido, los métodos de aprendizaje automático e imitación son los que quizás tengan mayor futuro. Ya hay algunas compañías comerciales que ofertan robots de vigilancia en las casas, que pueden recorrer las distintas habitaciones o los alrededores de una vivienda detectando la presencia de intrusos e identificándolos. Tienen dispositivos de locomoción, normalmente con ruedas, y un sistema de comunicaciones que permite ser programado desde un lugar remoto y enviar información de sus sensores o imágenes a un puesto de control en la vivienda o a un teléfono programado.



Figura 1.5. ASIBOT, robot de asistencia a personas discapacitadas.

Una extensión de este tipo de robots, aún en desarrollo en ciertos centros de investigación, es el robot de asistencia a ancianos o discapacitados. Se estima que en el año 2025 el 20% de la población europea será mayor de 65 años, muchos de ellos con necesidad de ayuda para desarrollar una vida normal. Es claro que la solución definitiva a este problema se tendrá que realizar con la introducción masiva de robots que ayuden a personas dependientes en la realización de sus tareas cotidianas como vestirse, bañarse, realizar su aseo personal, comer, etc.

Lógicamente, el nivel de interacción de estos robots con los humanos tiene que ser muy fuerte y ello exige un elevado sistema cognitivo cuyo desarrollo se encuentra en la actualidad lejos de poderse considerar acabado.

Un colectivo muy importante que tiene que tener una atención especial en temas de dependencia es el infantil y adolescente, periodo de desarrollo que exige especial atención. En la actualidad es complejo de prestar este cuidado por la estructura de la sociedad actual. En este sentido, lo dicho en robots de vigilancia es válido para realizarla igualmente en este grupo social.

1.1 ROBOTS DE SERVICIO

Pero más interesante para este colectivo que lo dicho es la educación. En este tema es posible el desarrollo de robots específicos que pueden aportar elementos de ayuda que contribuyan a mejorar esta actividad tan importante socialmente. Se trataría de robots con un gran sistema sensorial, buena capacidad de movimiento, en especial de las fracciones de la cara para producir gestos y, por supuesto, con sintetizadores y reconocedores de voz para comunicarse. Todo ello con el objetivo de conseguir un elevado grado de interacción.



Figura 1.6. Maggie, robots de educación y entretenimiento.

El robot podría ayudar a buscar información a través de una interconexión a Internet, recomendar temas de estudio, hacerles preguntas sobre determinadas materias, proponerles problemas, todo ello acompañado de los movimientos y gestos o cambios de voz que hagan más agradable el aprendizaje. En los ratos libres puede ser un

compañero de juegos adaptándose a la edad de sus interlocutores o intercambiando chistes, canciones o bailes. En este último sentido de robots de entretenimiento, pero con muy escasas funciones en cuanto a interacción, se encuentran los robots mascota. En la actualidad existen en el mercado bastantes robots con forma de perros, gatos, muñecos, etc. Especialmente en Japón, aunque también en toda Europa, este mercado ha experimentado un gran crecimiento que sin duda se incrementará con la incorporación de otras funciones como vigilancia, seguridad, etc.

Es importante, para completar esta visión de los robots personales, hablar de la asistencia y cuidado de enfermos y, en general, de las oportunidades que los robots ofrecen en el campo de la sanidad.

En asistencia a enfermos existen ya prototipos de robots que realizan rondas de vigilancia en hospitales llevando los medicamentos que los enfermos deben ingerir en cada momento. Igualmente pueden monitorizar y transmitir a un puesto remoto de control las variables sobre el estado del paciente.

Pero en lo que se vislumbra un futuro verdaderamente prometedor es en el campo de la cirugía. Ésta ha prosperado en los últimos años gracias a los medios tecnológicos de la que se ha dotado. Entre los principales figuran los que introducen elementos robóticos como los de laparoscopia y, en general, la denominada cirugía mínimamente invasiva.

1.1.4 El futuro de la robótica de servicios

Ya en la década de los 70 se decía que en el desarrollo de la Robótica se iban a suceder tres fases: el nacimiento e infancia, que reflejaba la situación de la misma en aquellos tiempos, un crecimiento progresivo hasta alcanzar una madurez, y la explosión. En esta última fase, se decía, se iba a producir un uso masivo de los robots en todas las actividades de la vida con la pretensión de que ellos hicieran todas las labores productivas y de servicio. Los humanos se podrían dedicar entonces de lleno al desarrollo y disfrute de la familia, de la naturaleza, de la cultura, del deporte y de las artes.

1.1 ROBOTS DE SERVICIO

Técnicamente gran parte de las bases para esta revolución están desarrolladas. Como primer paso será necesario hacer real el uso de los robots de servicio en todas sus aplicaciones. Los trabajos en las minas o en el campo los pueden realizar robots. Igual los de la construcción, tanto civil como en edificación.



Figura 1.7. Robotab2000, robot de asistencia para el manejo de cargas elevadas.

Los servicios de seguridad y defensa son más eficaces si los realizan robots. Será necesario desarrollar robots especializados en cada una de estas actividades y en cada uno de esos entornos en que se desenvolverán. La cantidad de personas que en la actualidad trabajan en estas tareas puede dar idea de la cantidad de robots que serían necesarios para sustituirlos.

En lo referente a robots personales los intentos están en concebir uno que realice todas las funciones que se han citado para ellos.

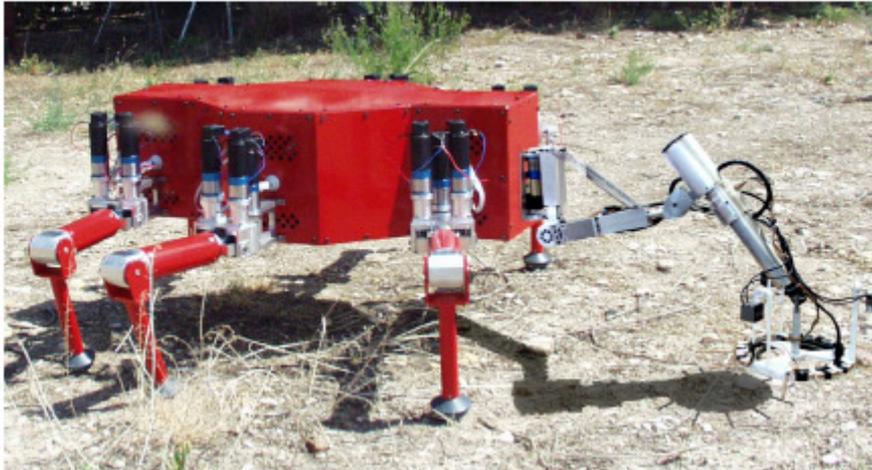


Figura 1.8. Silo 6, robot caminante hexápodo para la detección de minas antipersonales.

Será un robot asistente, vigilante y amigo que conviva con cada familia compartiendo todos sus hábitos. Serán los que hagan las tareas de la casa de cocinar, limpiar y realizar sus reparaciones y mantenimiento, pero además vigilarán la misma y ayudarán a las personas que requieran asistencia, como niños y ancianos. Podrán distraernos relatándonos noticias o fantasías, jugar con nosotros a nuestros juegos favoritos o recordarnos nuestras obligaciones y compromisos diarios. De una idea del número necesario de estos robots ya tenemos la referencia: al menos uno en cada casa.

Hay temas para hacer esto realidad que aún requieren un desarrollo tecnológico importante, aunque ya se han dado bastantes pasos en esa dirección. Se trata del desarrollo de lo que podríamos denominar los cerebros de los robots. Estos deben ser procesadores con capacidad de realizar las mismas funciones que los cerebros humanos. Es claro que en capacidad de memorizar datos y en rapidez de procesado los equipos de cálculo superan las capacidades de nuestro cerebro. También se han dado pasos importantes en el desarrollo de sistemas con capacidad de razonar y tomar decisiones sobre una situación concreta: en este sentido tenemos los sistemas de lógica borrosa, los sistemas expertos y las redes neuronales.

1.1 ROBOTS DE SERVICIO



Figura 1.9. Rh1, robot humanoide de tamaño natural.

Pero aún hace falta más, por ejemplo el sistema emocional. La interacción con humanos exige dotar a los robots de un sistema de estas características. Los robots deben expresar emociones como alegría, tristeza, sorpresa, miedo, etc. Realmente en humanos, y también en robots, el expresar estas emociones se realiza con los gestos de la cara, en realidad movimientos de cejas, ojos y boca, y también con el tono de la voz. Esto es sencillo de implementar en robots y de hecho ya se realiza en algunos. Más complejo es construir modelos del sistema emocional de tal manera que estos estados emotivos respondan a estímulos que el robot percibe de su exterior: en qué situaciones y cuando un robot debe sonreír o llorar, gritar o susurrar, mostrar simpatía o firmeza, miedo, etc. Esto es más complejo de realizar, aunque ya existe algún modelo del sistema emotivo. Más difícil aún es captar el estado emocional de las personas u otros robots con las que se interactúa para adaptar su comportamiento al mismo.

Además de estos intentos de modelar comportamientos hay varias líneas de estudio que tratan de modelar el comportamiento del cerebro desde el punto de vista de aprendizaje y creación de la conciencia. La línea de investigación, quizás, más prometedora, es aquella que configura estos cerebros como redes de neuronas artificiales que interactúan entre ellas y que pueden aprender conductas de comportamiento en función de estímulos. Así se puede ya sintetizar comportamientos semejantes a los insectos y se podrá ampliar estos al de animales con mayores aptitudes de interacción como los de los mamíferos y posteriormente como los de los hombres. La naturaleza tardó millones de años en realizar esta evolución pero, sin ninguna duda, en algunas décadas tendremos buenos resultados en estos cerebros artificiales.

También es interesante, en un contexto de vaticinio del futuro de los robots, citar alguna de las aportaciones que otras disciplinas, como la nanotecnología o la biotecnología, pueden realizar a la robótica en las próximas décadas. La primera de ellas, la nanotecnología, permitirá la construcción de nanorobots, es decir, sistemas del tamaño de una molécula dotados de movimientos y que, unidos entre sí formando colonias que operan conjuntamente, permitirán la sintetización de objetos que cambien de forma o de color. Se podrá pensar en disponer de herramientas que se adapten al perfil del objeto sobre el que van a actuar o utensilios que cambien de forma en función de la tarea a la que se vayan a destinar.

También estos nanorobots trabajando colectivamente podrán ser usados como infatigables trabajadores construyendo o montando todos los objetos que necesitemos. De manera similar a las hormigas o las abejas, siguiendo sus estrategias de trabajo en grupo, con cientos o miles de estos nanorobots, se podrá, por ejemplo, realizar exploraciones de zonas desconocidas, quizás en otros planetas o en las profundidades marinas. Nanorobots de características similares podrán ser utilizados en biotecnología. Con concepciones semejantes, pero utilizando componentes orgánicos, se podrían construir órganos artificiales para implantes o vehículos diminutos que se introduzcan en los cuerpos para realizar cirugías o reconocimiento de determinados órganos o para depositar, o incluso ser, la medicación microscópica para curar determinadas células enfermas. Igual a como los pueblos y ciudades cambiaron de aspecto durante el siglo pasado y a como la vida de los hombres se hizo más confortable por la influencia de la

1.1 ROBOTS DE SERVICIO

electricidad y de los desarrollos electrónicos, un mayor cambio ocurrirá en el mundo de nuestro entorno cuando se haga realidad esa explosión en el uso de los robots.

2 DISEÑO DEL BRAZO ROBÓTICO

2.1 DESCRIPCIÓN DEL BRAZO ROBÓTICO

El diseño del brazo robótico nace como necesidad de un proyecto sobre un sistema de desinsectación por medio de microondas.

El sistema de desinsectación ha sido probado por el Departamento de Comunicaciones de la Universidad Politécnica de Valencia en retablos de madera con muy buenos resultados. Por tal motivo se desea ampliar el rango de aplicación y hacer pruebas del sistema en estructuras arquitectónicas. Ya que estas no se pueden mover para ser tratadas, se ha visto la necesidad de acoplar el sistema de desinsectación a un vehículo provisto de un brazo robótico.

La función del brazo robótico es dar seguridad al operario durante el tratamiento de piezas y accesibilidad a las esquinas, alturas y puntos ocultos.

Las características que debe presentar el brazo robótico son:

- Seguro: cumpliendo la normativa vigente sobre el límite de la exposición de las personas a campos electromagnéticos y evitando que el operario lo opere manualmente.
- Compacto: para facilitar su transporte, las maniobras del operario y su utilización en cualquier ambiente.
- Económico: diseñado con materiales y componentes comerciales de fácil adquisición.
- Montaje sencillo: para facilitar las tareas de mantenimiento y desacople del aplicador.
- Alta automatización: facilita el funcionamiento del sistema, homogeniza el método de aplicación, reduce errores y costos de funcionamiento.

2.1.1 Componentes

El Brazo Robótico tiene dos componentes principales. Estos son el brazo articulado y el vehículo al que se le acoplará el brazo.

2.1.1.1 El brazo articulado

Este se compone de torreta, brazo, antebrazo, muñeca y antena (elemento terminal).

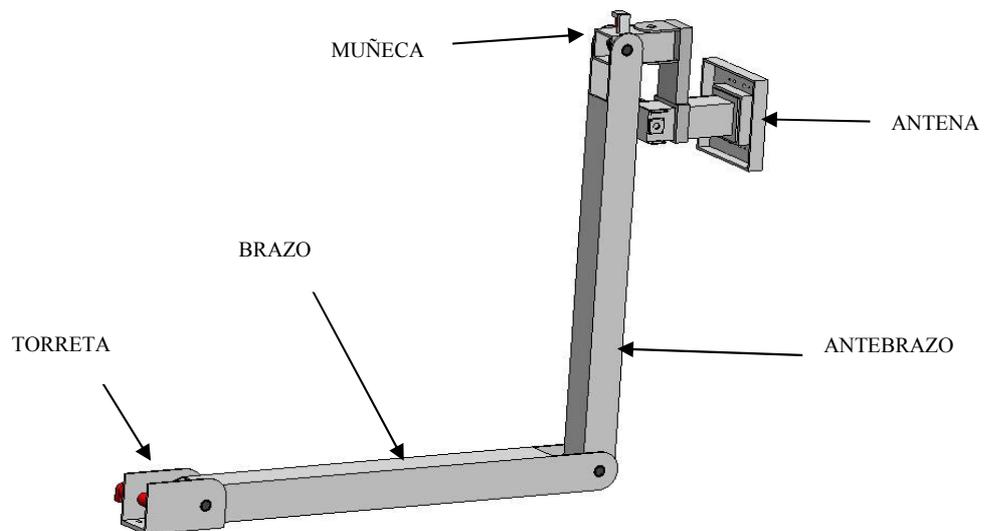


Figura 2.1. Componentes del brazo articulado.

2.1 DESCRIPCIÓN DEL BRAZO ROBÓTICO

2.1.1.2 Vehículo

Sus componentes principales son el mecanismo elevador de tijera, el chasis donde se alojan las ruedas y el chasis donde se aloja la caja que contiene todo el sistema de microondas.

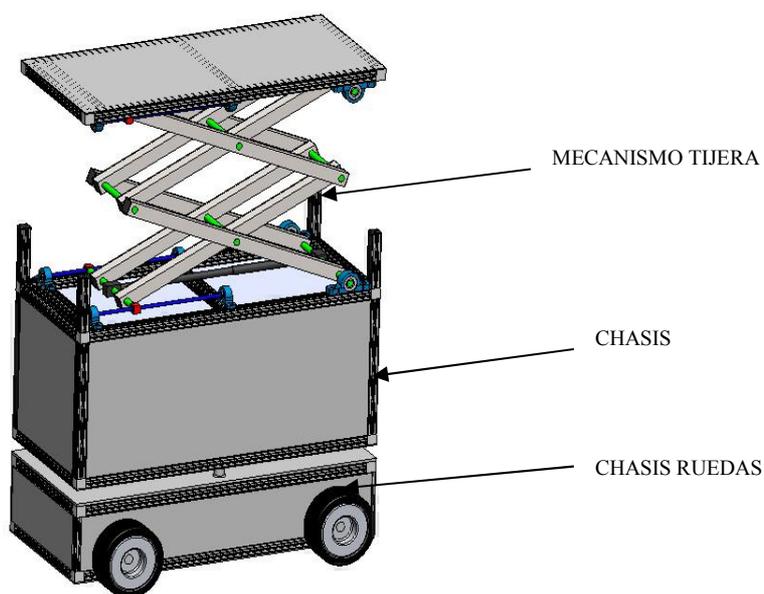


Figura 2.2. Componentes del vehículo.

2.1.2 Funcionamiento

El brazo robótico es un robot redundante de siete grados de libertad.

Estos se describen a continuación:

- Rotación Brazo

El motor eléctrico alojado en la torreta mueve el eje del brazo por medio de una transmisión por polea y correa permitiendo así su rotación.

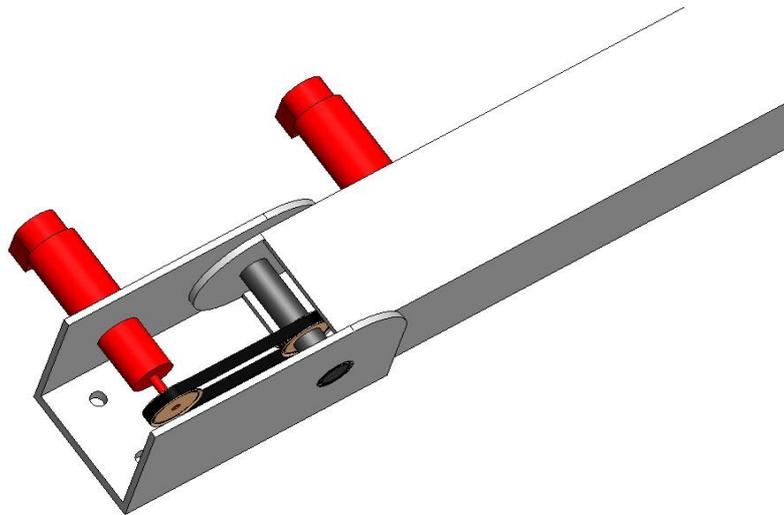


Figura 2.3. Rotación del brazo.

- Rotación antebrazo

El motor eléctrico alojado en el brazo mueve el eje del antebrazo por medio de una transmisión por polea y correa permitiéndole así su rotación.

2.1 DESCRIPCIÓN DEL BRAZO ROBÓTICO

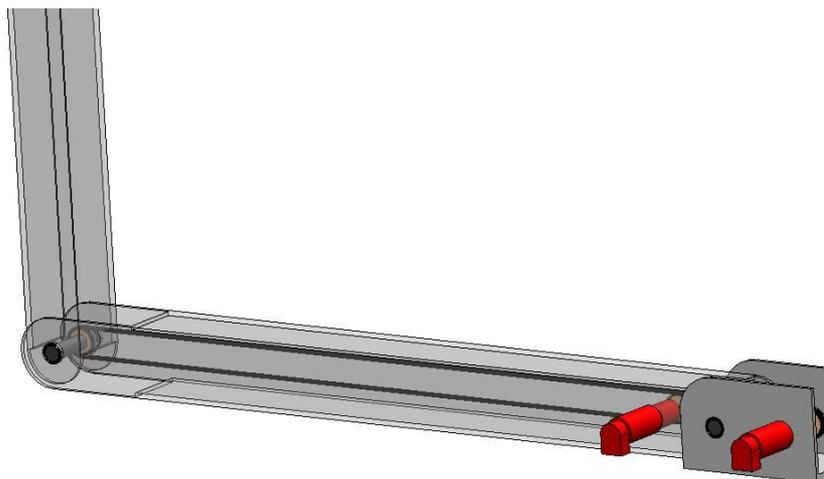


Figura 2.4. Rotación del antebrazo.

- Rotación muñeca

Un motor eléctrico alojado en la muñeca permite la rotación del eje acoplado a la muñeca.

Es necesaria una transmisión por engranajes cilíndricos para lograr el giro del eje ya que este es perpendicular al eje del motor.

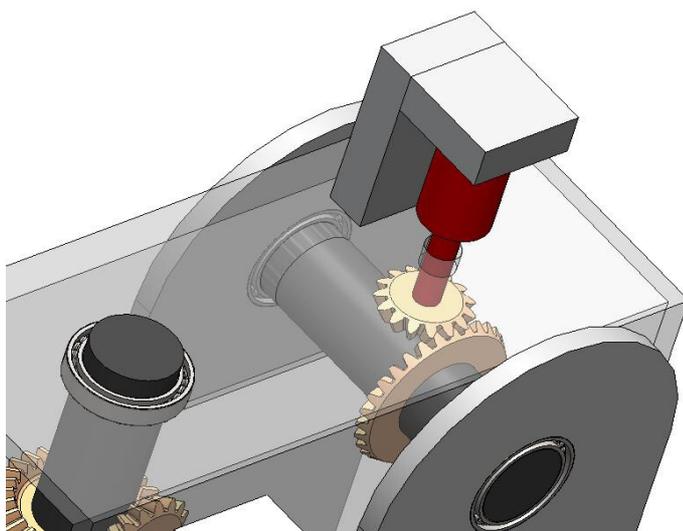


Figura 2.5. Rotación de la muñeca.

- Rotación Antena

Un motor eléctrico alojado en la muñeca permite la rotación del eje acoplado al brazo que sujeta la antena, logrando así la rotación de esta.

Es necesaria una transmisión por engranajes cilíndricos para lograr el giro del eje ya que este es perpendicular al eje del motor.

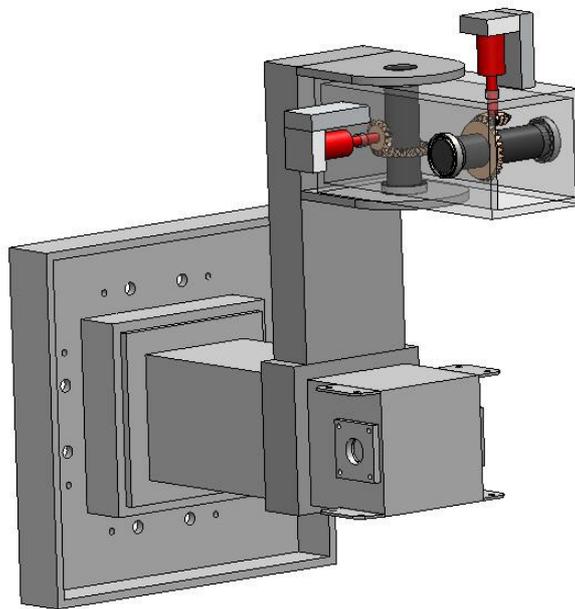


Figura 2.6. Rotación de la antena.

- Desplazamiento vertical del mecanismo de tijera

La chapa donde se encuentra acoplado el brazo articulado puede desplazarse verticalmente. Esto se logra mediante un mecanismo elevador de tijera. Un actuador lineal eléctrico desplaza el eje donde se acoplan dos rodamientos lineales permitiendo

2.1 DESCRIPCIÓN DEL BRAZO ROBÓTICO

así que estos se desplacen a lo largo de la guía. El mecanismo de tijera permite una elevación de 2 metros.

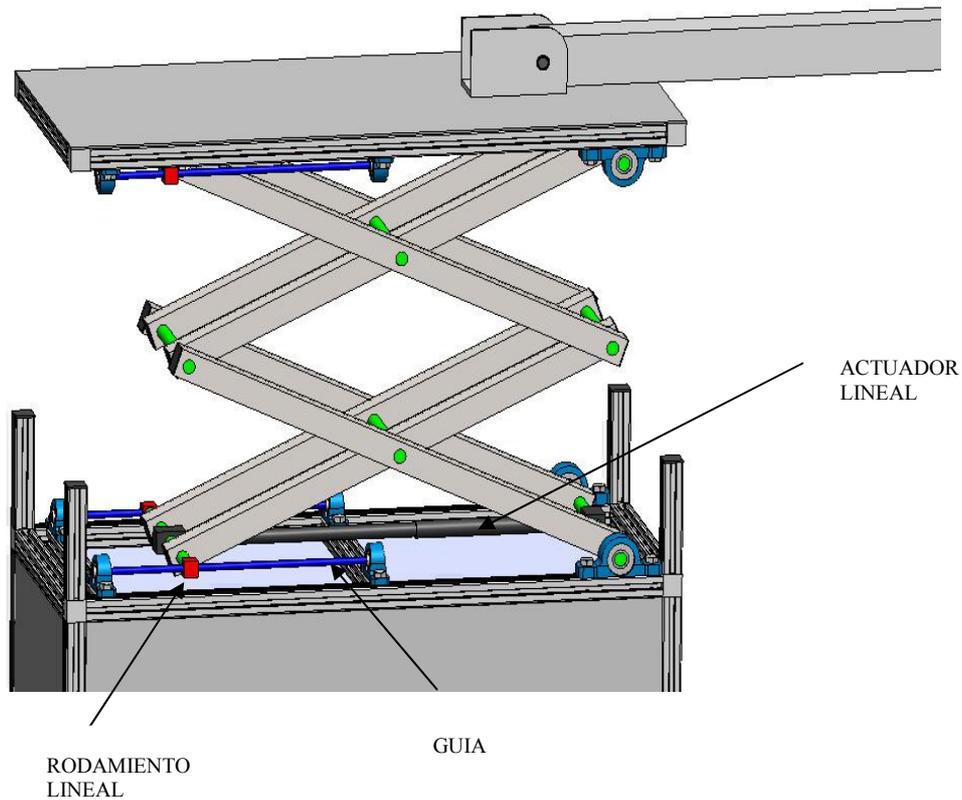


Figura 2.7. Elevación del mecanismo de tijera.

- Rotación del chasis del vehículo

Un motor eléctrico y por medio de una transmisión de engranajes hace posible el giro del chasis del vehículo aumentando así el espacio de trabajo del brazo robot.

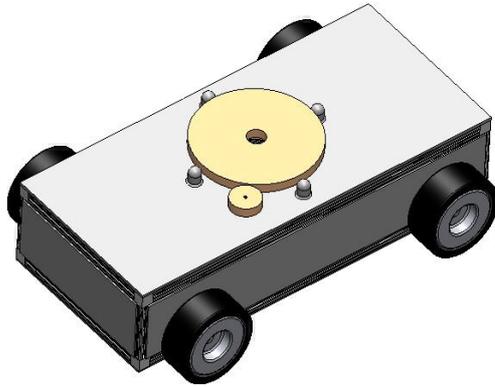


Figura 2.8. Rotación del chasis del vehículo

- Desplazamiento horizontal del vehículo

El vehículo puede desplazarse horizontalmente, esto se lo logra mediante un mecanismo de diferencial. Un motor eléctrico gira el eje del diferencial mediante una transmisión por polea y correa, permitiendo así el giro de las ruedas.

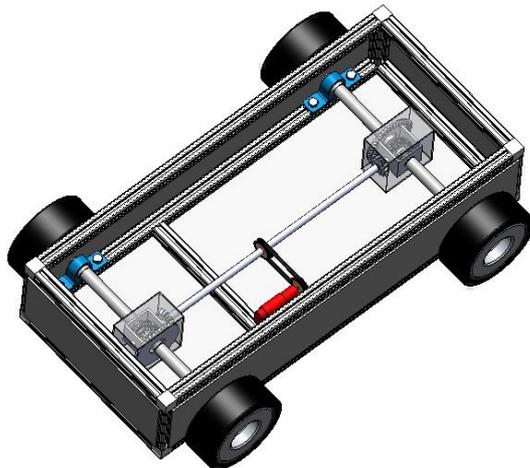


Figura 2.9. Desplazamiento horizontal del vehículo.

2.1 DESCRIPCIÓN DEL BRAZO ROBÓTICO

2.1.3 Selección de componentes y materiales

Se partió de la idea de realizar un diseño sencillo, ligero y muy funcional. Para esto se realizó un diseño con piezas disponibles en el mercado, es decir, se realizó un diseño minimizando la fabricación de piezas propias, reduciendo así tiempos en un futuro proceso de construcción del brazo robótico.

La selección de componentes y materiales se realizó según catálogos de distribuidores. Siendo RS (<http://www.es.rs-online.com>) el catalogo más utilizado y de donde se seleccionaron la mayoría de componentes.

En el apartado 2.4 sobre presupuesto se muestra la lista de componentes y materiales.

A continuación se describen el tipo de componentes seleccionados tanto para el brazo robótico como para el vehículo.

2.1.3.1. Perfilería

Se seleccionaron perfiles cuadrados de aluminio para el diseño de brazo, antebrazo, muñeca y antena.

Para el diseño del chasis del vehículo se seleccionó perfil técnico de aluminio y sus accesorios para el ensamblado de ellos. Con este tipo de perfil se logró un diseño muy sencillo ya que este tipo de perfil permite acoplar piezas fácilmente.

Para las barras del sistema de tijera, se seleccionó perfil cuadrado en acero.

2.1.3.2 Actuadores

Todos los actuadores, tanto del brazo robot como del vehículo, son eléctricos y de corriente continua.

Para el accionamiento de los brazos, el giro y desplazamiento del vehículo se seleccionaron motores Maxon RE36.

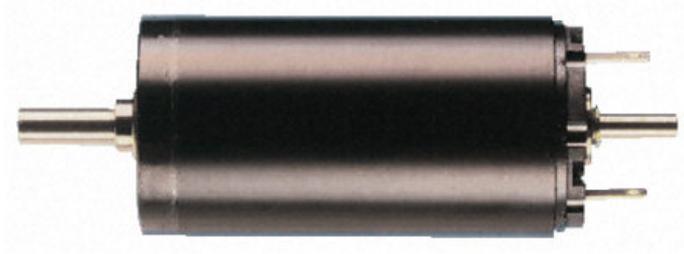


Figura 2.10. Motor Maxon RE 36.

Para el accionamiento de la muñeca se seleccionaron motores Maxon A Max 16.



Figura 2.11. Motor Maxon A Max 16.

Para el accionamiento del mecanismo elevador de tijera se utilizó el actuador lineal Linak LA22.

2.1 DESCRIPCIÓN DEL BRAZO ROBÓTICO



Figura 2.12. Actuador lineal Linak LA22.

2.1.3.3 Poleas y correas de sincronización

Como la distancia entre los ejes de los brazos del robot era considerable, se seleccionaron poleas y correas de sincronización para transmitir potencia de un eje a otro. Se seleccionaron poleas en aluminio con diámetro interior de 20 mm.

2.1.3.4 Rodamientos y chumaceras

Para el brazo se seleccionaron rodamientos de bolas SKF 61804-2RZ.

Como alojamiento de los ejes del mecanismo de tijera se seleccionaron chumaceras SKF con diámetros internos de 12mm y 25 mm.

Como alojamiento de los ejes de las ruedas del vehículo se seleccionaron chumaceras SKF de 35mm de diámetro interno.

2.1.3.5 Ejes

Para el diseño del brazo se seleccionaron ejes con diámetros de 20mm.

Para el diseño del vehículo se seleccionaron ejes de 12mm, 25mm y 35mm de diámetro.

2.1.3.6 Engranajes

Para el movimiento de la muñeca se seleccionaron engranajes cilíndricos con una relación de 2 a 1 y con un modulo de 2.

En el diseño del vehículo se seleccionó un juego de engranajes dentados para permitir el giro del chasis del vehículo.

2.2 DISEÑO MEDIANTE SOLIDWORKS

2.2 DISEÑO MEDIANTE SOLIDWORKS

El software de automatización de diseño mecánico de Solidworks es una herramienta de diseño de modelado sólido paramétrica y basada en operaciones que aprovecha la facilidad de aprendizaje de la interfaz gráfica de usuario de Windows™. Puede crear modelos sólidos en 3D totalmente asociativos con o sin restricciones mientras utiliza al mismo tiempo las relaciones automáticas o definidas por el usuario para capturar la intención del diseño.

2.2.1. Procedimiento

En el presente apartado se procederá a describir los principales detalles acerca del procedimiento que se ha llevado a cabo para el diseño del brazo articulado en SOLIDWORKS, el cual se describe a continuación:

2.2.1.1 Croquizado de piezas

De acuerdo a los componentes seleccionados en catálogos comerciales se procedió al Croquizado de las piezas. Para esto se utilizó la información de las hojas técnicas de cada pieza.

2.2.1.2 Ensamblaje

Las piezas creadas en el apartado anterior se ensamblaron mediante relaciones de posición. Estas pueden ser de coincidencia, concetricidad, paralelismo y perpendicularidad entre superficies.

A continuación se muestran los ensamblajes del brazo robótico, del mecanismo elevador de tijera y del chasis inferior del vehículo.

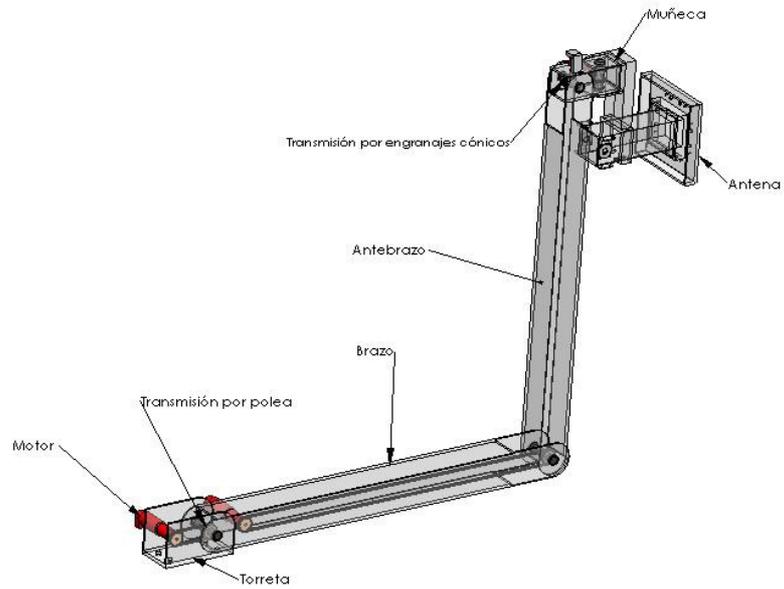


Figura 2.13. Ensamblado del brazo robot.

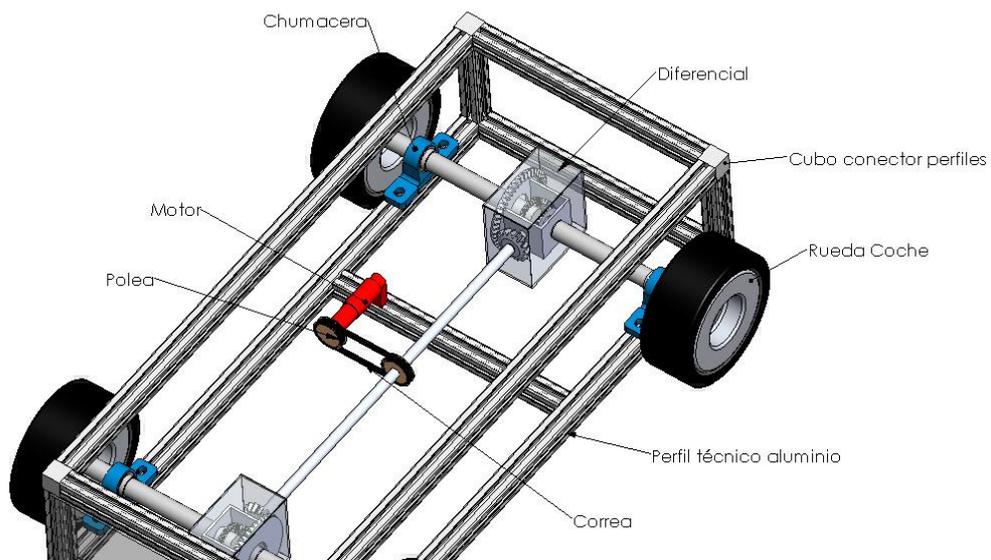


Figura 2.14. Ensamblado del chasis inferior.

2.2 DISEÑO MEDIANTE SOLIDWORKS

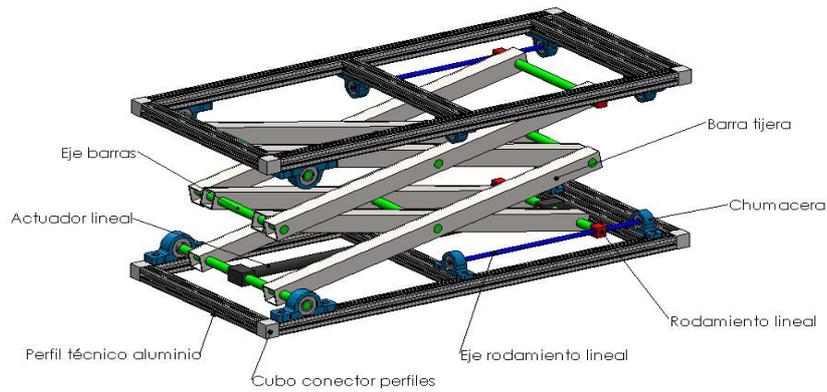


Figura 2.15. Ensamblado del mecanismo de tijera.

2.2.1.3 Renderizado

A partir del ensamblaje final del modelo se realizó un renderizado para darle mejoras en la presentación final del brazo robótico.



Figura 2.16. Renderizado del modelo.

2.2.1.4 Obtención de planos

Luego se procedió a la elaboración de planos para una futura construcción del Brazo Robótico. Estos planos están contenidos en el anexo del proyecto.

2.3 SIMULACION CON VISUAL NASTRAN DESKTOP

MSC. Visual Nastran Desktop es un software de MSC, de visualización tridimensional y simulación en línea para la ingeniería de entornos en CAD. Visual Nastran Desktop está diseñado para satisfacer las necesidades del diseño en ingeniería y crear presentaciones profesionales para la construcción de prototipos y correr simulaciones reales con capacidades de modelado funcionales.

2.3.1 Procedimiento

Para la simulación del proyecto con el Visual Nastran Desktop se utilizó el siguiente procedimiento:

2.3.1.1 Importación de ficheros

Toda la geometría se importó desde Solidworks 2009. Los archivos se importaron con extensión *.iges.

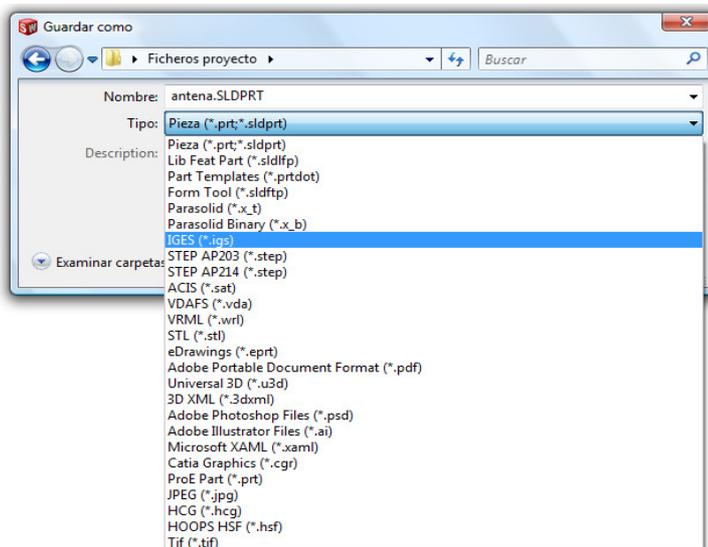


Figura 2.17. Ficheros iges.

Se importó pieza a pieza ya que por incompatibilidad de versiones entre los programas, el Visual Nastran Desktop no nos permitía la importación de ensamblajes.

Cada una de las piezas se guardó como ficheros wm3, que es el tipo de extensión del Visual Nastran Desktop 2004.

2.3.1.2 Ensamblaje

Luego de tener todas las piezas en ficheros wm3, se procedió a realizar el ensamblaje de ellas.

Para realizar el ensamblaje es necesaria la ubicación de un sistema de referencia situado en un cuerpo que va a permitir definir el movimiento relativo entre este y el otro cuerpo con el que forma el par cinemático.

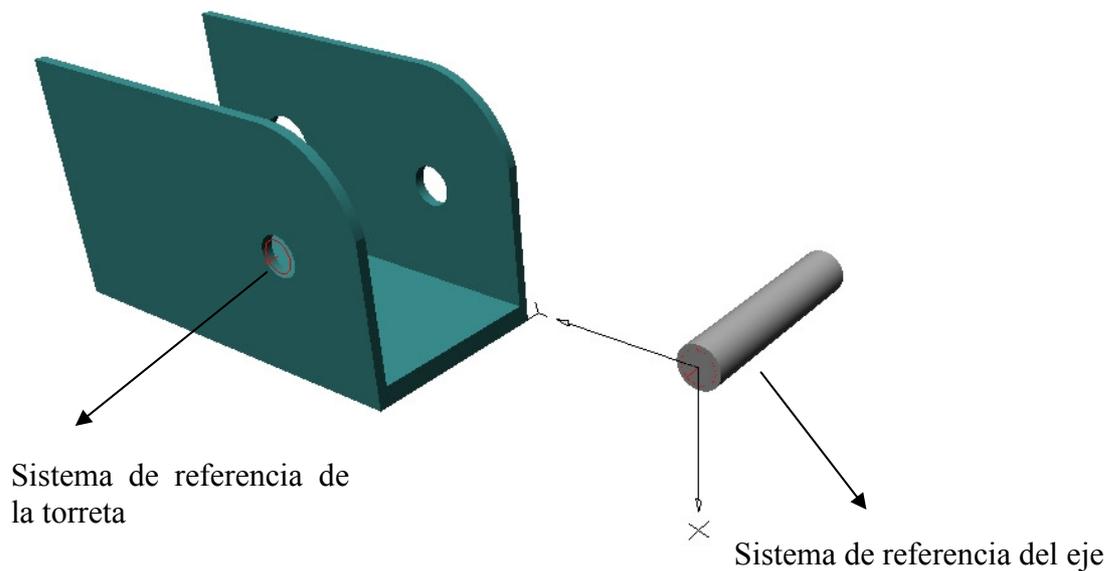


Figura 2.18. Ubicación de sistemas de referencia en Visual Nastran Desktop.

2.3 SIMULACIÓN CON VISUAL NASTRAN DESKTOP

Luego entre los sistemas de referencia se establecieron pares cinemáticos para realizar su ensamblaje. Se utilizaron pares de revolución y pares rígidos.

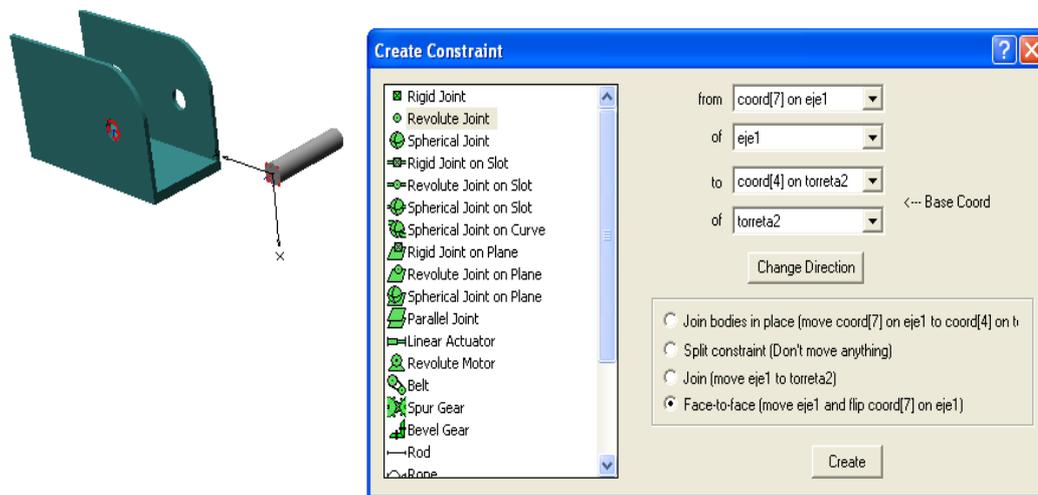


Figura 2.19. Creación de pares cinemáticos.

A continuación se muestra el ensamblaje final del eje en la torreta.

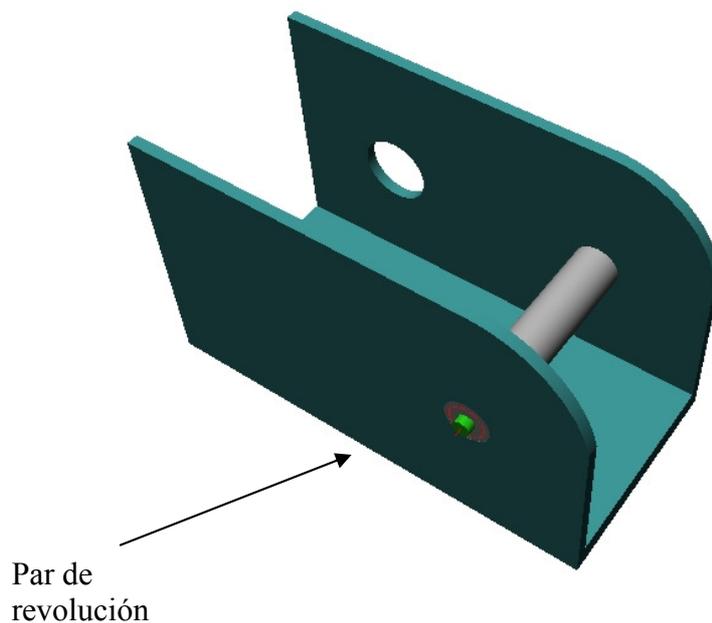


Figura 2.20. Ensamblaje del eje en la torreta mediante Visual Nastran Desktop.

Los ficheros al ser importados desde Solidworks, hacen que en general los modelos sean pesados para correrlos en Visual Nastran Desktop.

Por tal motivo se realizaron pequeños ensamblajes, además reduciendo el tiempo en la búsqueda y corrección de posibles errores en el ensamblaje.

A continuación se muestra uno de los ensamblajes realizados, en este caso la torreta con el eje y la transmisión de potencia por motor y poleas.

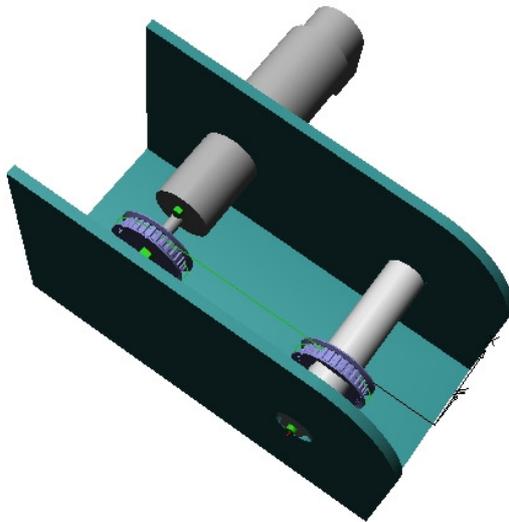


Figura 2.21. Ensamblaje final de la torreta.

Luego de tener modelados todos los subensamblajes se realizó un ensamblaje entre ellos para lograr de este modo el modelo general del proyecto.

2.3 SIMULACIÓN CON VISUAL NASTRAN DESKTOP



Figura 2.22. Modelo final en Visual Nastran Desktop.

2.3.1.3 Simulación dinámica

Se realizó la simulación dinámica en pequeños subensamblajes.

Si se hubiera realizado una simulación de ensamblajes muy grandes, el programa se hubiera colgado ya que el gasto computacional es muy elevado.

Para la simulación es necesaria la creación de sistemas de coordenadas en las superficies donde se transmitía movimiento.

En este ejemplo, fue necesaria la creación de un sistema de coordenadas en el eje del motor alojado en la torreta.

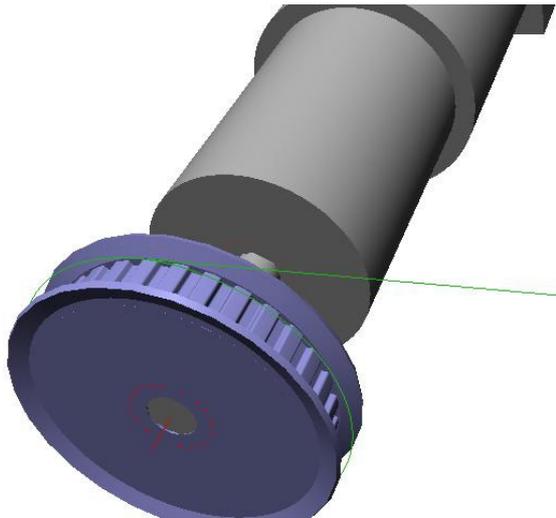


Figura 2.23. Creación de un sistema de referencia en el eje del motor.

Luego se creó un par de motor de revolución justo en el sistema de referencia al que se le indicó.

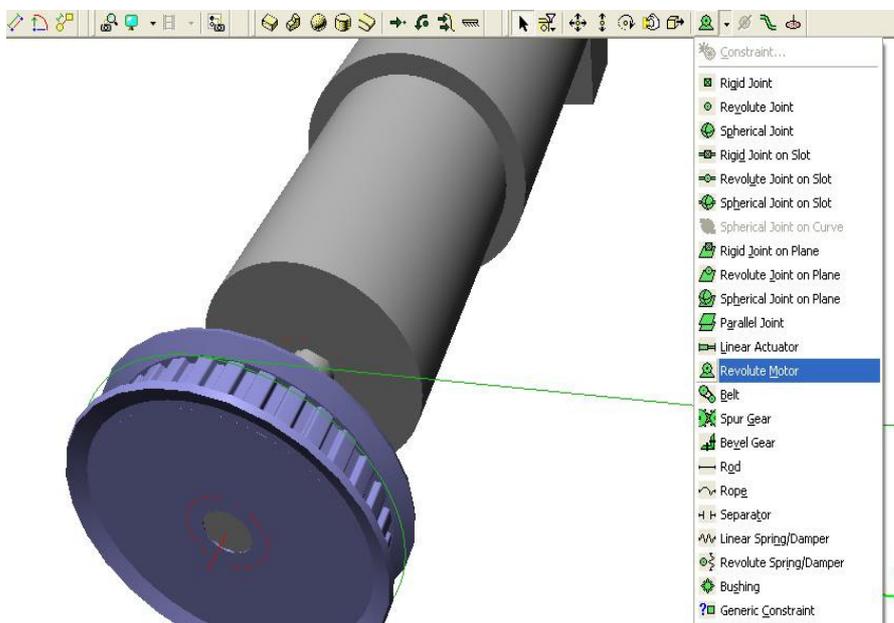


Figura 2.24. Creación de un par de motor de revolución.

2.3 SIMULACIÓN CON VISUAL NASTRAN DESKTOP

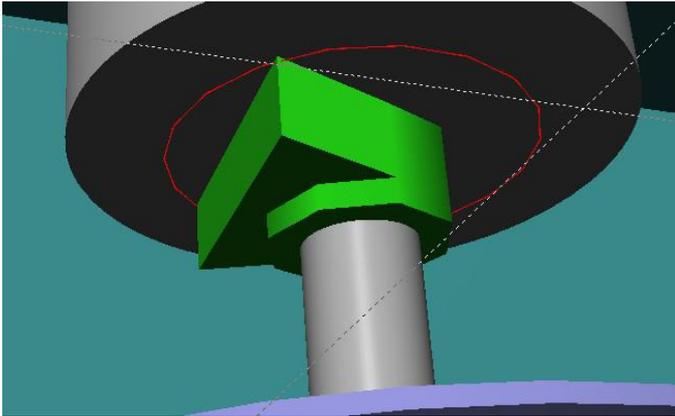


Figura 2.25. Par de motor de revolución.

El mismo procedimiento se utilizó para la creación de pares de correa entre poleas, y para la simulación del actuador lineal del mecanismo de tijera.

A todos los motores se les restringió la rotación a sólo un ángulo de giro determinado para así evitar colisiones entre componentes.

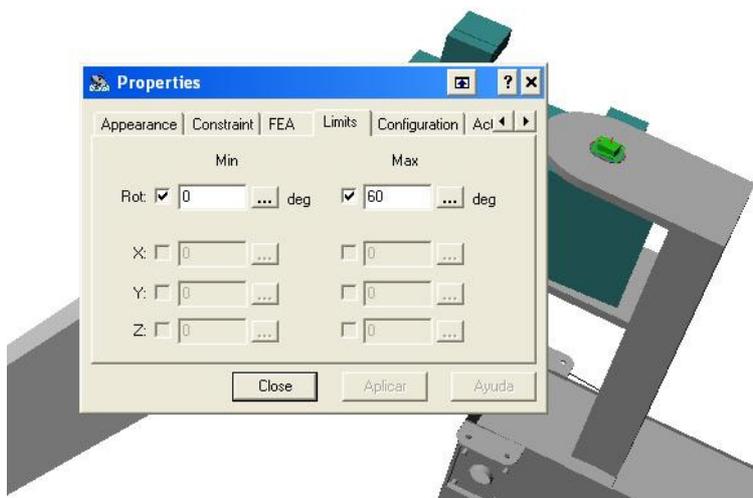


Figura 2.26. Propiedades del motor de revolución.

Al actuador lineal se le indicó el desplazamiento máximo que podría tener.

Después de tener el subensamblaje completo, con actuadores y transmisiones ubicadas, se procedió a realizar la simulación del modelo. Para ello se utilizaron pequeñas velocidades angulares de los motores para visualizar claramente todo el recorrido de los elementos.

También en el actuador se utilizaron valores pequeños de velocidad.

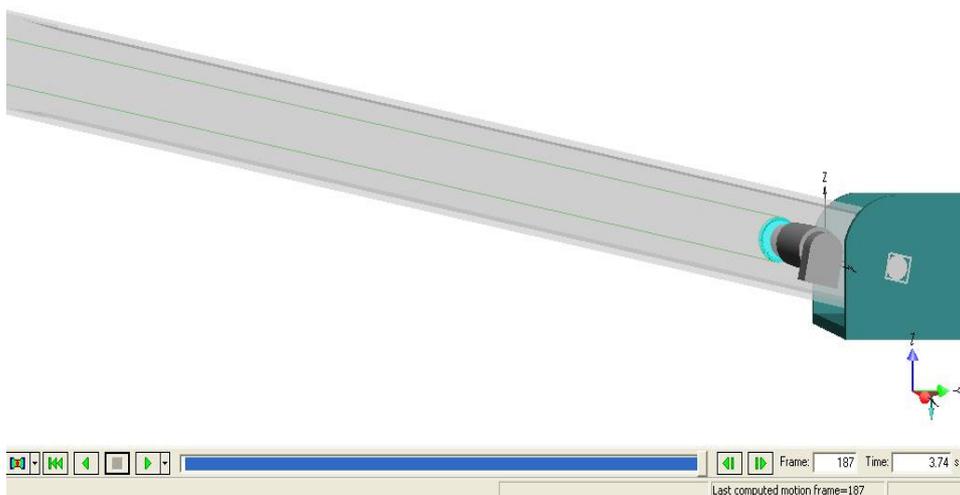


Figura 2.27. Reproducción de la simulación del movimiento del brazo.

2.3.2 Resultados

Fue posible simular cada uno de los movimientos de los componentes del brazo robótico.

De todas estas simulaciones se extrajeron ficheros de video .avi. En ellos se aprecia con claridad los tipos de movimiento del brazo robótico.

2.3 SIMULACIÓN CON VISUAL NASTRAN DESKTOP

No se pudo realizar una simulación del modelo completo, ya que por ser un modelo con muchas piezas, y cada una con muchos pares cinemáticos, el programa se colgaba.

Como una futura solución, sería probar la simulación en un ordenador muy potente o importar los ficheros desde Solidworks 2004, versión con la cual es compatible esta versión de Visual Nastran Desktop.

No se realizó ningún tipo de estudio de la simulación. El objetivo principal de esta fue la visualización de cada uno de los grados de libertad del brazo robótico.

2.4 PRESUPUESTO

2.4 PRESUPUESTO

Como se ha comentado antes, la selección de materiales y componentes se ha realizado desde el catalogo comercial RS, por lo tanto se incluye en el presupuesto el código de referencia RS.

En la tabla se indica el coste de los componentes del brazo robótico.

Pieza	Código RS	Cantidad	Precio Unidad	Precio total
Perfil técnico aluminio 40x40mm L3m	223-644	12	59.19	710.28
Cubo conector perfil técnico	523-207	32	11.76	376.32
Conector en T perfil técnico	523-235	24	13.6	326.4
Lámina aluminio 500x300x2mm	434-059	6	35.33	211.98
Rodamiento con soporte de pie di12mm	339-8417	8	22.81	182.48
Rodamiento con soporte de pie di25mm	339-8445	4	27.42	109.68
Rodamiento lineal di12mm	284-9093	4	13.12	52.48
Eje rodamiento lineal d12mm	285-0403	2	45.27	90.54
Tubo cuadrado acero 50x50mm eslabones tijera		8	12	96
Barra Acero d25mm L1m	770-456	8	10.59	84.72
Motor muñeca	420-5170	2	49.06	98.12
Motor dc	420-4953	4	198.79	795.16
Actuador lineal	341-1627	1	272.37	272.37
Juego engranajes dentados	521-6692	1	78.12	78.12
Ruedas	454-1426	4	10.37	41.48
Tuerca autoblocante Lote de 10 unidades	275-642	2	6.03	12.06
Perno de cabeza hexagonal Lote de 25 unidades	279-773	1	9.64	9.64
Tubo aluminio 90x90mm		1	12	12
Tubo aluminio 80x80mm		1	12	12
Tubo aluminio 70x70mm		1	12	12

Continuación Tabla 2.1

Pieza	Código RS	Cantidad	Precio Unidad	Precio total
Barra acero d20mm L1m	770-440	4	7.55	30.2
Polea para correa de distribución di 6mm	744-508	2	9.16	18.32
Polea para correa de distribución di 20mm	286-4597	2	13.97	27.94
Correa de distribución	474-4984	2	3.06	6.12
Juego de engranajes cónicos	521-6008	2	25.34	50.68
Tuerca autoblocante Lote de 10 unidades	275-642	1	6.03	6.03
Perno de cabeza hexagonal Lote de 25 unidades	279-773	1	9.64	9.64
Rodamiento di 20mm	285-0576	6	10.78	64.68
			Precio total	3797.44

Tabla 2.1. Presupuesto del brazo robótico.

3 CONCLUSIONES

En el presente apartado se enuncian las diferentes conclusiones que se obtuvieron luego de la elaboración del proyecto.

- Este trabajo de investigación permitió familiarizarse con programas comerciales como los son Solidworks y Visual Nastran Desktop.
- El proyecto permitió reforzar conceptos impartidos en asignaturas del Máster como lo son Robótica y Simulación de sistemas multicuerpo.
- Se consultó en diferentes catálogos de proveedores de componentes al momento de realizar la selección de materiales.
- Se realizó un diseño sencillo y funcional, pensando siempre en facilidades en el ensamblaje y desacople en una futura construcción del brazo robótico.

4 DESARROLLOS FUTUROS

En esta tesina de máster se ha realizado el diseño del brazo robótico en entorno CAD y se ha realizado una simulación del movimiento pero no se ha realizado un análisis estructural del modelo. Por lo tanto es necesario, como un futuro desarrollo del proyecto de investigación, un análisis estructural mediante Ansys o algún software similar.

En esta tesina de máster no se ha realizado la programación y control del brazo robótico, por lo tanto es necesario el desarrollo de este apartado.

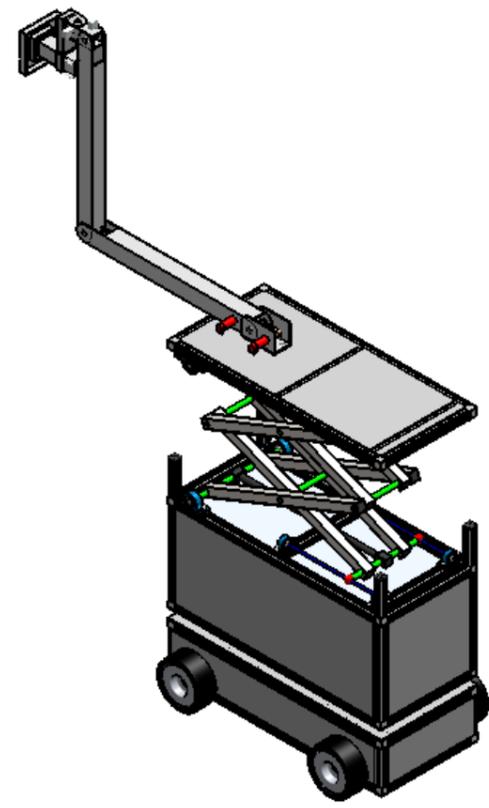
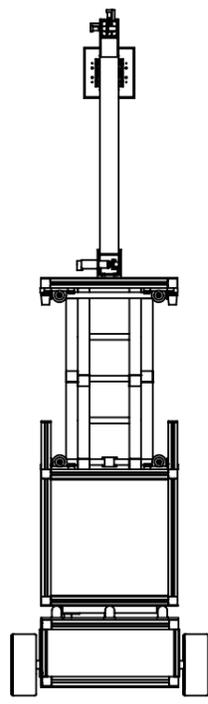
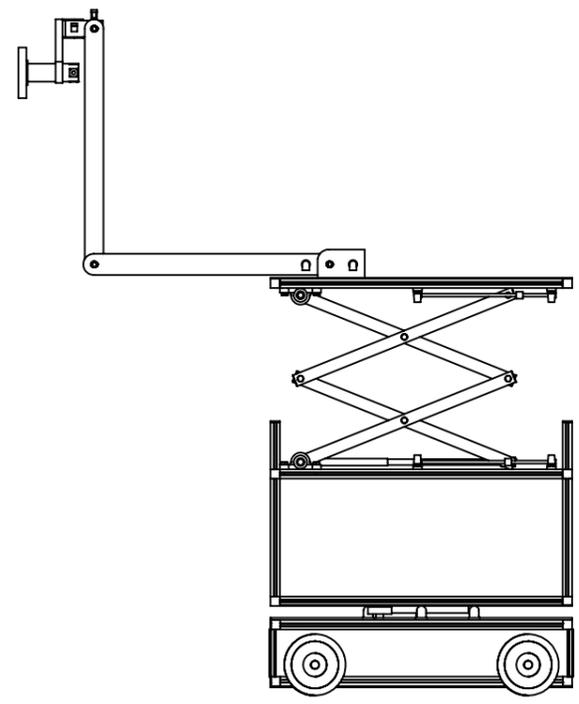
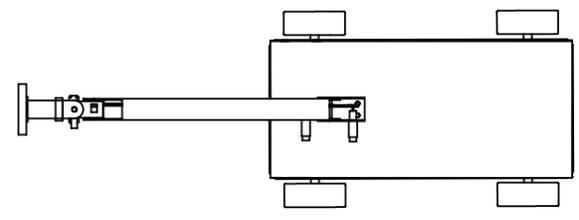
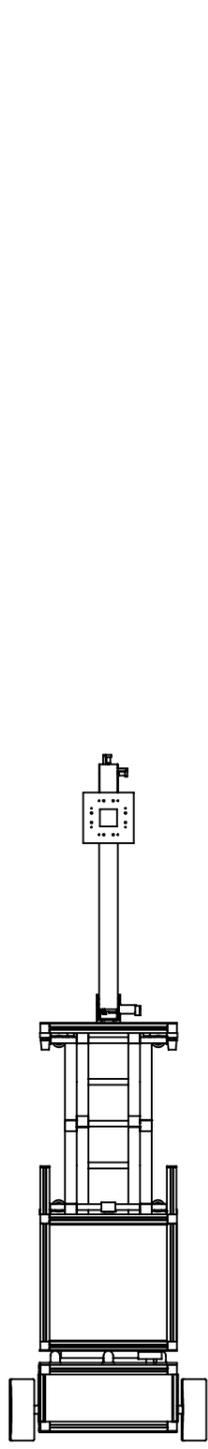
BIBLIOGRAFÍA

- [1] Barrientos, B.; Peñín, L.; Balaguer, C. y Aracil, R. Fundamentos de robótica.
- [2] Torres, F.; Pomares, J.; Gil, P.; Puente, S.; Aracil, R. Robots y sistemas sensoriales.
- [3] Rodríguez de Abajo, F.; Galarraga, R. Normalización del dibujo industrial.
- [4] Faires, V. Diseño de elementos de máquinas.
- [5] Gómez, S. El gran libro del Solidworks.
- [6] Barr, R.; Krueger, T.; Aanstoos, T.; Juricic, D. Engineering and computer graphics workbook using Solidworks 2005.
- [7] Nof, S. Handbook of industrial robotics.
- [8] Carreras, J. Croquizado, representación, acotación.
- [9] RS Online. URL <http://es.rs-online.com>.

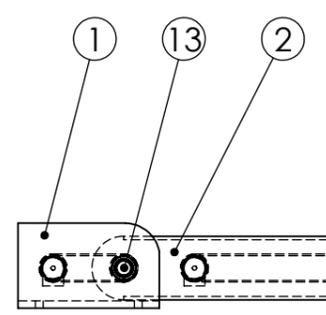
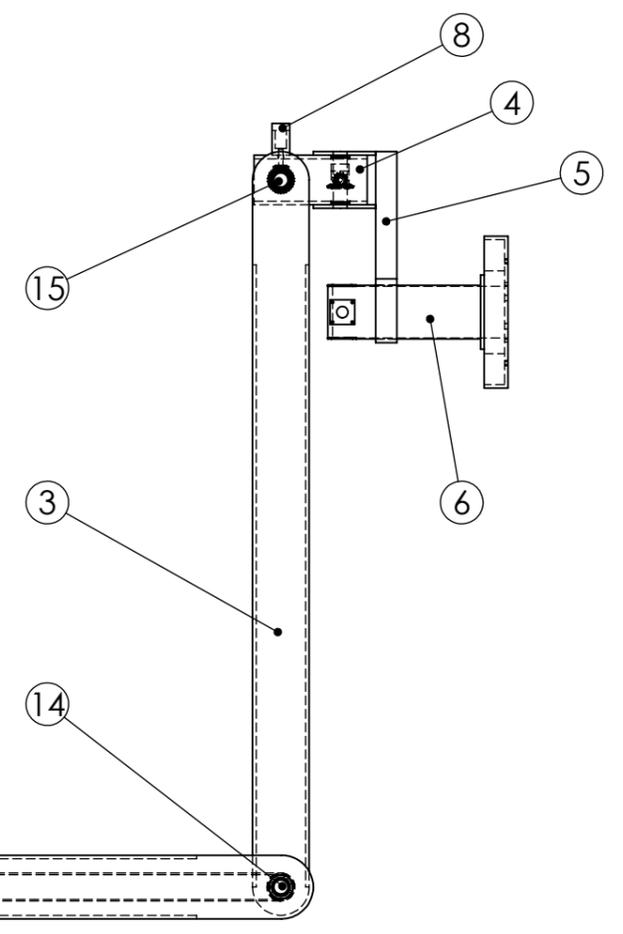
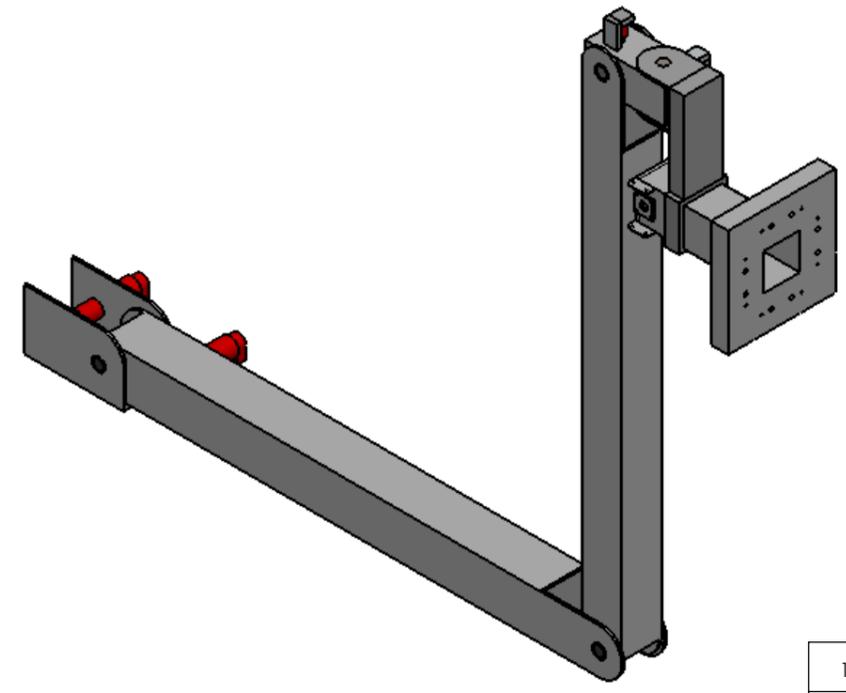
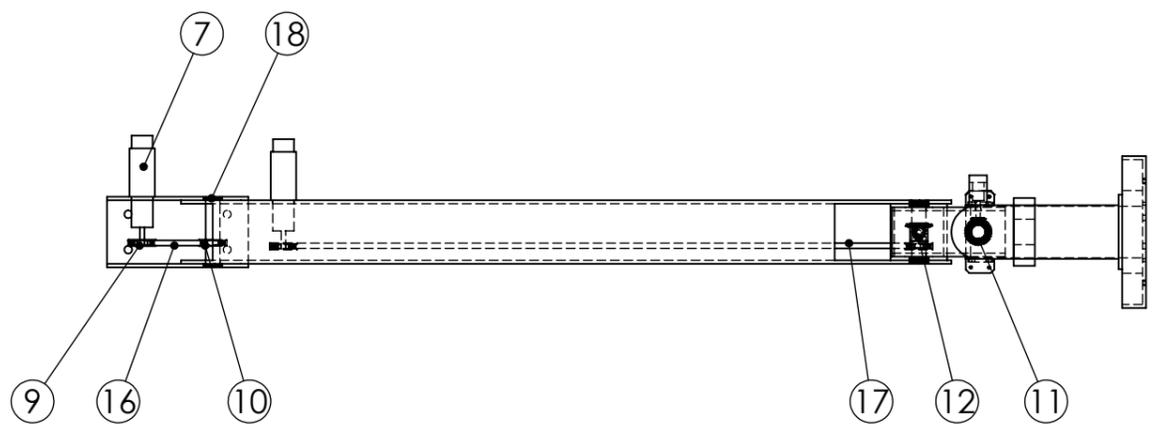
ANEXOS

ANEXOS

Se anexan los planos del Brazo Robótico.



	Fecha	Nombre	Proyección:	Máster en Ingeniería Mecánica y Materiales Universidad Politécnica de Valencia
Dibujó	02/10/2009	Daniel Aristizábal Torres		
Revisó	06/10/2009	Vicente Mata Amela	Dimensiones en mm	
Aprobó	06/10/2009	Vicente Mata Amela		
Tolerancias: ± 1 mm		Título:		Cantidad:
Escala: 1:30		Conjunto Brazo Robótico		Dibujo N° 1
				Material:
				Hoja 1 de 1

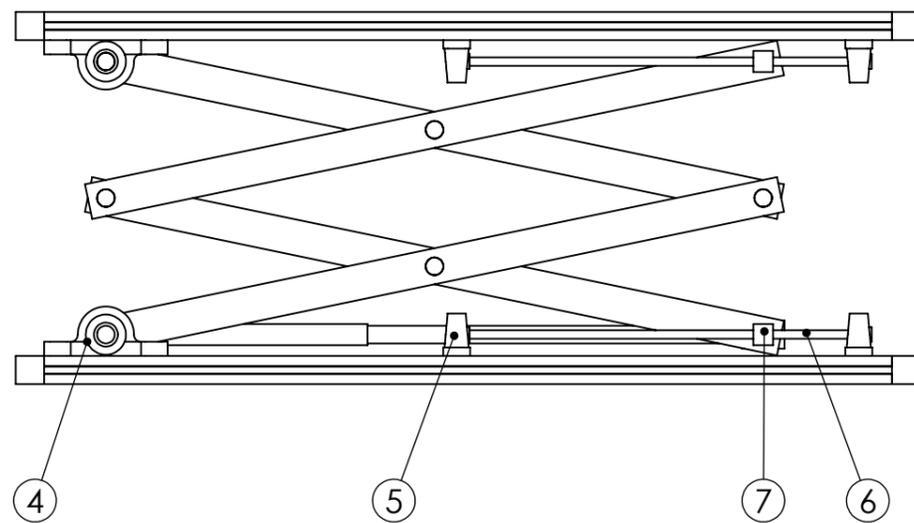
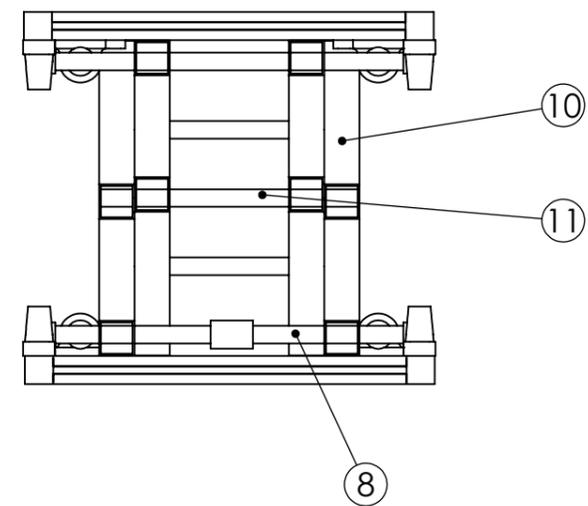
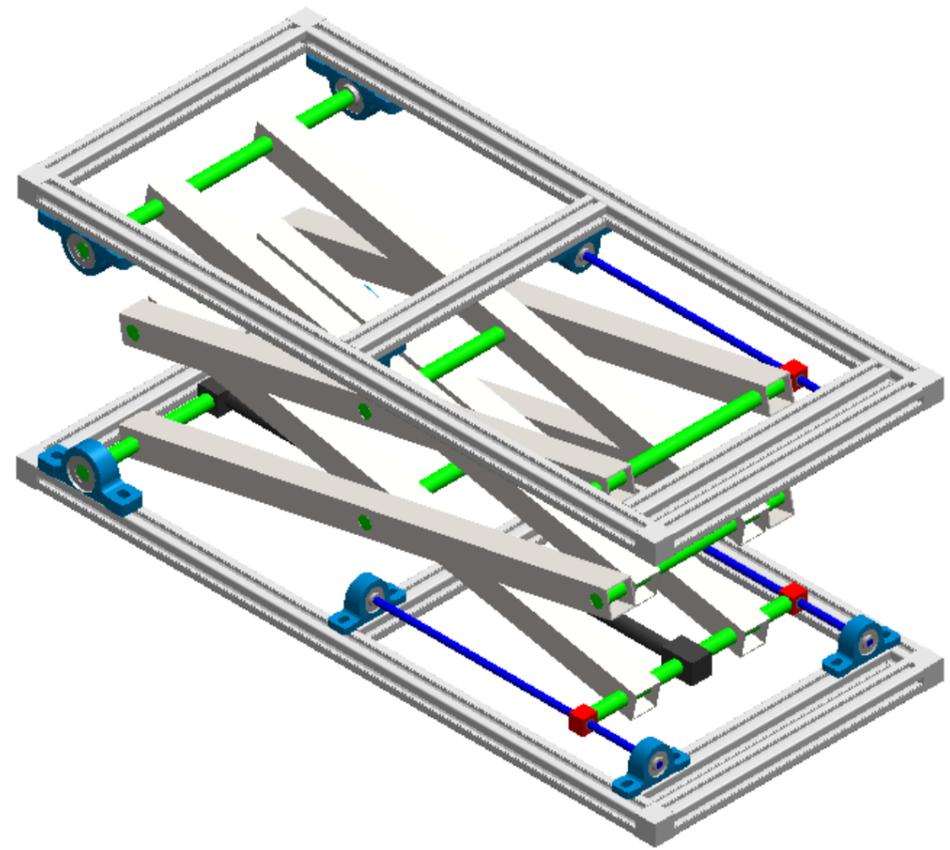
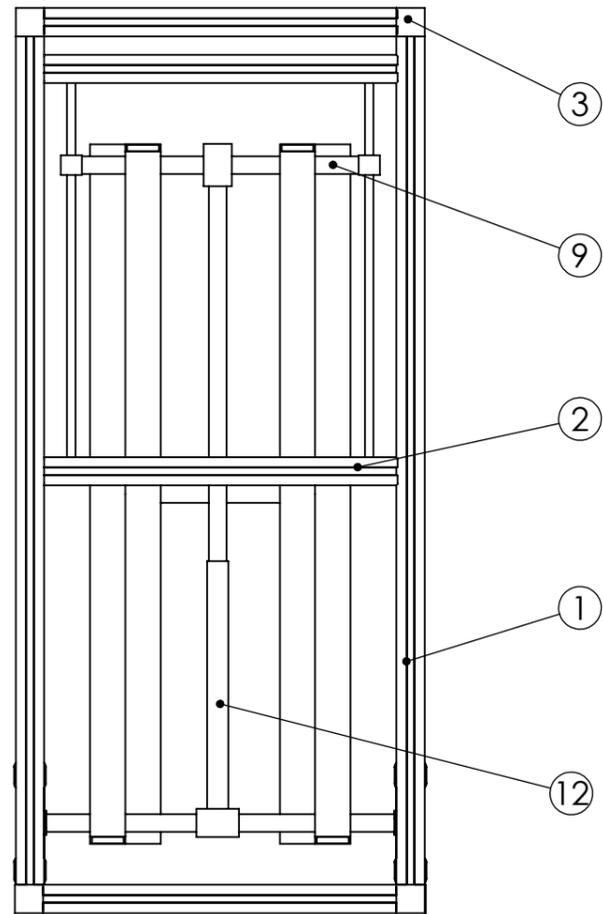


18	Rodamiento	8
17	Correa brazo	1
16	Correa torreta	1
15	Eje 3	2
14	Eje 2	1
13	Eje 1	1
12	Piñón	2
11	Rueda	2
10	Polea sincronización B	2
9	Polea sincronización A	2
8	Motor muñeca	2
7	Motor	2
6	Antena	1
5	Brazo pinza	1
4	Muñeca	1
3	Brazo 1	1
2	Brazo 2	1
1	Torreta	1
Marca	Nombre de pieza	Cantidad

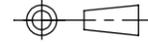
	Fecha	Nombre	Proyección:
Dibujó	02/10/2009	Daniel Aristizábal Torres	 Dimensiones en mm
Revisó	06/10/2009	Vicente Mata Amela	
Aprobó	06/10/2009	Vicente Mata Amela	

Máster en Ingeniería Mecánica y Materiales
Universidad Politécnica de Valencia

Tolerancias: ± 1 mm	Título: Brazo Robot	Cantidad:	Material:
Escala: 1:10		Dibujo N° 2	Hoja 1 de 1

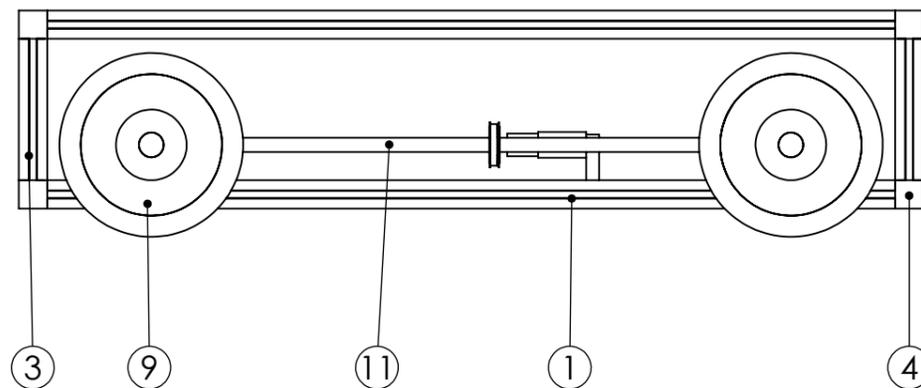
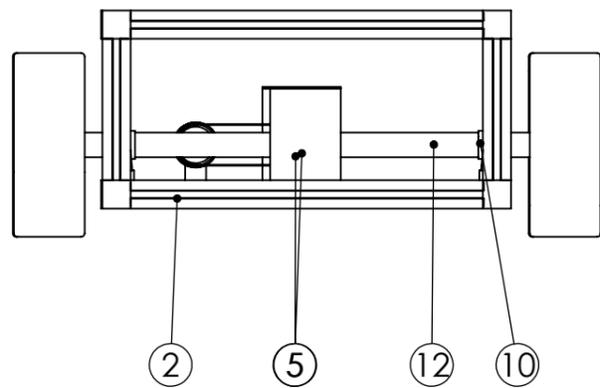
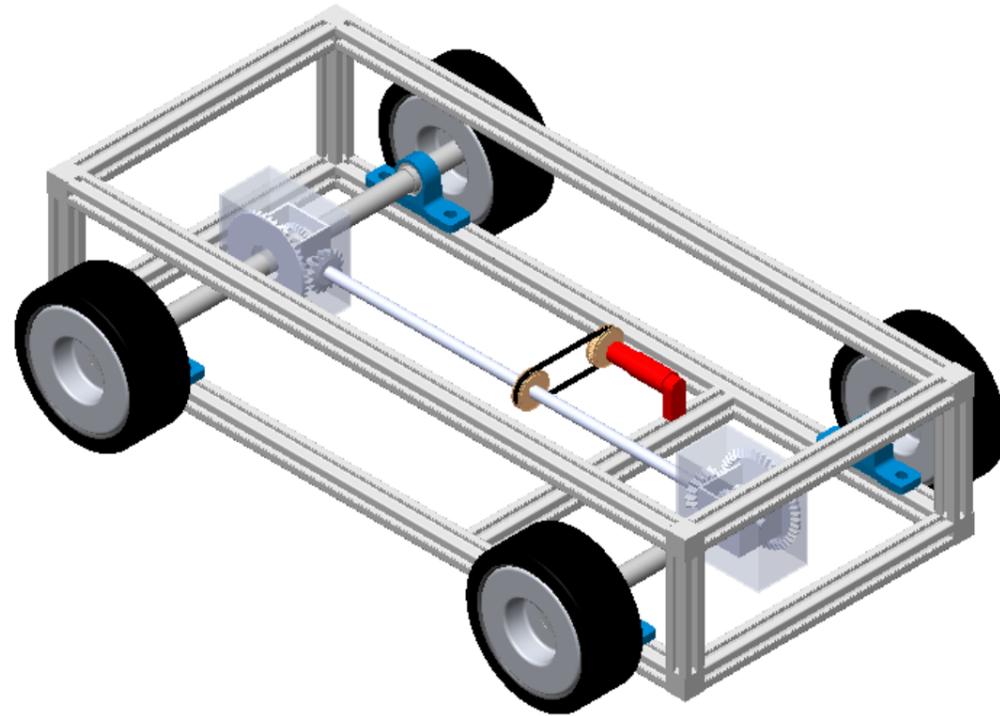
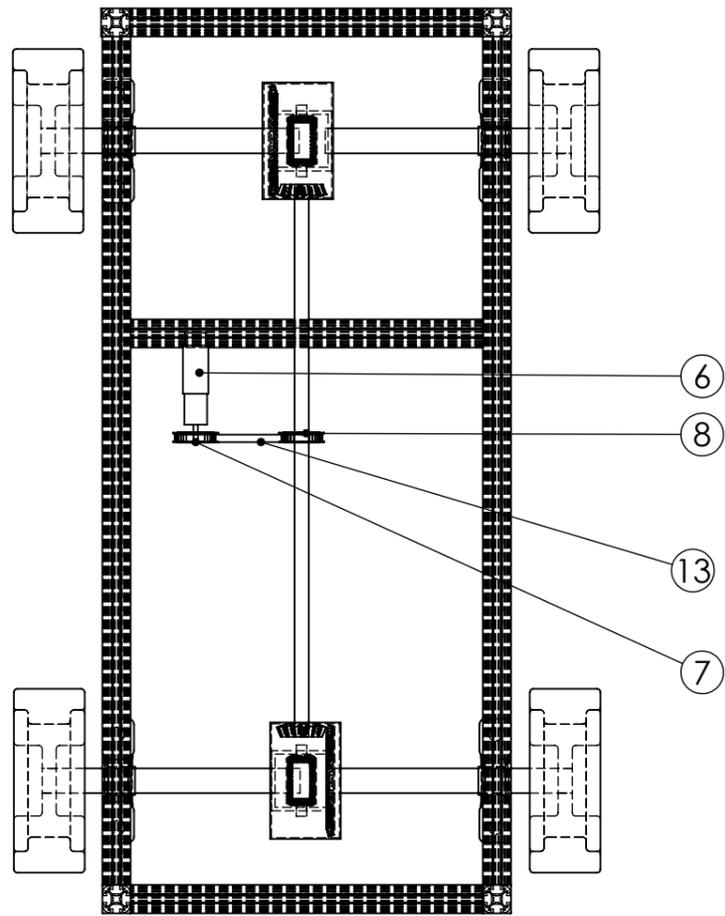


12	Actuador lineal	1
11	Eje entre Barras	4
10	Barra tijera	8
9	Eje conector rodamiento	2
8	Eje barra tijera	2
7	Rodamiento lineal	4
6	Eje rodamiento lineal	4
5	Chumacera Eje lineal	8
4	Chumacera eje tijera	4
3	Cubo conector perfil	8
2	Perfil técnico L 500mm	8
1	Perfil técnico L 1200mm	4
Marca	Nombre de pieza	Cantidad

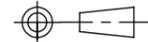
	Fecha	Nombre	Proyección:
Dibujó	02/10/2009	Daniel Aristizábal Torres	 Dimensiones en mm
Revisó	06/10/2009	Vicente Mata Amela	
Aprobó	06/10/2009	Vicente Mata Amela	

Tolerancias: ± 1 mm	Título: Mecanismo elevador de tijera	Cantidad:	Material:
Escala: 1:10		Dibujo N° 3	Hoja 1 de 1

Máster en Ingeniería Mecánica y Materiales
 Universidad Politécnica de Valencia



13	Correa poleas	1
12	Eje rueda	2
11	Eje diferencial	1
10	Chumacera eje rueda	4
9	Rueda	4
8	Polea sincronización B	1
7	Polea sincronización A	1
6	Motor	1
5	Diferencial	2
4	Cubo conector perfiles	8
3	Perfil L 200mm	4
2	Perfil L 500mm	5
1	Perfil L 1200mm	4
Marca	Nombre de pieza	Cantidad

	Fecha	Nombre	Proyección:
Dibujó	02/10/2009	Daniel Aristizabal Torres	 Dimensiones en mm
Revisó	06/10/2009	Vicente Mata Amela	
Aprobó	06/10/2009	Vicente Mata Amela	

Tolerancias: ± 1 mm	Título: Chasis inferior vehiculo	Cantidad:	Material:
Escala: 1:10		Dibujo N° 4	Hoja 1 de 1

Máster en Ingeniería Mecánica y Materiales
 Universidad Politécnica de Valencia

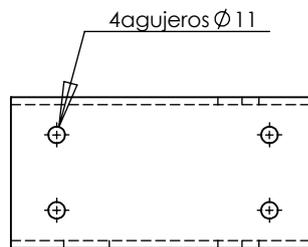
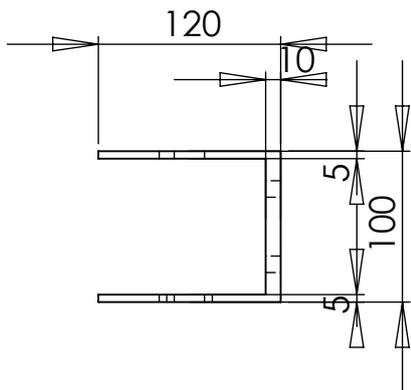
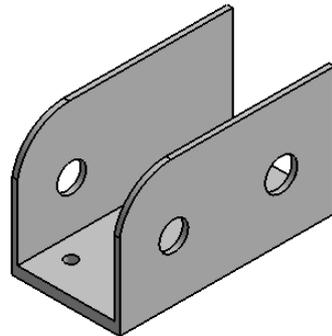
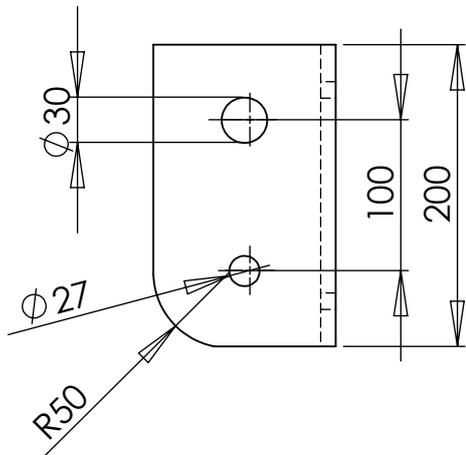
A

B

C

D

E



F

	Fecha	Nombre	Proyección:	Máster en Ingeniería Mecánica y Materiales Universidad Politécnica de Valencia
Dibujó	02/10/2009	Daniel Aristizábal Torres		
Revisó	06/10/2009	Vicente Mata Amela	Dimensiones en mm	
Aprobó	06/10/2009	Vicente Mata Amela		
Tolerancias: ± 1 mm	Título:		Cantidad: 1	Material: Aluminio
Escala: 1:5	Torreta		Dibujo N° 10	Hoja 1 de 1

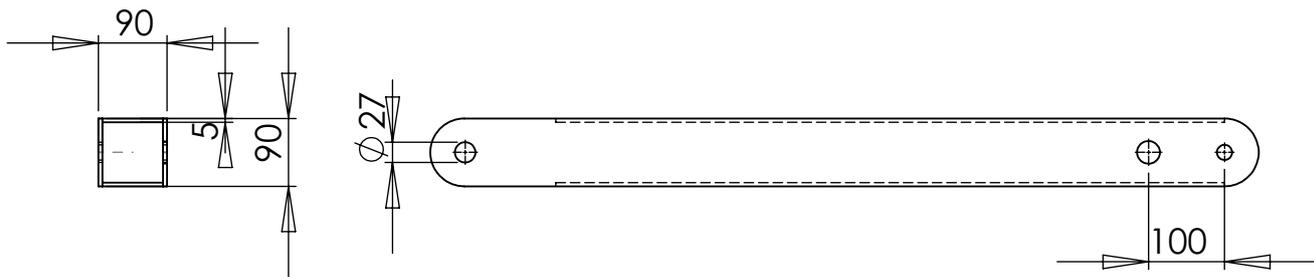
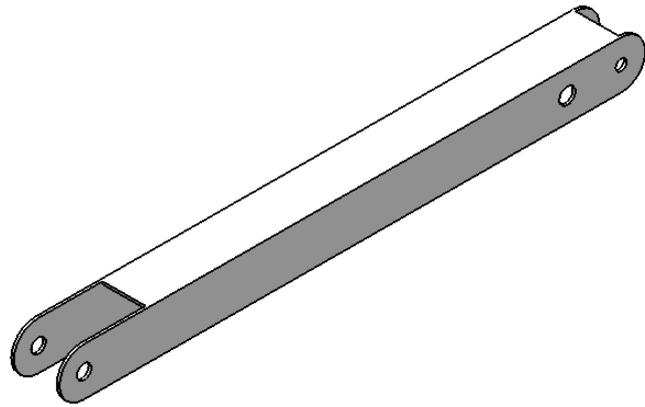
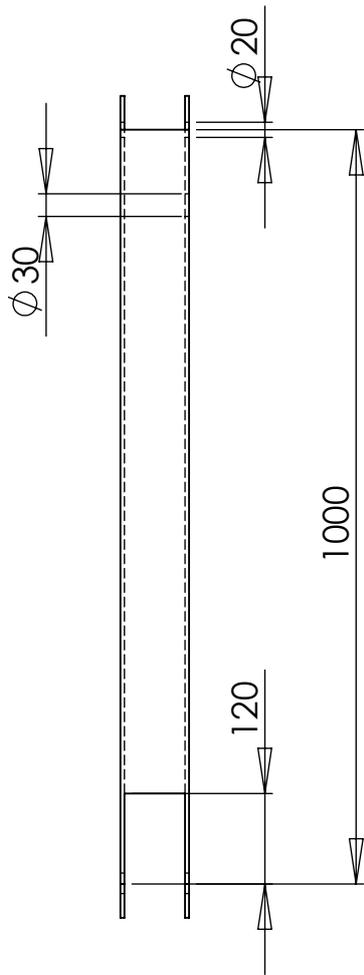
A

B

C

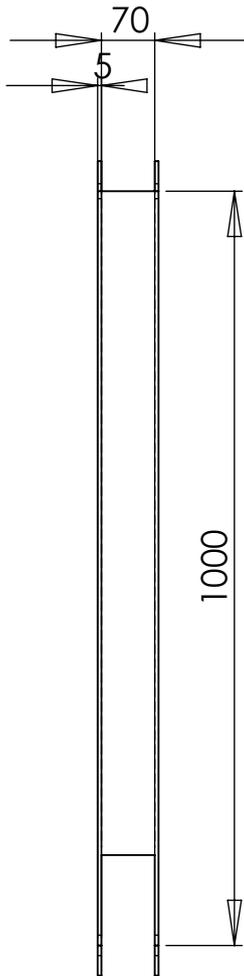
D

E

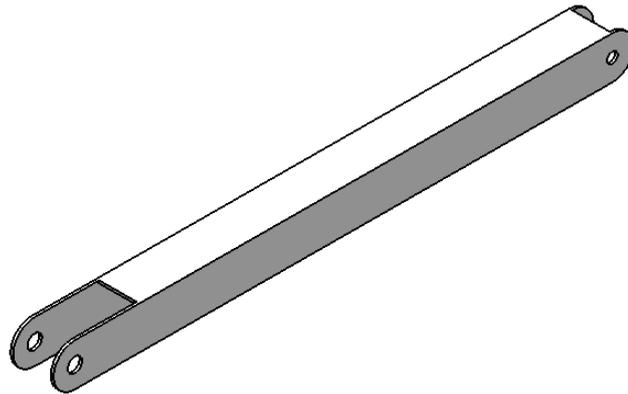


	Fecha	Nombre	Proyección:	Máster en Ingeniería Mecánica y Materiales Universidad Politécnica de Valencia
Dibujó	02/10/2009	Daniel Aristizábal Torres		
Revisó	06/10/2009	Vicente Mata Amela	Dimensiones en mm	
Aprobó	06/10/2009	Vicente Mata Amela		
Tolerancias: ± 1 mm	Título: Brazo		Cantidad: 1	Material: Aluminio
Escala: 1:10			Dibujo N° 7	Hoja 1 de 1

A

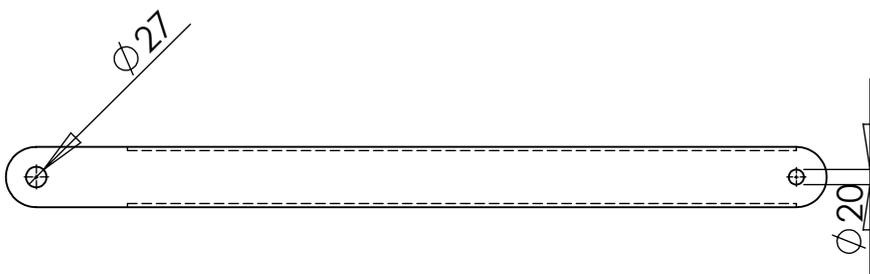
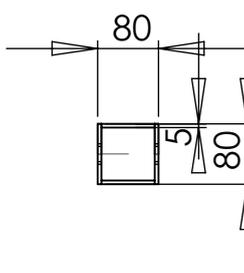


B



C

D

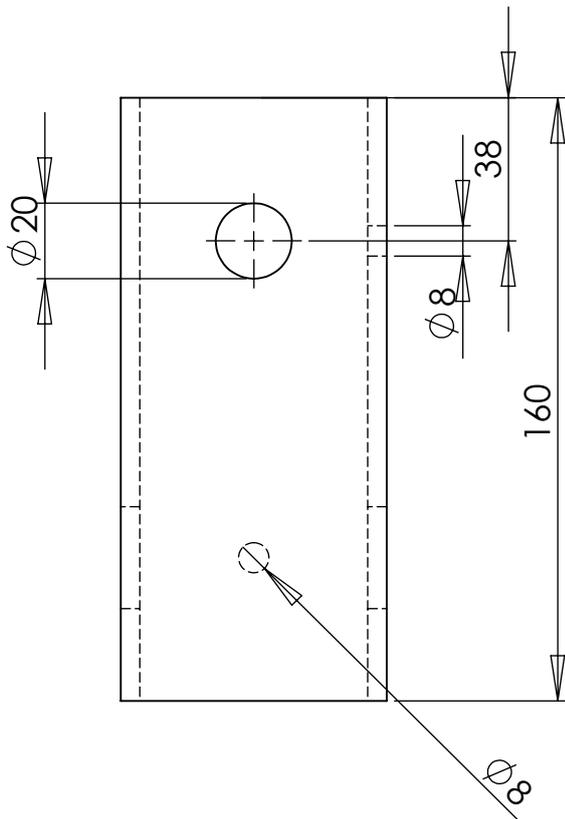


E

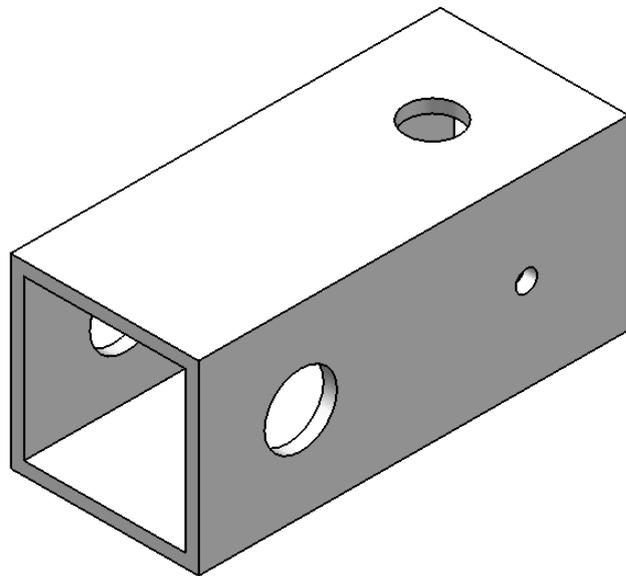
F

	Fecha	Nombre	Proyección:	Máster en Ingeniería Mecánica y Materiales Universidad Politécnica de Valencia
Dibujó	02/10/2009	Daniel Aristizábal Torres		
Revisó	06/10/2009	Vicente Mata Amela	Dimensiones en mm	
Aprobó	06/10/2009	Vicente Mata Amela		
Tolerancias: ± 1 mm	Título:		Cantidad: 1	Material: Aluminio
Escala: 1:10	Antebrazo		Dibujo N° 5	Hoja 1 de 1

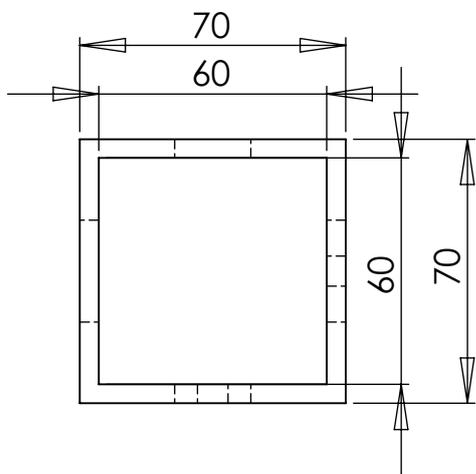
A



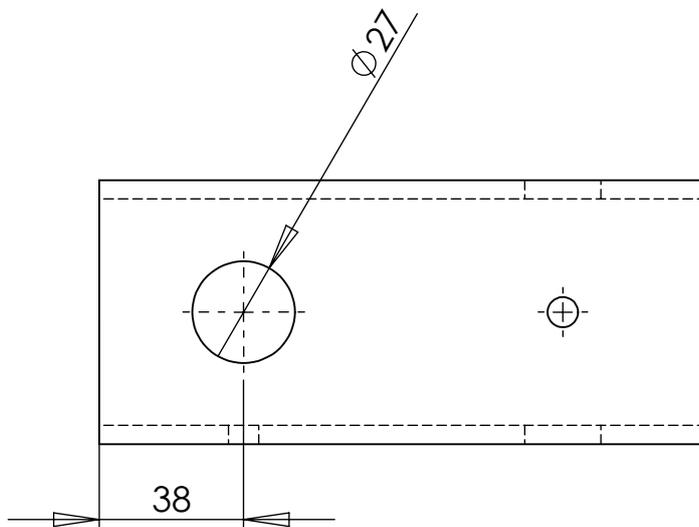
B



C



D



E

	Fecha	Nombre	Proyección:	Máster en Ingeniería Mecánica y Materiales Universidad Politécnica de Valencia
Dibujó	02/10/2009	Daniel Aristizábal Torres		
Revisó	06/10/2009	Vicente Mata Amela	Dimensiones en mm	
Aprobó	06/10/2009	Vicente Mata Amela		
Tolerancias: ± 1 mm	Título: Muñeca		Cantidad: 1	Material: Aluminio
Escala: 1:2			Dibujo N° 9	Hoja 1 de 1

A

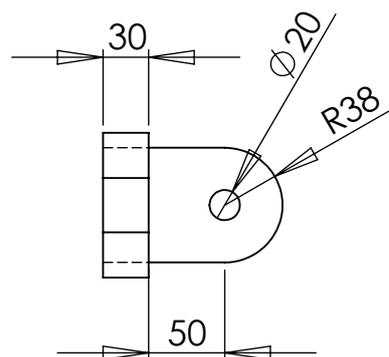
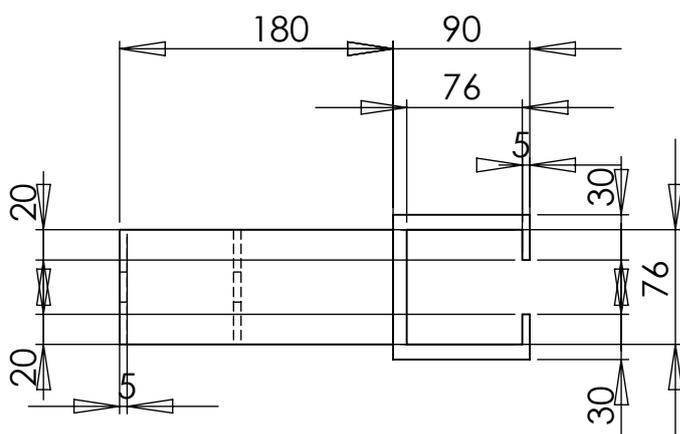
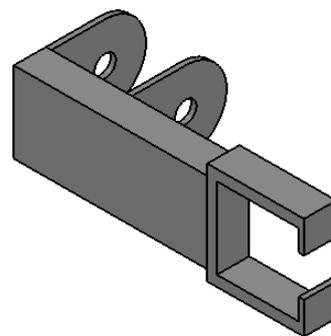
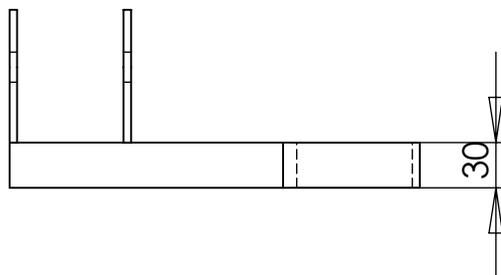
B

C

D

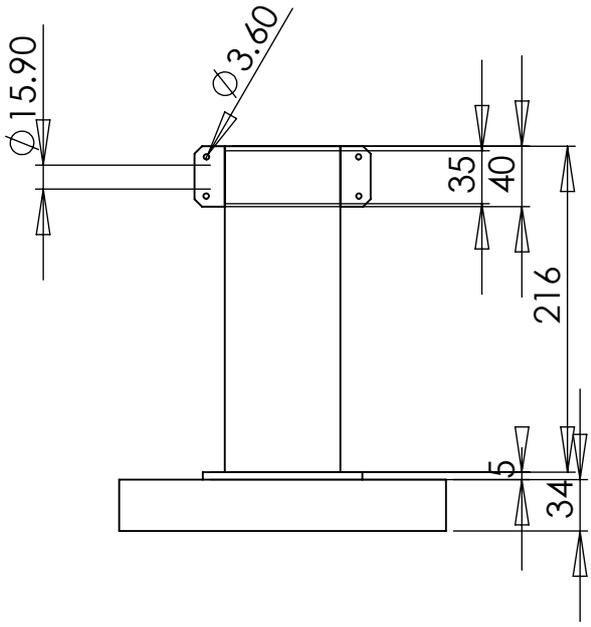
E

F

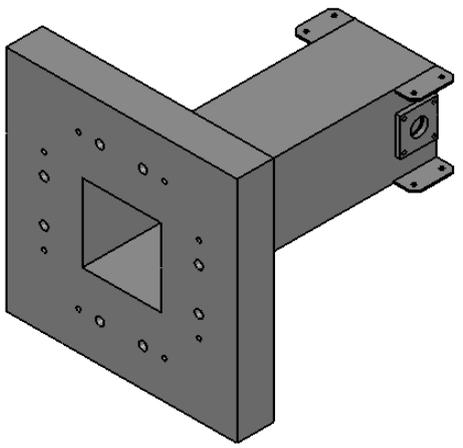


	Fecha	Nombre	Proyección:	Máster en Ingeniería Mecánica y Materiales Universidad Politécnica de Valencia
Dibujó	02/10/2009	Daniel Aristizábal Torres		
Revisó	06/10/2009	Vicente Mata Amela	Dimensiones en mm	
Aprobó	06/10/2009	Vicente Mata Amela		
Tolerancias: ± 1 mm	Título:		Cantidad: 1	Material: Aluminio
Escala: 1:5	Brazo pinza		Dibujo N° 8	Hoja 1 de 1

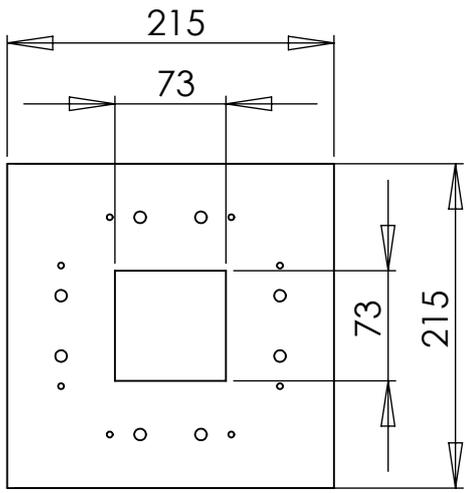
A



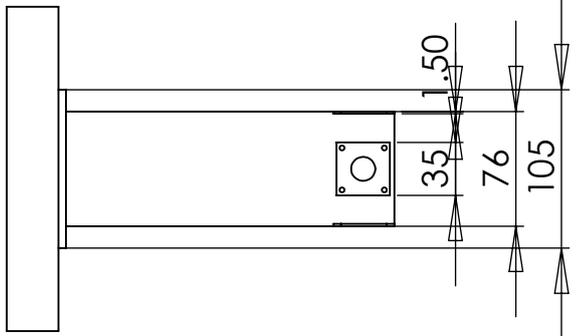
B



C



D



E

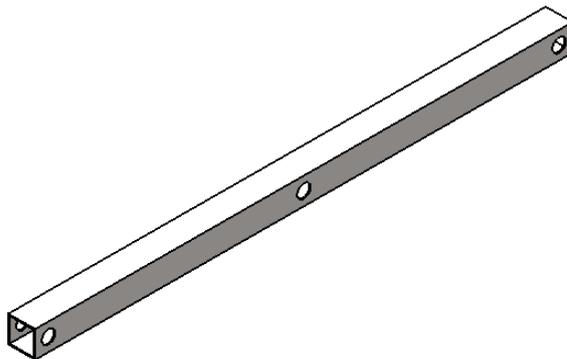
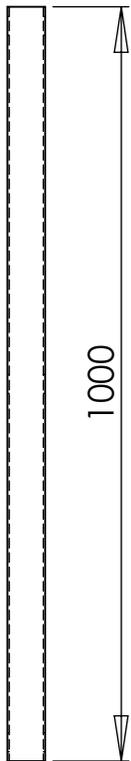
	Fecha	Nombre	Proyección:	Máster en Ingeniería Mecánica y Materiales Universidad Politécnica de Valencia
Dibujó	02/10/2009	Daniel Aristizábal Torres		
Revisó	06/10/2009	Vicente Mata Amela	Dimensiones en mm	
Aprobó	06/10/2009	Vicente Mata Amela		
Tolerancias: ± 1 mm	Título: Antena		Cantidad: 1	Material: Aluminio
Escala: 1:5			Dibujo N° 6	Hoja 1 de 1

F

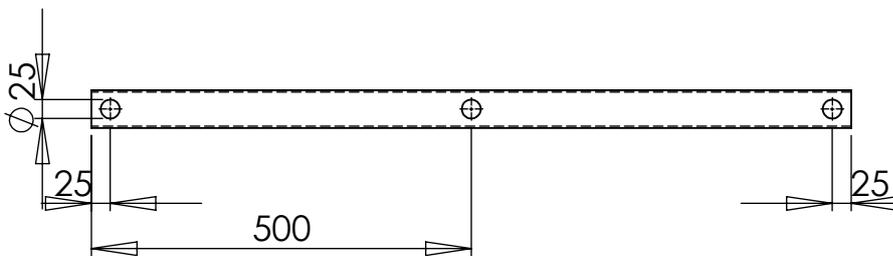
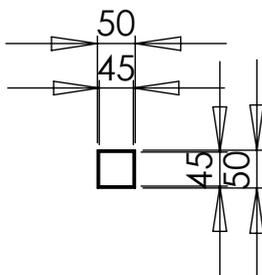
A

B

C



D



E

F

	Fecha	Nombre	Proyección:	Máster en Ingeniería Mecánica y Materiales Universidad Politécnica de Valencia
Dibujó	02/10/2009	Daniel Aristizábal Torres		
Revisó	06/10/2009	Vicente Mata Amela	Dimensiones en mm	
Aprobó	06/10/2009	Vicente Mata Amela		

Tolerancias: ± 1 mm	Título: Barra tijera	Cantidad: 8	Material: A 36
Escala: 1:10		Dibujo N° 11	Hoja 1 de 1

A

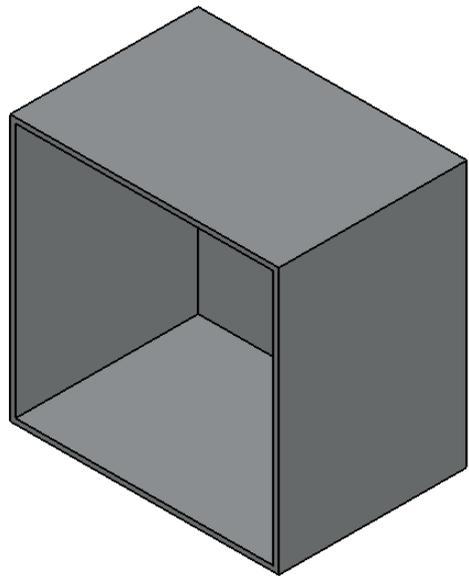
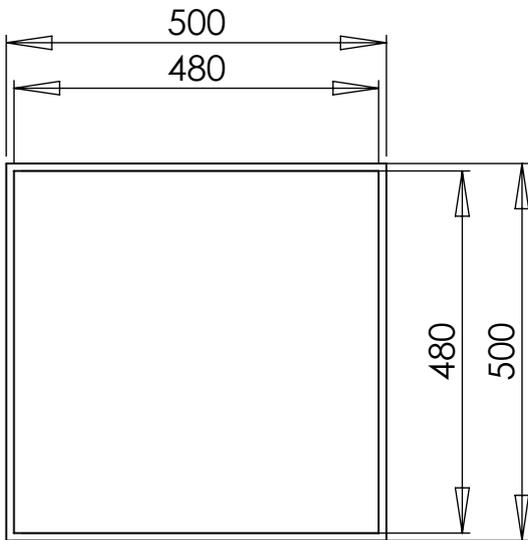
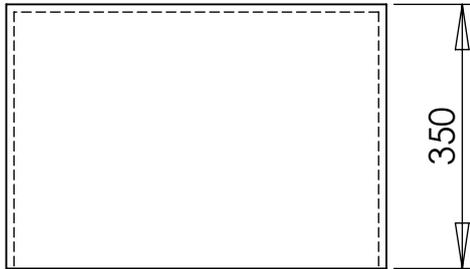
B

C

D

E

F



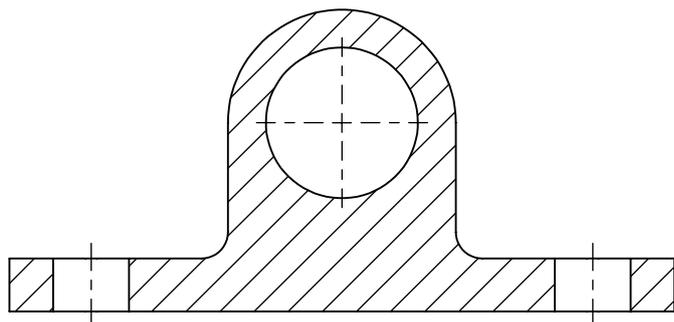
	Fecha	Nombre	Proyección:
Dibujó	02/10/2009	Daniel Aristizábal Torres	
Revisó	06/10/2009	Vicente Mata Amela	Dimensiones en mm
Aprobó	06/10/2009	Vicente Mata Amela	

Máster en Ingeniería Mecánica y Materiales
 Universidad Politécnica de Valencia

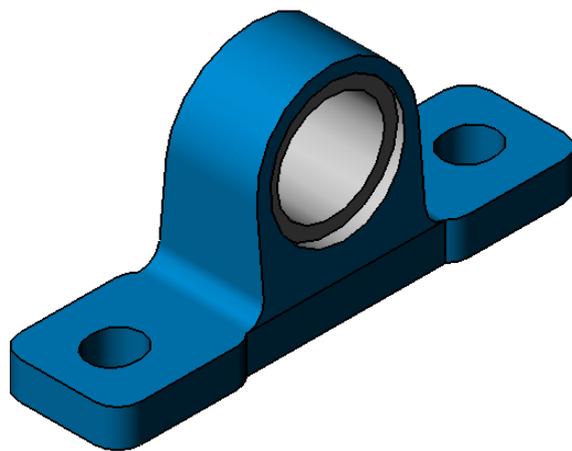
Tolerancias: ± 1 mm	Título: Caja microondas	Cantidad: 1	Material:
Escala: 1:10		Dibujo N° 12	Hoja 1 de 1

SECCIÓN A-A
ESCALA 1 : 2

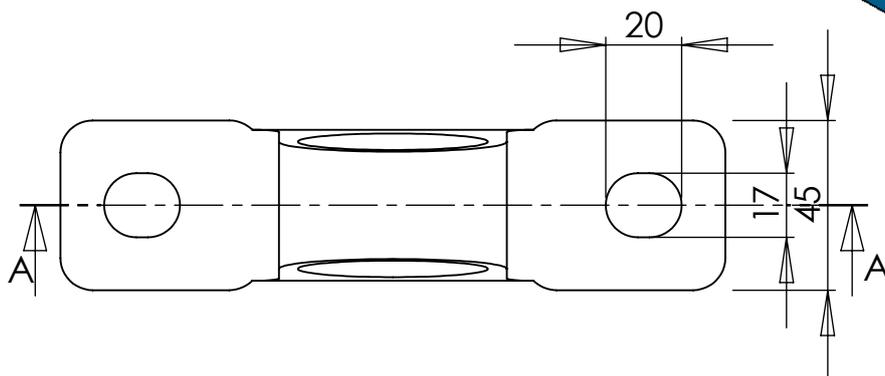
A



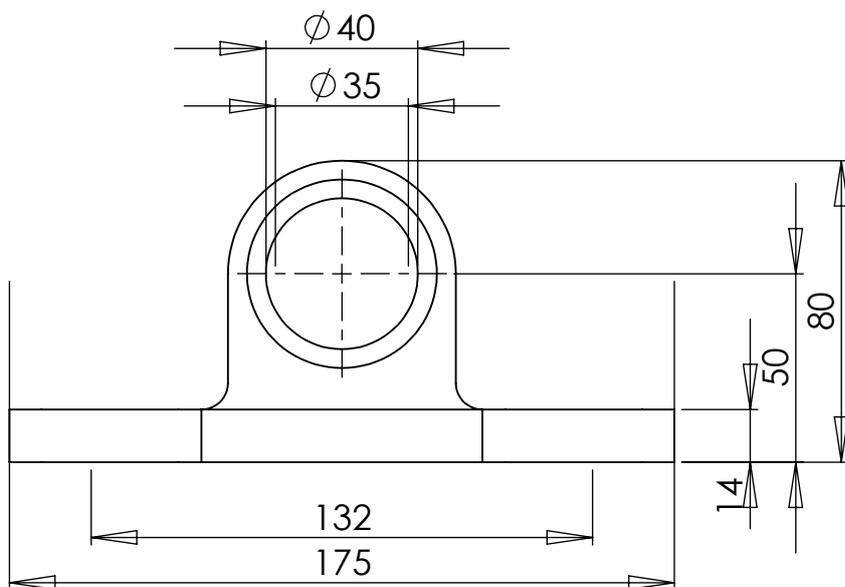
B



C



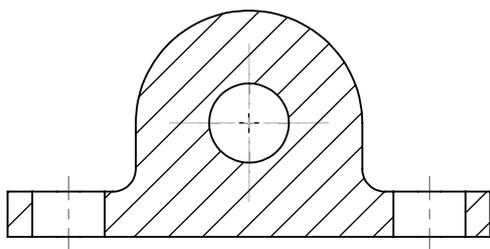
D



E

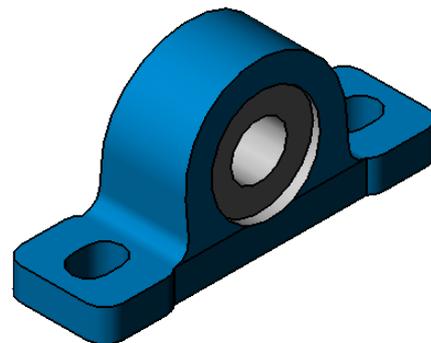
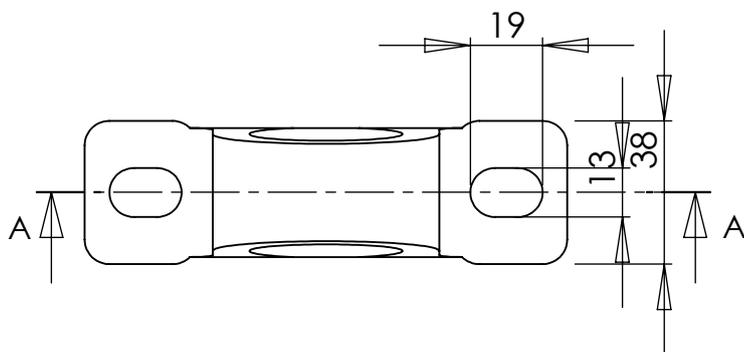
	Fecha	Nombre	Proyección:	Máster en Ingeniería Mecánica y Materiales Universidad Politécnica de Valencia
Dibujó	02/10/2009	Daniel Aristizábal Torres		
Revisó	06/10/2009	Vicente Mata Amela	Dimensiones en mm	
Aprobó	06/10/2009	Vicente Mata Amela		
Tolerancias: ± 1 mm	Título:		Cantidad: 4	Material:
Escala: 1:2	Chumacera eje tijera		Dibujo N° 13	Hoja 1 de 1

A

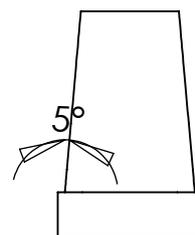
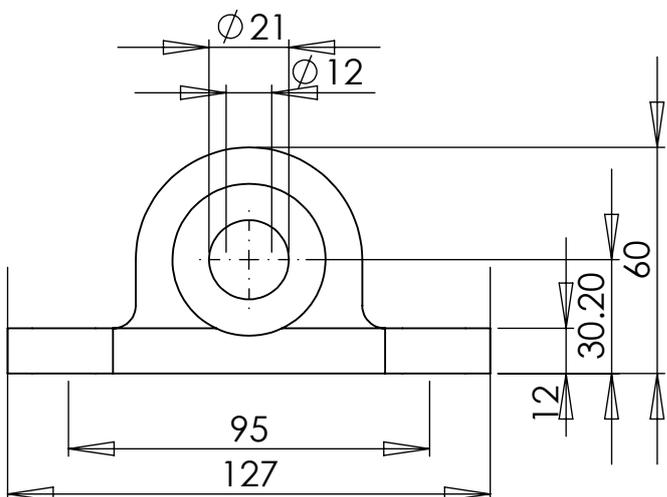


SECCIÓN A-A
ESCALA 1 : 2

B



C



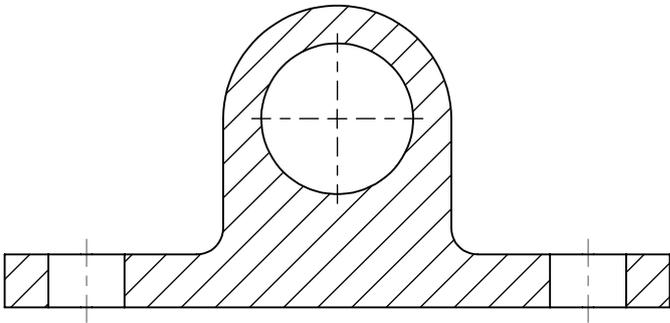
D

E

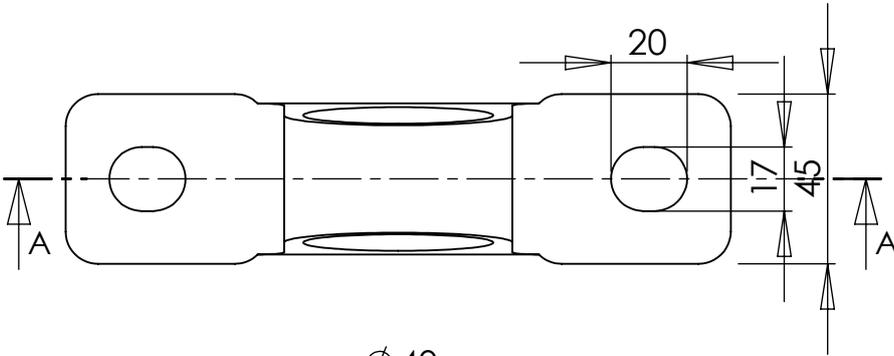
	Fecha	Nombre	Proyección:	Máster en Ingeniería Mecánica y Materiales Universidad Politécnica de Valencia
Dibujó	02/10/2009	Daniel Aristizábal Torres		
Revisó	06/10/2009	Vicente Mata Amela	Dimensiones en mm	
Aprobó	06/10/2009	Vicente Mata Amela		
Tolerancias: ± 1 mm	Título:		Cantidad: 8	Material:
Escala: 1:2	Chumacera eje lineal		Dibujo N° 14	Hoja 1 de 1

A

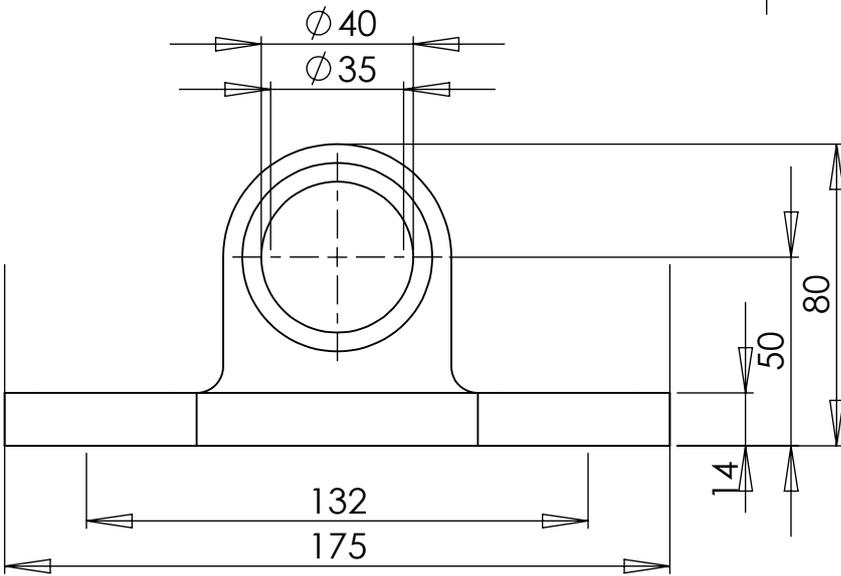
SECCIÓN A-A
ESCALA 1 : 2



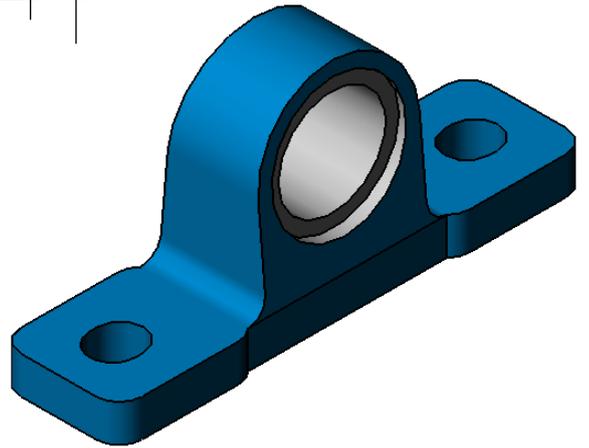
B



C



D

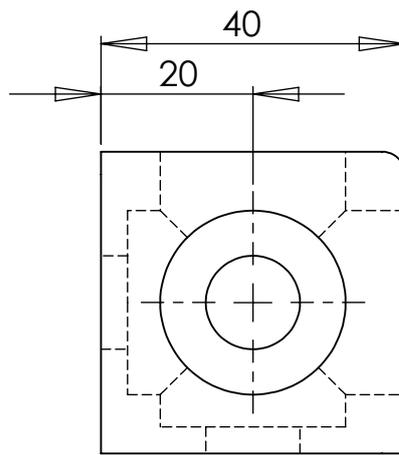
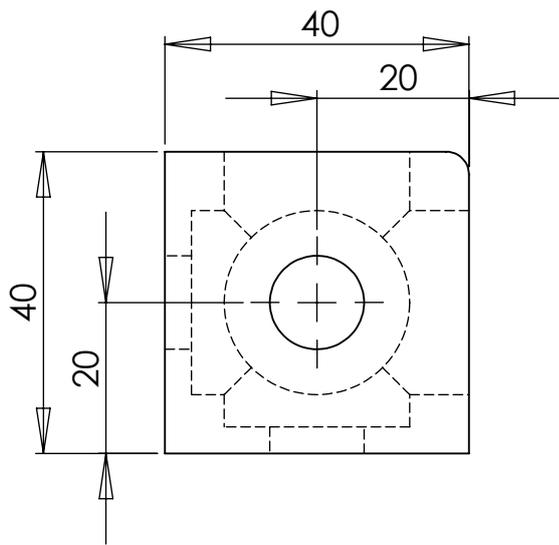


E

F

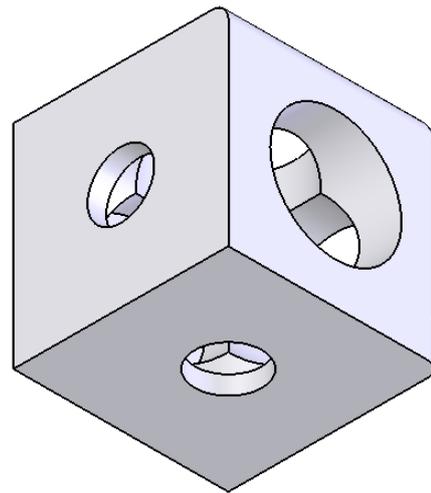
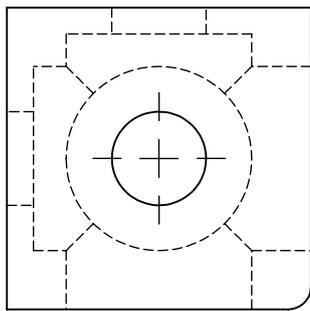
	Fecha	Nombre	Proyección:	Máster en Ingeniería Mecánica y Materiales Universidad Politécnica de Valencia
Dibujó	02/10/2009	Daniel Aristizábal Torres		
Revisó	06/10/2009	Vicente Mata Amela	Dimensiones en mm	
Aprobó	06/10/2009	Vicente Mata Amela		
Tolerancias: ± 1 mm	Título:		Cantidad: 4	Material:
Escala: 1 : 2	Chumacera eje ruedas		Dibujo N° 15	Hoja 1 de 1

A



B

C



D

E

	Fecha	Nombre	Proyección:	Máster en Ingeniería Mecánica y Materiales Universidad Politécnica de Valencia
Dibujó	02/10/2009	Daniel Aristizábal Torres		
Revisó	06/10/2009	Vicente Mata Amela	Dimensiones en mm	
Aprobó	06/10/2009	Vicente Mata Amela		
Tolerancias: ± 1 mm	Título:		Cantidad: 20	Material: Aluminio
Escala: 1:1	Cubo conector perfiles		Dibujo N° 16	Hoja 1 de 1

A

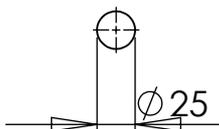
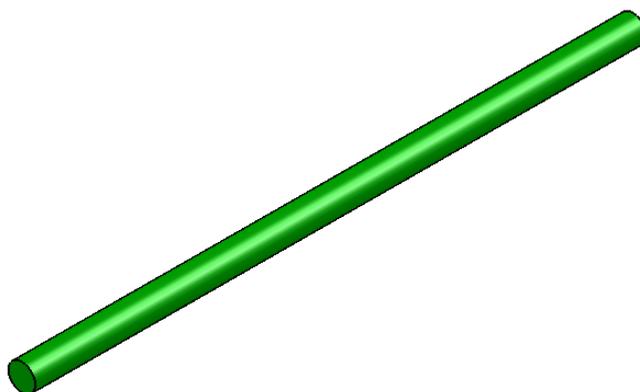
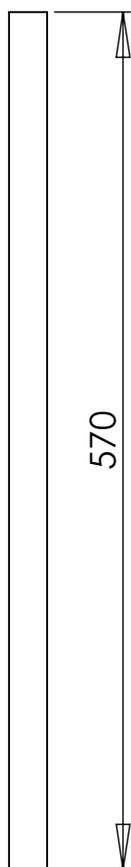
B

C

D

E

F



	Fecha	Nombre	Proyección:	Máster en Ingeniería Mecánica y Materiales Universidad Politécnica de Valencia
Dibujó	02/10/2009	Daniel Aristizábal Torres		
Revisó	06/10/2009	Vicente Mata Amela	Dimensiones en mm	
Aprobó	06/10/2009	Vicente Mata Amela		
Tolerancias: ± 1 mm	Título: Eje barra tijera		Cantidad: 2	Material:
Escala: 1:5			Dibujo N° 17	Hoja 1 de 1

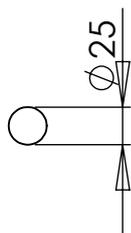
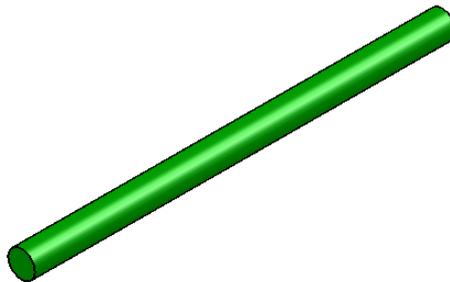
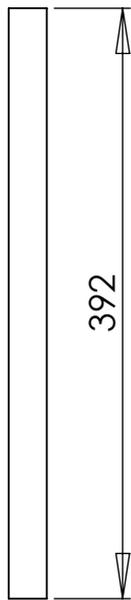
A

B

C

D

E



	Fecha	Nombre	Proyección:	Máster en Ingeniería Mecánica y Materiales Universidad Politécnica de Valencia
Dibujó	02/10/2009	Daniel Aristizábal Torres		
Revisó	06/10/2009	Vicente Mata Amela	Dimensiones en mm	
Aprobó	06/10/2009	Vicente Mata Amela		
Tolerancias: ± 1 mm	Título: Eje conector		Cantidad: 2	Material:
Escala: 1:5			Dibujo N ^o 18	Hoja 1 de 1

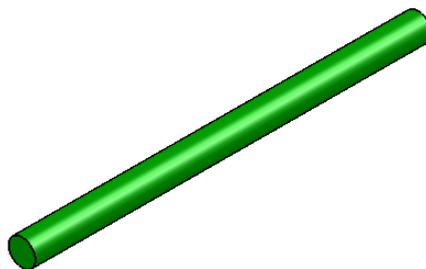
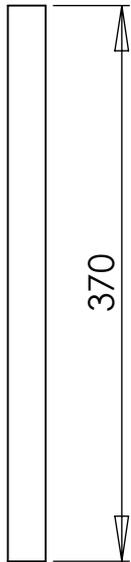
A

B

C

D

E



	Fecha	Nombre	Proyección:	Máster en Ingeniería Mecánica y Materiales Universidad Politécnica de Valencia
Dibujó	02/10/2009	Daniel Aristizábal Torres		
Revisó	06/10/2009	Vicente Mata Amela	Dimensiones en mm	
Aprobó	06/10/2009	Vicente Mata Amela		
Tolerancias: ± 1 mm	Título: Eje entre barras		Cantidad: 4	Material:
Escala: 1:5			Dibujo N ^o 19	Hoja 1 de 1

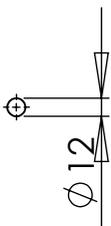
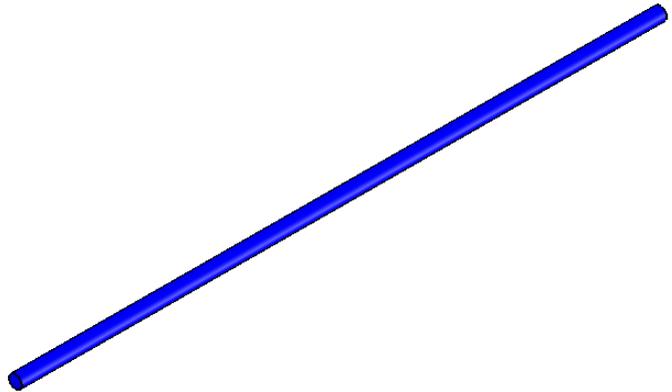
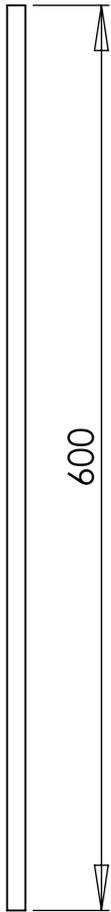
A

B

C

D

E



F

	Fecha	Nombre	Proyección:	Máster en Ingeniería Mecánica y Materiales Universidad Politécnica de Valencia
Dibujó	02/10/2009	Daniel Aristizábal Torres		
Revisó	06/10/2009	Vicente Mata Amela	Dimensiones en mm	
Aprobó	06/10/2009	Vicente Mata Amela		
Tolerancias: ± 1 mm	Título: Eje rodamiento lineal		Cantidad: 4	Material:
Escala: 1:5			Dibujo N° 20	Hoja 1 de 1

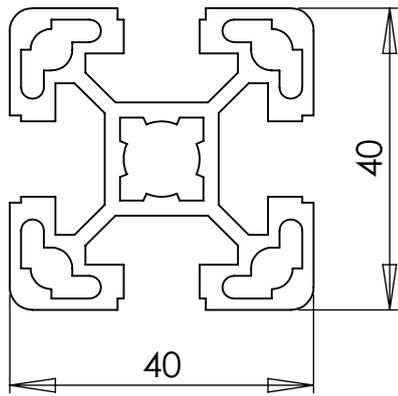
A

B

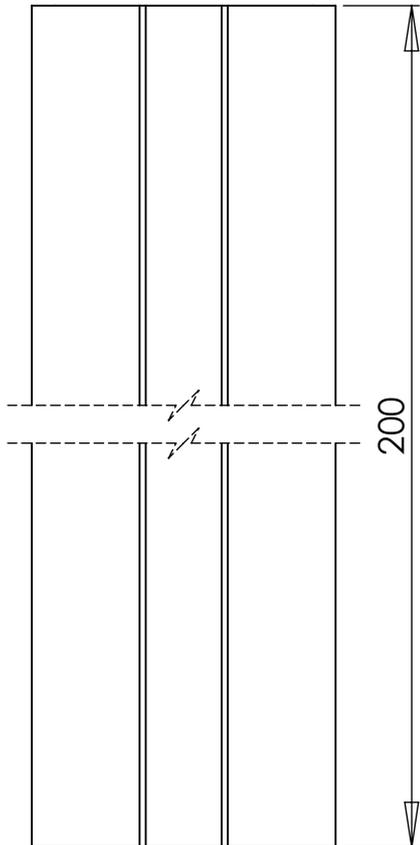
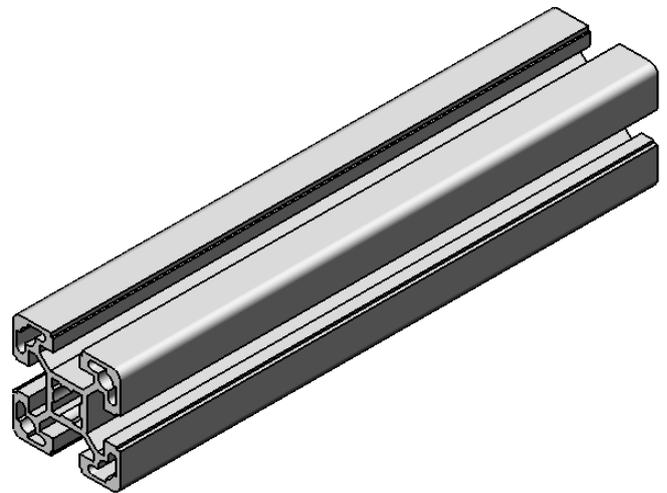
C

D

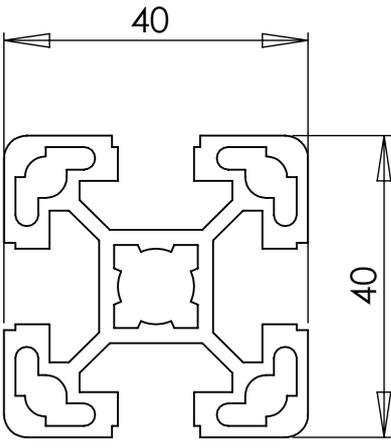
E



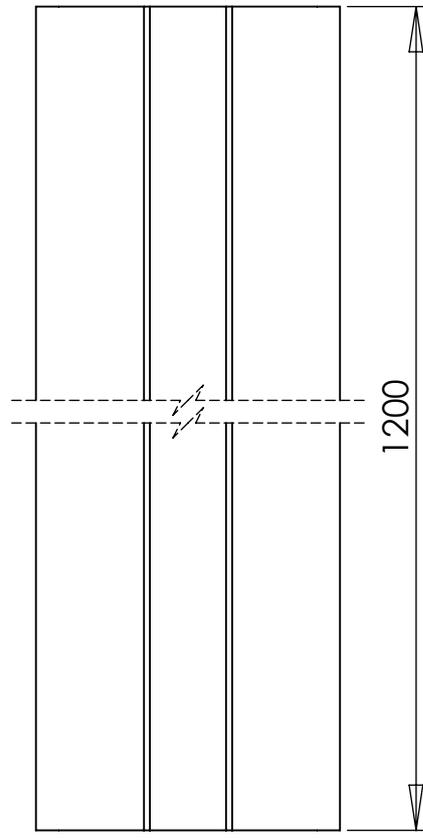
ESCALA 1:2



	Fecha	Nombre	Proyección:	Máster en Ingeniería Mecánica y Materiales Universidad Politécnica de Valencia	
Dibujó	02/10/2009	Daniel Aristizábal Torres			
Revisó	06/10/2009	Vicente Mata Amela	Dimensiones en mm		
F	Aprobó	06/10/2009	Vicente Mata Amela		
Tolerancias: ± 1 mm		Título: Perfil técnico L=200mm		Cantidad: 8	Material: Aluminio
Escala: 1:1				Dibujo N° 21	Hoja 1 de 1



ESCALA 1:10



A
B
C
D
E

	Fecha	Nombre	Proyección:	Máster en Ingeniería Mecánica y Materiales Universidad Politécnica de Valencia
Dibujó	02/10/2009	Daniel Aristizábal Torres		
Revisó	06/10/2009	Vicente Mata Amela	Dimensiones en mm	
Aprobó	06/10/2009	Vicente Mata Amela		
Tolerancias: ± 1 mm	Título:		Cantidad: 14	Material: Aluminio
Escala: 1:1	Perfil técnico L=1200mm		Dibujo N° 23	Hoja 1 de 1

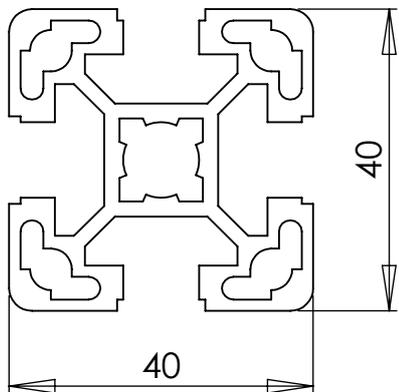
A

B

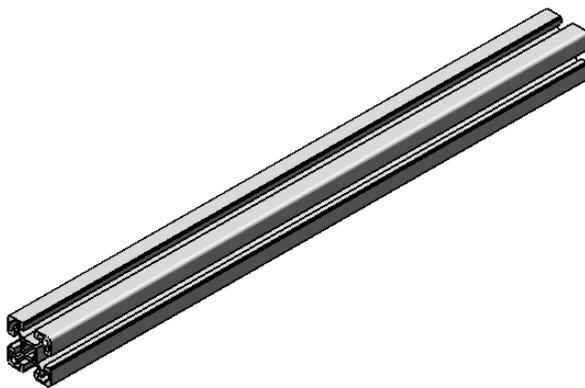
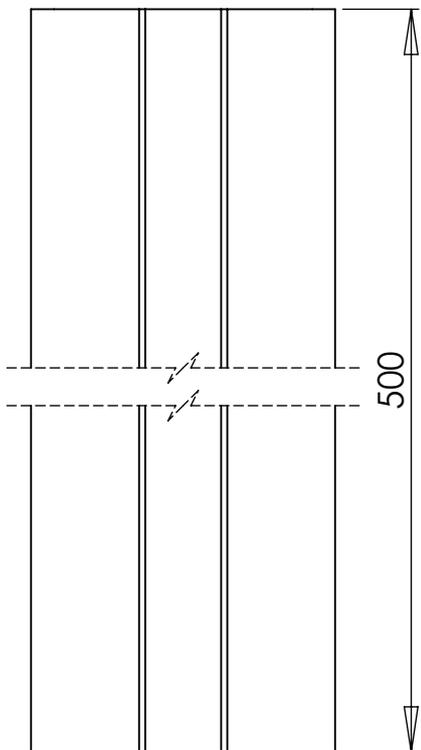
C

D

E



ESCALA 1:5



F

	Fecha	Nombre	Proyección:	Máster en Ingeniería Mecánica y Materiales Universidad Politécnica de Valencia	
Dibujó	02/10/2009	Daniel Aristizábal Torres			
Revisó	06/10/2009	Vicente Mata Amela	Dimensiones en mm		
Aprobó	06/10/2009	Vicente Mata Amela			
Tolerancias: ± 1 mm		Título: Perfil técnico L=500mm		Cantidad: 15	Material: Aluminio
Escala: 1:1				Dibujo N° 22	Hoja 1 de 1

A

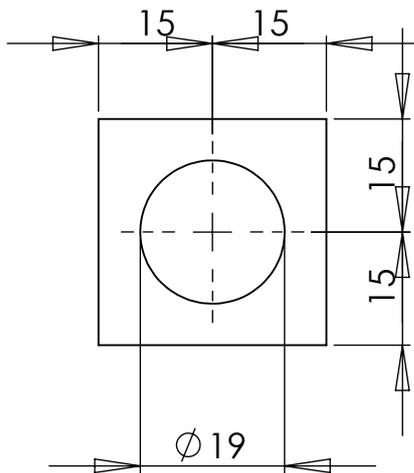
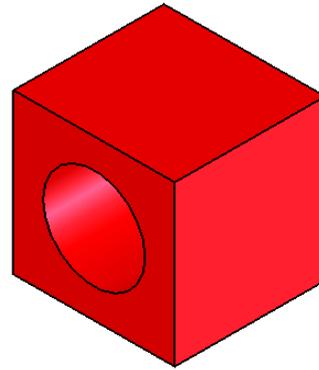
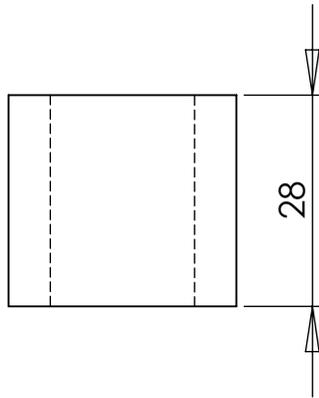
B

C

D

E

F



	Fecha	Nombre	Proyección:	Máster en Ingeniería Mecánica y Materiales Universidad Politécnica de Valencia
Dibujó	02/10/2009	Daniel Aristizábal Torres		
Revisó	06/10/2009	Vicente Mata Amela	Dimensiones en mm	
Aprobó	06/10/2009	Vicente Mata Amela		
Tolerancias: ± 1 mm	Título:		Cantidad: 4	Material:
Escala: 1:1	Porta rodamiento lineal		Dibujo N° 24	Hoja 1 de 1

A

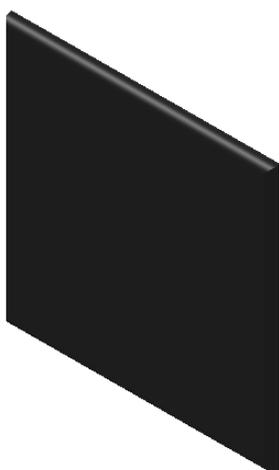
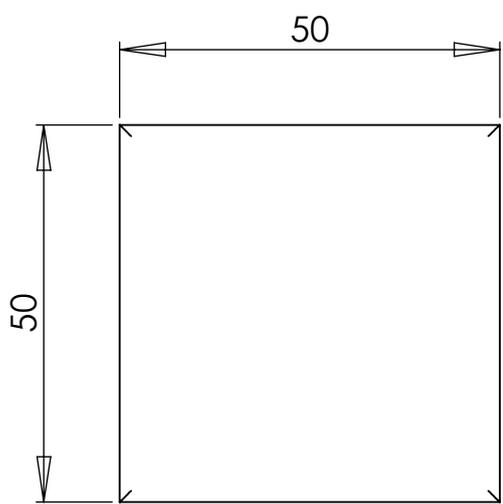
B

C

D

E

F



	Fecha	Nombre	Proyección:	Máster en Ingeniería Mecánica y Materiales Universidad Politécnica de Valencia
Dibujó	02/10/2009	Daniel Aristizábal Torres		
Revisó	06/10/2009	Vicente Mata Amela	Dimensiones en mm	
Aprobó	06/10/2009	Vicente Mata Amela		
Tolerancias: ± 1 mm	Título:		Cantidad: 8	Material: Plástico
Escala: 1:1	Protector barra tijera		Dibujo N° 25	Hoja 1 de 1

A

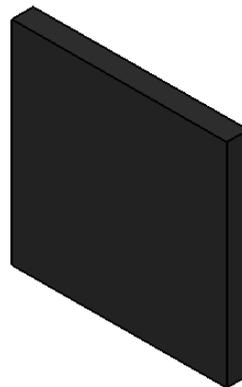
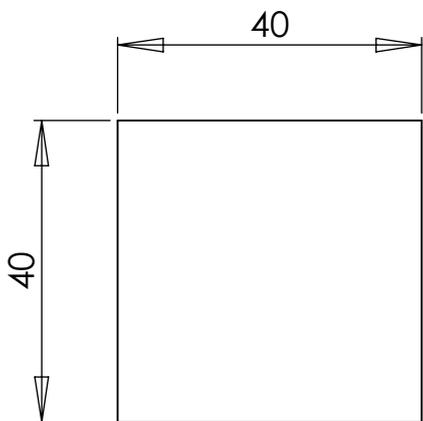
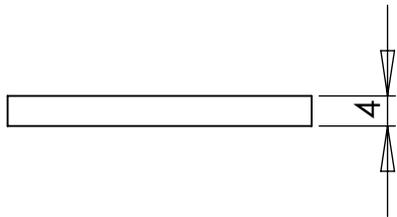
B

C

D

E

F



	Fecha	Nombre	Proyección:	Máster en Ingeniería Mecánica y Materiales Universidad Politécnica de Valencia
Dibujó	02/10/2009	Daniel Aristizábal Torres		
Revisó	06/10/2009	Vicente Mata Amela	Dimensiones en mm	
Aprobó	06/10/2009	Vicente Mata Amela		
Tolerancias: ± 1 mm	Título: Protector perfiles		Cantidad: 4	Material: Goma
Escala: 1:1			Dibujo N° 26	Hoja 1 de 1

A

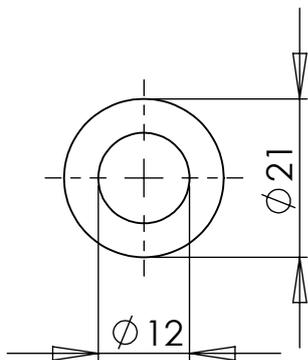
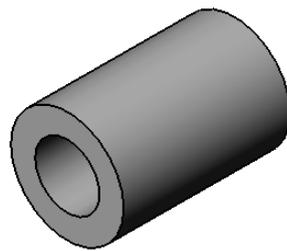
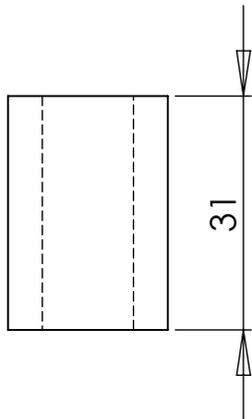
B

C

D

E

F



	Fecha	Nombre	Proyección:	Máster en Ingeniería Mecánica y Materiales Universidad Politécnica de Valencia
Dibujó	02/10/2009	Daniel Aristizábal Torres		
Revisó	06/10/2009	Vicente Mata Amela	Dimensiones en mm	
Aprobó	06/10/2009	Vicente Mata Amela		
Tolerancias: ± 1 mm	Título: Rodamiento chumacera lineal		Cantidad: 8	Material:
Escala: 1:1			Dibujo N° 27	Hoja 1 de 1

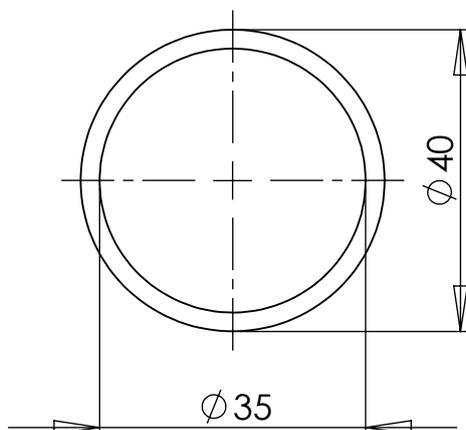
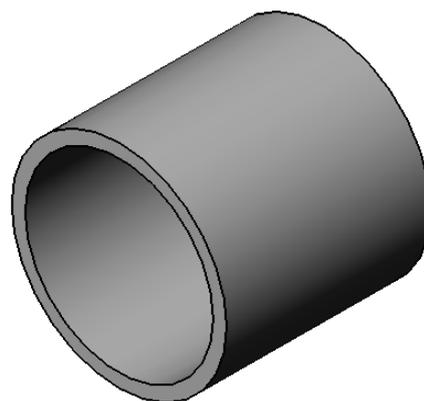
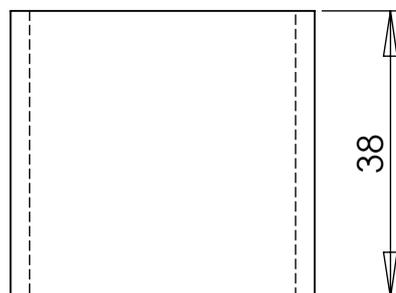
A

B

C

D

E



D

E

F

	Fecha	Nombre	Proyección:	Máster en Ingeniería Mecánica y Materiales Universidad Politécnica de Valencia
Dibujó	02/10/2009	Daniel Aristizábal Torres		
Revisó	06/10/2009	Vicente Mata Amela	Dimensiones en mm	
Aprobó	06/10/2009	Vicente Mata Amela		
Tolerancias: ± 1 mm	Título: Rodamiento chumacera ruedas		Cantidad: 4	Material:
Escala: 1:1			Dibujo N° 28	Hoja 1 de 1

A

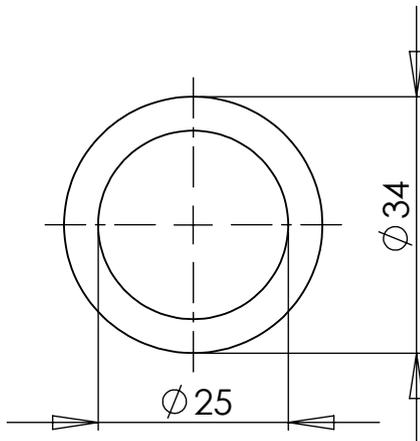
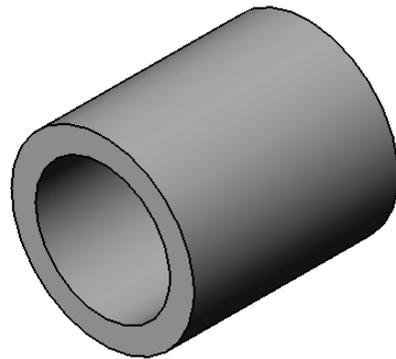
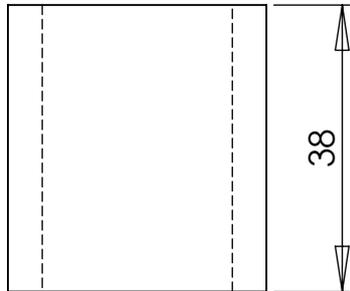
B

C

D

E

F



	Fecha	Nombre	Proyección:	Máster en Ingeniería Mecánica y Materiales Universidad Politécnica de Valencia
Dibujó	02/10/2009	Daniel Aristizábal Torres		
Revisó	06/10/2009	Vicente Mata Amela	Dimensiones en mm	
Aprobó	06/10/2009	Vicente Mata Amela		
Tolerancias: ± 1 mm	Título: Rodamiento chumacera tijera		Cantidad: 4	Material:
Escala: 1:1			Dibujo N° 29	Hoja 1 de 1

A

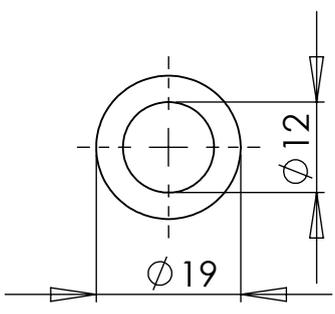
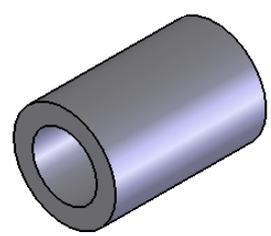
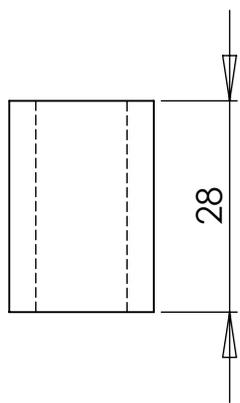
B

C

D

E

F



	Fecha	Nombre	Proyección:	Máster en Ingeniería Mecánica y Materiales Universidad Politécnica de Valencia
Dibujó	02/10/2009	Daniel Aristizábal Torres		
Revisó	06/10/2009	Vicente Mata Amela	Dimensiones en mm	
Aprobó	06/10/2009	Vicente Mata Amela		
Tolerancias: ± 1 mm	Título: Rodamiento lineal		Cantidad: 4	Material:
Escala: 1:1			Dibujo N° 30	Hoja 1 de 1